

**Fumées dans le poste de pilotage, descente d'urgence
et vol en zone interdite à basse altitude lors d'un vol
de mise en place en Transport Public**

Aéronef	Avion Cessna Citation 525B immatriculé F-HCIC
Date et heure	22 Juillet 2013 à partir de 05 h 48 ⁽¹⁾
Exploitant	Airales / Société de transport à la demande
Lieu	10 NM au nord-ouest de l'aéroport de Paris-Orly en passant le FL 180 en montée
Nature du vol	Transport Public
Personnes à bord	Commandant de bord (PNF) ⁽²⁾ , copilote (PF) ⁽²⁾
Conséquences et dommages	Paliers du moteur gauche endommagés

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC).
⁽²⁾PNF : pilote non en fonction
PF : pilote en fonction.

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : les éléments suivants sont issus des données extraites de l'enregistreur de paramètres (FDR), de l'enregistreur phonique (CVR), des examens moteurs et des entretiens avec l'équipage et les contrôleurs.

L'équipage décolle à 05 h 40 de l'aérodrome de Paris Le Bourget (93) à destination de l'aérodrome de Lannion (22) pour un vol de mise en place. À 05 h 47, en contact avec le secteur départ du CRNA/Nord (CRNA/N), il est autorisé à monter vers le FL 240 en direction de KOKOS. Le copilote est PF et le pilotage est effectué en manuel. À partir de 05 h 47 min 37 s, la pression d'huile du moteur gauche commence à fluctuer. L'examen réalisé par le constructeur a mis en évidence la rupture du palier intermédiaire n° 2 du moteur gauche (moteur 1). Les conditions météorologiques sont CAVOK à Orly.

Alors qu'ils passent le FL 180 à 05 h 47 min 55 s^①, les deux membres d'équipage sentent une forte odeur de brûlé. En quelques secondes, une fumée opaque envahit le poste de pilotage par l'arrière. Le Commandant de bord (CdB) prend les commandes et donne l'ordre de mettre les masques⁽³⁾. Ce faisant, il perd ses lunettes de vue et son casque radio avec lequel il communiquait. Il n'arrive pas à retrouver ses lunettes en raison de la densité de la fumée et prend alors ses lunettes de secours. Les deux pilotes ne mettent pas leurs lunettes de protection. Le CdB ramène les deux manettes de poussée au ralenti à 05 h 48 min 19 s. Six secondes plus tard^②, l'alarme sonore « *Left engine oil pressure* » retentit⁽⁴⁾. Le CdB entame immédiatement une descente d'urgence et l'aéronef prend progressivement une assiette à piquer de 15° ^③. La température d'huile du moteur gauche augmente à partir de 05 h 48 min 43 s. Pendant ce temps, le copilote informe le contrôleur de la descente d'urgence puis annonce une phase d'urgence PAN PAN^④. Le copilote pointe ensuite le cadran du moteur 1. Le contrôleur du CRNA/N accuse réception de la descente mais ne reçoit pas le message PAN PAN, la fréquence étant occupée par un autre équipage à cet instant. Le contrôleur et son coordinateur assurent alors la séparation du F-HCIC avec un trafic conflictuel au départ de l'aéroport d'Orly en direction de l'ouest.

⁽³⁾Il n'y a pas de masque intégral sur l'avion. Il est nécessaire de mettre un masque et des lunettes de protection.

⁽⁴⁾Elle retentit pendant 2 minutes et 20 secondes.

À partir de 05 h 49 min 09 s, le CdB procède à l'arrêt du moteur gauche, sans l'annoncer. Il place dans un premier temps la manette de poussée sur OFF⁵. L'alarme TCAS « *Trafic Advisory* » retentit à 05 h 49 min 12 s⁶. Le CdB arrête la génératrice associée au moteur gauche à 05 h 49 min 29 s. Environ quinze secondes plus tard, n'ayant pas reçu de réponse à son message PAN PAN, le copilote passe un message de détresse MAYDAY et demande un guidage radar pour effectuer une approche ILS piste 07 au Bourget⁷. Le contrôleur accepte la demande.

À partir de 05 h 49 min 48 s, l'alarme survitesse retentit pendant près d'1 minute 30 s en concomitance avec l'alarme « *left engine oil pressure* ». L'assiette longitudinale varie entre - 13° et - 6° à la suite d'une action à cabrer du copilote. Celui-ci n'annonce pas son action sur les commandes. La vitesse⁽⁵⁾ varie entre 295 kt et 215 kt et la vitesse verticale entre - 8 000 ft/min et - 1 500 ft/min.

Le CdB ne répond pas au copilote lorsque celui-ci lui signale à plusieurs reprises une survitesse en criant « *vitesse* ». Le CdB indiquera aux enquêteurs qu'il se préoccupait en priorité de descendre le plus vite possible. L'avion tourne à gauche. Le CdB passe le sélecteur d'air en position FRESH AIR. Selon les deux membres d'équipages, les fumées dans le poste sont toujours denses et ne se dissipent pas. Le CdB voit moins bien les instruments de bord que le copilote.

À 05 h 50 min 20 s, le contrôleur demande à l'équipage s'il peut changer de fréquence. Cette communication n'est pas entendue car elle est masquée en raison d'un appui sur l'alternat du CdB qui tente de passer un message MAYDAY. Le contrôleur radariste en conclut que l'équipage n'est plus en mesure de changer de fréquence. Il le garde alors en fréquence et un contrôleur organique de la position coordonne par téléphone les clairances avec les contrôleurs d'approche de Roissy en charge de l'approche du Bourget et de l'espace aérien où se situe maintenant l'avion. Peu après, la position de contrôle est renforcée par une troisième personne qui s'occupe des coordinations avec Roissy. Ces coordinations génèrent des échanges continus entre contrôleurs au niveau de la position.

À 05 h 50 min 26 s, l'avion passe l'altitude de 9 384 ft en descente avec un vario moyen de 3 000 ft/min. Le contrôle guide l'avion au cap 290⁸. Constatant que cette consigne n'est pas prise en compte, le copilote hurle à six reprises « *cap deux ! neuf ! zéro !* ». L'avion se stabilise au cap 030 et se dirige alors vers la ville de Paris.

À 05 h 50 min 58 s, les aérofreins sont sortis pendant 1 min 19 s. La vitesse passe de 286 kt à 225 kt.

L'avion entre dans la zone interdite P23⁽⁶⁾ à 05 h 51 min 24 s à l'altitude de 5 275 ft et continue de descendre. À 05 h 51 min 25 s, la température d'huile du moteur gauche atteint un maximum de 131 °C alors que celle du moteur droit reste stable à 71 °C. L'équipage vire ensuite vers la gauche à 05 h 51 min 48 s. Dix secondes plus tard, le copilote reçoit une clairance de descente à 3 000 ft qu'il collationne en indiquant que l'avion se situe à une altitude de 2 800 ft⁹. L'avion est alors au cap 270°, et toujours dans la zone interdite. Le CdB indique que la fumée commence à se dissiper. Les communications au sein de l'équipage, qui étaient quasiment inexistantes depuis l'apparition de la fumée, reprennent. Le CdB n'a pas remis son casque.

⁽⁵⁾Il s'agit de la vitesse conventionnelle.

⁽⁶⁾Zone

(correspondant à la ville de Paris) interdite de la

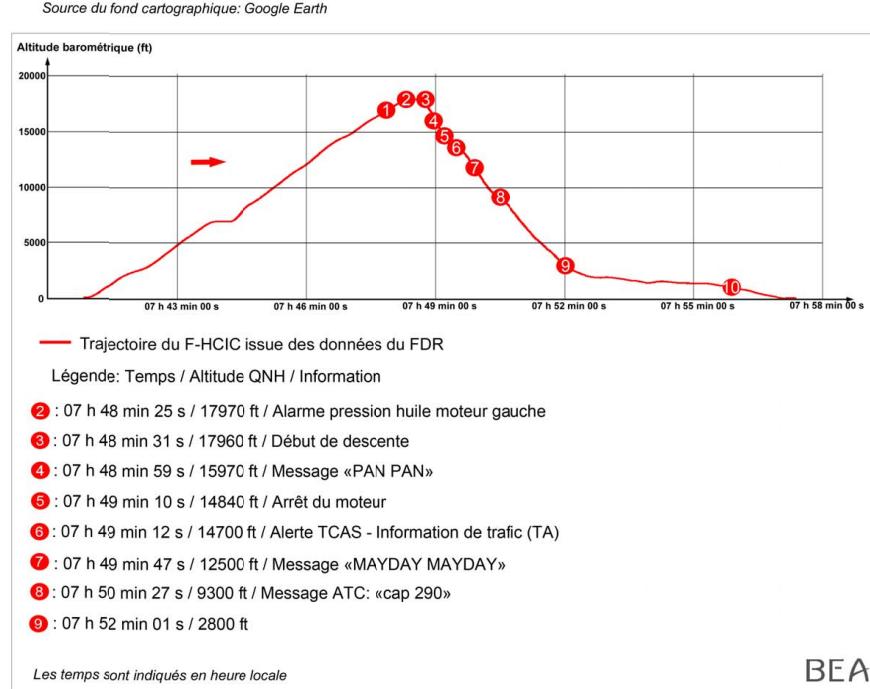
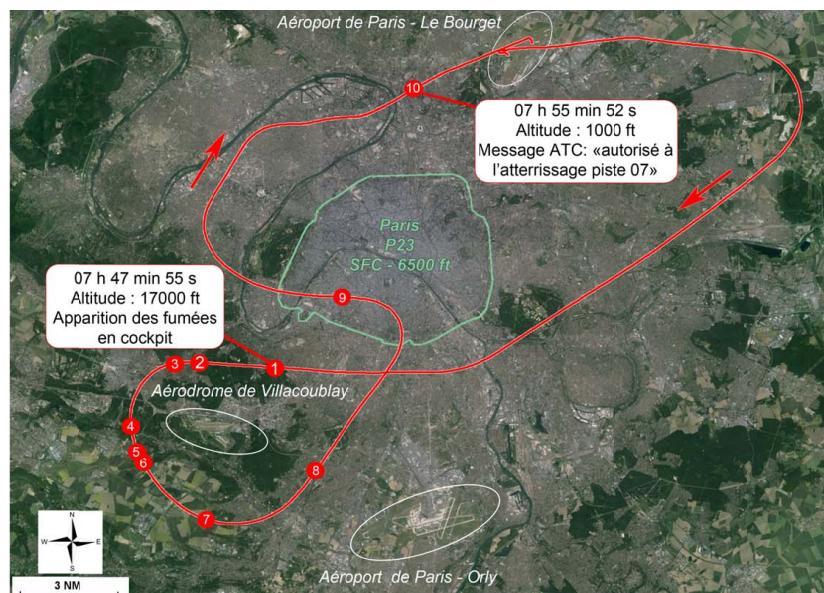
surface du sol à une altitude de 6 500 ft. Elle n'est pas affichée sur les positions

Départ du CRNA/N, ce secteur n'ayant pas vocation à contrôler des avions à basse altitude à proximité de Paris – au contraire des positions de TMA de Roissy ou Orly.

Un contrôleur de Roissy détecte que l'avion est trop bas. Cette information est transmise in fine au contrôleur du CRNA/N en contact avec l'avion. Celui-ci annonce à l'équipage qu'il est trop bas. L'avion sort de la zone interdite de Paris. Le CdB réduit le taux de descente et ordonne au copilote d'indiquer qu'ils ont le feu à bord, ce qui est réalisé par le copilote peu de temps après. Les contrôleurs donnent ensuite un cap radar 040 à l'aéronef. L'avion stoppe sa descente à 05 h 52 min 46 s à l'altitude de 2 000 ft.

La fumée se dissipe peu à peu bien qu'une odeur irritante reste présente. Après avoir été guidé radar, l'équipage est autorisé ensuite à atterrir **10** en piste 07 au Bourget. Le CdB passe sous le plan afin de pouvoir faire un arrondi doux. Des alarmes GPWS « *Glideslope* » se déclenchent à partir de 05 h 56 min 53 s.

Le toucher des roues a lieu à 05 h 57 min 09 s. Les pompiers de l'aéroport suivent l'avion qui ne présente aucun dégât apparent. Après s'être arrêté au parking, l'équipage est surpris par l'absence de dégât extérieur apparent et effectue un débriefing qu'il enregistre sur un smartphone. Il notifie ensuite l'incident aux autorités de l'aviation civile.



2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Expérience et témoignage de l'équipage

2.1.1 Expérience et témoignage du CdB

Le CdB est instructeur et totalise plus de 17 000 heures de vol, 800 sur le type et environ 90 heures dans les trois derniers mois.

Bien que le vol de l'incident soit du Transport Public sans passager, le CdB considère le vol comme un entraînement pour le copilote. Il précise que les entraînements ne se font pas au simulateur mais sur avion réel.

Après avoir informé le copilote d'une odeur de fumée, il se retourne et voit une énorme fumée noire et épaisse, arrivant de l'arrière de la cabine et envahissant assez rapidement le poste de pilotage. Il est horrifié, pense qu'il y a le feu à bord et qu'en conséquence son copilote et lui-même ont très peu de chance de s'en sortir. Il se remémore le scénario de l'accident du Swissair et veut donc se poser au plus vite (à Villacoublay, à Orly ou dans un champ). Le CdB ordonne de mettre les masques. Il indique qu'il a informé oralement le copilote qu'il reprenait les commandes et devenait ainsi PF.

En tentant de mettre son masque, son casque tombe et il perd ses lunettes. Il prend alors celles de secours et ne perd pas de temps à rechercher son casque en raison de la densité et l'opacité des fumées, ainsi que de l'urgence absolue à agir.

Pendant la descente, il essaie de comprendre la situation et réfléchit aux moyens d'y remédier tout en restant occupé par le pilotage de l'avion. Il entend les remarques du copilote et ses appels, mais il indique qu'il n'y répond pas volontairement car il est concentré sur le pilotage. Il précise qu'il ne voit pas le tableau de bord à cause de la fumée pendant toute la descente d'urgence. Il entend le copilote l'informer que le moteur gauche est en panne.

Il coupe le moteur gauche avec la manette. Il ne prend pas le QRH pour la procédure en raison de l'urgence à agir, ce qu'il regrette un peu après coup. Il précise qu'il a regardé et confirmé qu'il avait bien coupé le bon moteur.

Il entend le copilote lui parler de l'alarme de survitesse mais il ne lui répond pas, car il est occupé. L'alarme survitesse n'est pas sa priorité car selon lui, l'avion est certifié pour résister à plus de survitesse et, dans tous les cas, il faut se poser vite. Il pense qu'il n'a qu'une à deux minutes pour s'en sortir. Mais il perçoit bien les alarmes « *engine oil pressure* » et survitesse.

Concernant la procédure de descente et celle à appliquer en cas de fumée, il n'a pas le temps de les regarder. Il exécute les actions de tête : ordonner la mise des masques, sélectionner « *fresh air* » puis couper le moteur à la manette de poussée. Il pense qu'il a réduit la poussée et sorti les speedbrakes durant la descente.

Il compte descendre jusqu'à une altitude « *raisonnable* ». Quand il comprend d'où vient le problème de fumée, il accepte d'aller au Bourget et il demande au copilote de préciser qu'ils ont le feu à bord afin d'avoir la priorité au niveau du contrôle. Il ne veut pas que l'ATC les retarde afin d'atterrir au plus vite.

Il voit les instruments lorsque la trajectoire de l'avion est entre le cap 290 et le cap 040.

Jusqu'au bout de l'événement, il n'a pas son casque. Il précise qu'il pilote à la main et sans PA car il se sent à l'aise avec le pilotage manuel.

En finale, il est descendu volontairement sous le glide en courte finale pour faire un atterrissage avec un arrondi doux.

Il précise enfin qu'il ne tutoie pas les copilotes avant qu'ils aient fait leur preuve. Avant 2008, il utilisait le tutoiement. Puis, il a imposé le vouvoiement en raison d'un différend avec un ancien copilote. Après cet incident grave, il se pose la question du tutoiement. Il indique également qu'en ce qui concerne les alarmes sonores, la politique c'est de les couper.

2.1.2 Expérience et témoignage du copilote

Le copilote totalise 1 200 heures de vol dont 160 sur le type.

Il a effectué sa Qualification de Type à San Antonio en novembre 2011. Il entre dans la compagnie en mai 2012. Au sein d'Airailes, il n'a pas été entraîné aux exercices de fumée avec descente d'urgence au simulateur.

De manière générale, il est parfois « *dérangé* » par le vouvoiement du CdB car cela crée un sentiment de hiérarchie très fort ; pour le copilote, il est très difficile de contrer une décision du CdB si besoin est. Il avait déjà évoqué avec le CdB la possibilité d'utiliser le tutoiement et ce dernier avait refusé. Depuis l'incident grave, ils se tutoient.

Lors du vol, il est PF et, avant l'incident, il n'y a rien de particulier à signaler. Dès l'apparition de la fumée, le CdB ordonne de mettre les masques. À partir de cet instant, les rôles PF/PNF s'inversent et le CdB devient PF. Il voit le CdB passer le sélecteur de conditionnement d'air en « *fresh air* » juste avant la mise en piqué de l'avion. Le CdB entame immédiatement une descente d'urgence. La fumée est dense car elle arrive par l'arrière du poste de pilotage de l'aéronef.

Le copilote n'entend pas initialement l'alarme « *left engine oil pressure* ».

Après avoir vu que la vitesse et les « *speed trend* » augmentaient trop vite pendant la descente, le copilote fait remarquer au CdB la valeur excessive de l'assiette qui atteint - 12°. Pendant la descente, il a tiré sur le manche afin d'éviter que la vitesse ne devienne excessive.

Dans la précipitation et le stress, le CdB n'appelle pas de procédure publiée, ce qui l'inquiète. Mais il constate que le CdB applique une procédure « *logique* » : piquer pour descendre, réduire la poussée et sortir les speeds brakes.

Au moment de mettre le masque, le CdB perd son casque et ce, jusqu'à la fin du vol. Le CdB n'entend pas les communications ATC et le copilote pense que le CdB ne l'entend pas non plus.

Le copilote précise que cela crée un stress et une difficulté supplémentaire car il est obligé de crier et de se répéter afin de se faire entendre.

Sa première communication sert à prévenir le contrôle qu'ils ont entamé une descente d'urgence. Il déclare ensuite un « *PAN PAN PAN* » car il considère qu'il n'y a pas de feu à bord et, selon lui, la situation n'est pas si grave.

Lorsque le CdB dit « *MAYDAY* » à haute voix, le copilote interprète ce message comme une tentative de communication avec l'ATC. Ayant compris que le CdB n'a plus son casque et ayant détecté le problème du moteur, il lui montre du doigt les informations concernant le moteur 1, après l'émission du message « *PAN PAN PAN* ».

⁽⁷⁾Traffic Advisory.

Il n'entend pas l'alarme TA⁽⁷⁾ du TCAS.

Il demande ensuite à l'ATC un guidage jusqu'au Bourget car l'avion n'en est pas loin et qu'il connaît bien le terrain et les procédures. De plus, il n'a pas de fiches de terrain plus proche affiché au MFD et il ne connaît pas les fréquences et les procédures d'approche des autres terrains. Il y a cependant à bord de l'avion une documentation Jeppesen.

Il indique que si l'alarme « *engine oil pressure* » a duré, c'est parce qu'elle n'a pas été coupée par le CdB. Lorsque le copilote lui demande s'il doit la stopper, il n'y a pas de réponse de ce dernier, ce qui l'inquiète et augmente son stress. Il pense parfois à « *une incapacité du CdB* » car celui-ci ne répond pas à ses appels. Dans tous les cas, le CdB communique très peu.

Lorsque l'ATC ordonne à l'équipage de virer au cap 290, le copilote le dit au CdB. Il se pose alors des questions car il voit le CdB tourner le curseur de cap (heading bug) en boucle. Il lui donne un coup de coude pour le faire réagir.

Le copilote finit par faire cesser l'alarme sonore « *engine oil pressure* » à 05 h 50 min 45 s.

Le copilote ne sait pas jusqu'où le CdB compte descendre. Lorsque ce dernier lui demande de dire à l'ATC qu'ils ont le feu à bord, le copilote ne sait pas s'il y a vraiment du feu.

Lorsqu'ils sont au cap 040, la fumée a été évacuée. Le copilote passe ensuite l'ILS au RTU⁽⁸⁾ sur 109.5.

En courte finale, les alarmes glide slope retentissent. Il n'est pas inquiet car les conditions météorologiques sont bonnes et il sait que le CdB a l'habitude de creuser la trajectoire en courte finale.

Il ajoute que tous les entraînements/contrôles qu'il a eus ont été effectués sur avion et par le CdB instructeur. Il n'a pas effectué de descente d'urgence, d'exercice de fumée ni de pose de masque fictive au sein de la compagnie.

Le copilote indique que ses yeux ont piqué après l'incident.

2.2 Renseignement sur l'avion

2.2.1 Renseignements Généraux

Le Cessna 525B est certifié selon le FAR 23 en catégorie High Performance Aircraft Certification (HPAC) monopilote.

L'avion est équipé de deux moteurs du constructeur WILLIAMS INTERNATIONAL FJ44-3A (PN 67000-200). Le jour de l'incident, ils totalisent 812 h 10 de vol chacun.

2.2.2 Examens du moteur gauche

Après l'incident, le moteur gauche ne présente pas de dégât extérieur. De légères traces d'huile sont visibles sur l'arrière de l'appareil.

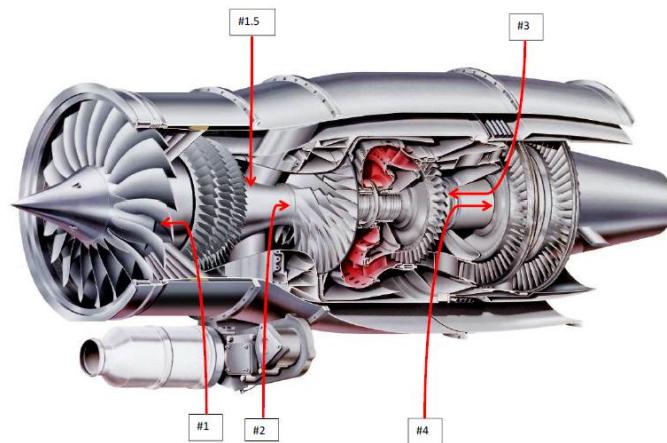


Moteur gauche du F-HCIC

Le moteur a été envoyé aux Etats-Unis chez le constructeur pour examen.

Un premier examen visuel du moteur a permis de constater qu'il n'avait plus d'huile et que les bouchons magnétiques de la boîte de réduction et du réservoir d'huile comportaient de la limaille.

Lors du démontage, une défaillance du roulement du palier numéro 2 a été mise en évidence.



Roulement du palier numéro 2

Le palier numéro 2 maintient l'arbre Haute Pression N2. La défaillance du roulement de ce palier a résulté en un mouvement de l'arbre. Ce mouvement a eu pour conséquence, entre autre, des endommagements secondaires sur les composants de l'arbre haute pression et sur les joints du palier.

De la limaille s'est propagée dans le circuit de lubrification et a détérioré l'ensemble des roulements du moteur.

L'origine de la défaillance du roulement du palier numéro 2 n'a pas pu être déterminée en raison de l'importance des endommagements résultant de l'incident.

L'endommagement des joints du palier a entraîné la fuite de l'huile dans le corps du moteur. Au contact des parties chaudes, l'huile a brûlé et la fumée produite s'est propagée dans la cabine à travers le conditionnement d'air.

Historique du palier

Selon le constructeur, ce type de palier a déjà eu treize cas de défaillances similaires entre le 4 mars 2009 et le 22 juillet 2013. Dans presque tous les cas, des odeurs et/ou de la fumée sont apparues dans la cabine. Le constructeur indique que dans les cas cités, l'équipage a réussi à contrôler la situation et stopper l'arrivée de la fumée en coupant le moteur incriminé. L'incident du F-HCIC est le plus grave répertorié en termes de densité de fumée.

Il précise qu'en cas de défaillance, des vapeurs d'huiles peuvent se propager dans la cabine. Les pilotes disposent de lunettes de protection et d'oxygène si nécessaire. Lorsque les pilotes coupent le moteur comme indiqué par la procédure, la production de vapeur d'huile cesse et il suffit de quelques minutes pour évacuer les vapeurs présentes en cabine.

Le constructeur indique que le roulement du palier numéro 2, P/N 55666, peut présenter un balourd important qui peut alors l'user prématurément. Ce roulement devait être remplacé lors de la Check 4 (révision générale) du moteur.

Une solution intérimaire avec un roulement P/N 79026 a été conçue. Le constructeur a émis un SB obligatoire exigeant le remplacement du roulement par ce nouveau type (P/N 79026) lors de la prochaine visite HSI/CSI (Hot/Cold Section Inspection) ou lorsque le palier est accessible. Au jour de l'incident, un moteur sur cinq disposait de ce roulement. Le F-HCIC n'en était pas équipé. Il y a aujourd'hui environ 1 000 moteurs du même type que celui du F-HCIC. Le constructeur a ensuite introduit un nouveau roulement de type P/N 118017 qui n'a pas connu de défaillance à la date de sortie du présent rapport. Il a accéléré le remplacement du palier d'origine en publiant un SB exigeant le changement de palier lors de la check 3 (section chaude). Le remplacement du roulement reste obligatoire lors de la check 4 (révision générale). Le constructeur précise qu'en février 2017, 53 % des roulements d'origine ont été remplacés.

2.3 Renseignement sur les organismes et la gestion

2.3.1 L'exploitant

L'exploitant est titulaire d'un Certificat de Transport Aérien délivré par la DSAC Nord-Est. Son exploitation est surveillée et son Manuel d'Exploitation (Manex) a été approuvé par la DSAC. Les contrôles de la tutelle de la compagnie n'ont pas mis en évidence d'écart notables en lien avec l'incident.

Le Manex d'Airailes indique que le C525B F-HCIC est un aéronef HPAC certifié monopilote, mais exploité en multipilote dans le cadre du Transport Public.

La conduite de l'aéronef est conforme aux procédures du constructeur (partie B du Manex).

La répartition des tâches entre le CdB et le copilote a été établie par l'exploitant. Les procédures d'urgences sont détaillées ainsi que les programmes d'entraînement et contrôles périodiques sur Cessna Citation. Ils peuvent s'effectuer sur avion ou simulateur. L'examen des programmes montrent que le CdB avait fait un exercice simulé de descente d'urgence/feu fumée en mars 2012 sur avion. Le copilote n'avait pas encore fait cet exercice au sein de la compagnie. Il l'avait effectué lors de sa QT en novembre 2011 sur simulateur.

Quatre procédures opérationnelles concernent l'incident et figurent en annexe 1. Les encadrés des procédures sont des actions à effectuer de mémoire. Les actions principales des procédures sont résumées ci-dessous :

Panne moteur ou arrêt moteur volontaire

L'action prioritaire, attribuée au PF, est de déplacer la manette de poussée du moteur concerné sur : « OFF ». Cette action doit être croisée et vérifiée par le PNF.

La procédure demande à l'équipage de l'effectuer sans précipitation afin de diminuer le risque d'erreur. Le PF doit ensuite arrêter le système d'allumage et la génératrice. Le PNF doit alors couper la synchronisation et surveiller la charge électrique.

Odeur de fumée provenant du conditionnement d'air

Les deux membres d'équipage doivent de mémoire mettre leur masque et sélectionner la position microphone sur MIC OXY MASK. Ensuite, ils mettent leurs lunettes de protection si nécessaire et veillent à ce que les passagers aient leur masque et reçoivent de l'oxygène.

Le PNF cherche ensuite à trouver la provenance de la fumée en commutant la source de la provenance de l'air sur le moteur gauche. Après avoir attendu et si la fumée persiste, il doit sélectionner la source sur le moteur droit. Si la fumée persiste, il faut descendre puis sélectionner la position Fresh Air.

Dispersion de fumée

La procédure est la même que ci-dessus jusqu'aux items passagers. En fonction de la configuration électrique, il faut faire monter l'altitude cabine et effectuer une descente d'urgence en fonction de la situation.

Descente d'urgence

De mémoire, le PF doit annoncer la procédure, couper le PA, réduire les deux manettes de poussée, incliner l'avion de 30°⁽⁹⁾ et prendre une assiette de - 7,5°. De mémoire, le PNF doit sortir les speedbrakes. Pendant cette phase, chaque membre d'équipage a des actions précises et distinctes qui l'isolent dans sa tâche.

Dans un second temps, le PNF doit surveiller que la vitesse de l'aéronef est égale à VMO/MMO puis afficher 7700 au transpondeur et passer un message à l'ATC. L'atterrissement doit avoir lieu dans les plus brefs délais.

⁽⁹⁾Le but de cette manœuvre est de sortir de la voie aérienne.

2.3.2 Les services de la navigation aérienne

Les services de la navigation aérienne ont pour objectifs de prévenir les abordages entre aéronefs, d'accélérer et régulariser la circulation aérienne et de fournir des avis et renseignements utiles à l'exécution sûre et efficace des vols.

L'espace aérien en région parisienne est géré par trois centres qui couvrent des espaces imbriqués correspondant aux enveloppes des trajectoires de départ et d'arrivée en TMA.

Le CRNA/N couvre l'espace aérien au-dessus de la TMA de Roissy et Orly. Les secteurs TH et LN du CRNA/N gèrent les départs vers l'ouest et intègrent les flux d'Orly et Roissy.

Les trois centres de contrôle ont développé des paramétrages sur les visualisations qui correspondent aux particularités du trafic dont ils ont la charge. En particulier, le CRNA/N ne visualise pas la zone basse altitude P23 ni les procédures en vigueur à l'approche intermédiaire à Roissy.

Le CRNA/N met en place un manuel, des procédures et des formations pour ses personnels notamment pour les situations d'urgence.

En cas d'urgence ou détresse, l'aéronef doit être prioritaire. Il bénéficie de toute l'attention de l'ATC (SERA 11005).

Situation au CRNA/Nord

Les contrôleurs bénéficient de formations périodiques aux situations d'urgence. En cas de descente d'urgence, les contrôleurs considèrent que l'aéronef est en situation de détresse. Au CRNA/N qui était en contact avec l'avion au moment de l'incident, il existe une fiche réflexe relative à cette situation à destination des chefs de salle (CdS). Cette fiche, partagée avec les contrôleurs en position, indique :

DETRESSE

Manuel CDS 2.5 p 11

Un aéronef est en situation de détresse lorsqu'il court un danger grave et qu'une assistance immédiate lui est nécessaire. Un état de détresse est connu soit:

- Par réception d'un message de détresse (MAYDAY 3 fois)
- Par affichage du code transpondeur 7700
- Par réception d'un message relatant une situation de détresse (hors balises reçues)

Actions CdS:	Effectuée par:	Heure UTC:
Faire confirmer l'affichage du code 7700		
S'assurer que le contrôleur a demandé ses intentions au pilote et peut lui fournir l'assistance nécessaire		
Si nécessaire et possible, faire isoler l'aéronef sur une fréquence		
Relever la position et la route suivie de l'aéronef		
Alerter le BTIV, qui déclenche une DETRESFA et avise le CCS		
Recueillir par le BTIV les infos complémentaires du Plan de vol		
Alerter les terrains ou centres potentiellement utiles ou concernés		
Prévenir le RPO, qui avisera la hiérarchie du Centre, le BEA et la DSNA/DO; éventuellement l'opérateur		
Prévenir le DMC		
Demander à la MO un vidage STR		
Remplir le formulaire Alerte Accident-Incident (BTIV)		
Noter dans le cahier de marche les actions entreprises		
Collecter les pièces et les renseignements pouvant être utiles à une enquête		
Si nécessaire, faire une revisu rapide		

Dans le cas de l'incident, les contrôleurs ont agi de mémoire.

2.3.2.2 Témoignages des contrôleurs

Note : Les contrôleurs ont été vus en même temps. Leur témoignage commun est synthétisé ci-dessous.

Au moment de l'incident, trois contrôleurs sont en position : un organique instructeur (CTL A dans ce rapport), un radariste (CTL B) et un élève organique en instruction. Un contrôleur C passe à côté de la position de l'élève et, en raison de la charge de travail élevée due à l'incident, l'élève cède sa place à CTL C qui devient le second organique de CTL B.

Les contrôleurs ont souligné que les échanges avec l'équipage ont été peu nombreux et relativement espacés. En revanche, la charge de travail a été très élevée car ils ont dû effectuer beaucoup de coordinations et les deux postes téléphoniques de la position ont été utilisés sans interruption. Ils étaient inquiets de perdre l'avion en fréquence.

Les actions des contrôleurs lors de l'incident et leurs préoccupations ont été les suivantes :

- CTL A contacte De Gaulle Départ car la trajectoire du F-HCIC est initialement conflictuelle avec les départs de Roissy. Il pense que De Gaulle Départ et De Gaulle Arrivée peuvent se coordonner entre eux ;
- il reste avec De Gaulle Départ puis leur dit qu'un autre contrôleur (CTL C) est en train de coordonner avec De Gaulle Arrivée de façon à éviter les interférences ;
- enfin CTL A contacte De Gaulle Arrivée PG (coordinateur INI) ;
- CTL C s'occupe de coordonner le croisement conflictuel d'un avion d'Aigle Azur, transféré d'Orly vers le CRNA/N, avec le F-HCIC, puis est au téléphone avec De Gaulle Arrivée pour obtenir des caps de guidage radar ramenant le F-HCIC vers le Bourget. Il relaie finalement les clairances d'approche et d'atterrissement et retransmet l'alerte indiquée par l'approche de Roissy sur l'altitude de l'avion au-dessus de Paris.

Les trois contrôleurs ne perçoivent pas le fait que, lorsque CTL B demande au F-HCIC de changer de fréquence, sa communication n'est pas reçue par l'équipage. Ils croient alors que l'absence de réponse du pilote indique qu'il ne peut pas changer de fréquence. Néanmoins, selon eux, le changement de fréquence n'a pas a priori de conséquence importante car le pilote a des fumées à bord et le fait de ne pas lui imposer de changement de fréquence contribue à ne pas surcharger l'équipage.

Ils indiquent qu'en formation, ils sont sensibilisés aux erreurs de changement de fréquence et à la probabilité que les pilotes se trompent de fréquence en situation d'urgence. Ils ont donc minimisé les changements de fréquence pour les pilotes.

Lors de l'incident, il y avait deux fréquences regroupées. Il aurait donc été possible d'en dégager une pour isoler l'aéronef si nécessaire. De plus, les contrôleurs indiquent qu'ils peuvent toujours utiliser la fréquence de détresse 121,5 en dernier recours.

Concernant l'affichage et l'application de la fiche réflexe de détresse, les contrôleurs indiquent que leur priorité est de gérer en temps réel l'urgence plutôt que de suivre à la lettre la procédure.

Lorsqu'un équipage annonce de la fumée ou une descente d'urgence, les contrôleurs considèrent l'aéronef en situation de détresse, que celui-ci ait ou non déclaré un MAYDAY.

Lors de l'incident, les contrôleurs n'ont pas fait afficher au pilote 7 700 au transpondeur pour plusieurs raisons :

- la charge de travail du pilote étant très élevée, ils ont jugé qu'il ne fallait pas le déranger ;
- le code 7700 permet d'être vu de tous. Mais dans la zone parisienne où se trouvait l'avion, il était « *visible par tout le monde (contrôleurs et aéronefs)* ».

Un contrôleur a indiqué que, dans une telle situation d'urgence, il lui serait difficile de donner rapidement à l'équipage une information précise de cap et de distance pour des aérodromes à proximité. Un autre a jugé, au contraire, que compte tenu des éléments présents sur leur radar, il était possible de transmettre une telle information.

Cependant, tous s'accordent à dire qu'en raison du trafic soutenu à Orly et Roissy, ils hésiteraient à proposer à un aéronef en détresse des informations relatives aux aérodromes à proximité car la probabilité de conflit avec d'autres trafics est trop importante.

C'est le chef de salle qui a été informé de l'incident grave et qui s'est chargé de la coordination avec le Bureau de Transmission des Informations en vol.

Après l'incident, les contrôleurs ont été relevés. Par la suite une FNE a été rédigée. Il n'y a pas eu de Commission Locale de Sécurité sur cet incident.

2.3.3 Aspects réglementaires

En ce qui concerne les Entraînements et Contrôles Périodiques (ECP) des pilotes ainsi que les exigences tirées du règlement sur les Licences on note les points suivants :

ECP

La réglementation EU OPS en vigueur le jour de l'incident n'imposait pas que les entraînements et contrôles hors ligne des pilotes s'effectuent sur simulateur de type FSTD⁽¹⁰⁾.

Des discussions entre la DSAC et les exploitants High Performance Aircraft (HPA) avaient eu lieu concernant ce point. En raison de contraintes économiques fortes, les exploitants ne souhaitaient pas que la DSAC impose que l'entraînement s'effectue uniquement sur simulateur pour les contrôles hors ligne. La DSAC soulignait que « *Par ailleurs, la réglementation impose la révision et l'entraînement aux défaillances majeures des systèmes sur une période maximale de trois ans (§ 7.3 ci-dessus). La réalisation de séances exclusivement sur avion ne permet pas de saisir ce point essentiel (par ex. exercices « smoke », « windshear » etc).* »

C'est la raison pour laquelle l'acceptation d'un programme annuel réalisé sur avion est conditionnée par la définition précise, dans la partie D, d'un programme triennal faisant apparaître les exercices retenus et précisant les moyens utilisés pour leur entraînement. La construction du programme annuel doit être faite en référence à ce plan triennal et son approbation est conditionnée par le respect de ce plan :

Licences

Les exercices de prorogation de la qualification de type au titre du PART-FCL sont décrits dans son appendice 9. Les exercices d'urgence relatifs aux descentes d'urgence peuvent s'effectuer sur avion ou simulateur de type FFS⁽¹¹⁾.

Cependant, devant les difficultés exprimées par les exploitants liées aux coûts de la formation sur simulateurs de niveau FFS, la DSAC a rédigé une AMC alternative au PART-FCL en ce qui concerne les avions HPA complexes. Son but est de préciser que, pour certains items des entraînements et contrôles FCL qui doivent être effectués normalement sur avion ou FFS, il est possible d'utiliser des simulateurs n'ayant pas de « motion » (de type « FTD niveau 2 / FNPT II MCC »⁽¹²⁾). L'exercice de descente d'urgence en fait partie.

⁽¹⁰⁾Depuis le changement de réglementation et la mise en place de l'AIR OPS en septembre 2014, il est demandé – dans la mesure du possible – d'utiliser un simulateur de type Flight Simulation Training Device (FSTD) pour s'entraîner aux procédures d'urgences (référence AMC1 ORO.FC.230 Recurrent training and checking) ou l'avion.

⁽¹¹⁾Full Flight Simulator.

⁽¹²⁾Flight Training Device Flight and Navigation Procedure Trainer Multi Crew Cooperation.

Les enquêteurs du BEA ont effectué une descente d'urgence avec feu fumée dans un simulateur FSTD de type FTD niveau 2 + FNPT II MCC équipé d'un générateur de fumée. Ils ont constaté qu'une procédure de feu fumée et descente d'urgence peut tout à fait être réalisée et conduite de manière pédagogique avec ce type de simulateur.

Contrairement à ce qui est observé pour les avions lourds (par exemple Airbus, Boeing), les simulateurs de niveau FFS pour Cessna Citation coûtent au minimum deux fois plus chers que le prix de l'avion. Un simulateur de type FTD niveau 2 + FNPT II MCC coûte le tiers du prix de l'avion environ. Pour ces raisons économiques, les centres de formation ne se sont pas tournés vers l'acquisition d'un FFS mais vers celle de FSTD. En conséquence, il y a très peu de FFS représentatifs d'avions HPAC dans le monde et pratiquement pas en Europe.

2.3.4 Certification.

Le Cessna 525B est certifié selon la norme FAR 23.

De manière générale, le paragraphe 23.1309 indique que :

« *l'équipement et les systèmes de l'avion doivent être conçus et installés de telle sorte que :* »

(2) aucun équipement et système ne nuise pas à la sécurité de l'avion ou ses occupants, ou le bon fonctionnement de ceux visés au paragraphe (a) (1) du présent article ».⁽¹³⁾

⁽¹³⁾The airplane equipment and systems must be designed and installed so that:
(2) Any equipment and system does not adversely affect the safety of the airplane or its occupants, or the proper functioning of those covered by paragraph (a)(1) of this section.

⁽¹⁴⁾Hazardous contamination of cabin air systems may not result from failures of the engine lubricating system.

En particulier, l'avion doit être conçu pour minimiser les risques provenant d'un feu moteur. Une exigence particulière est demandée quant à la propagation de la fumée via le conditionnement d'air. Le paragraphe 23.1111 intitulé Turbine engine Bleed Air System indique dans l'alinéa (c) :

(c) Une contamination dangereuse de systèmes à air d'habitacle ne peut pas résulter de défaillances du système de lubrification du moteur.⁽¹⁴⁾

Le constructeur de l'aéronef a indiqué que les exigences de certification de ces paragraphes ont été satisfaites par similarité avec un précédent aéronef, en l'occurrence le Cessna 525A. Il n'y a pas eu d'essai en vol pour valider ces exigences.

Le constructeur de l'avion a indiqué qu'il n'a pas conduit d'analyse de risque ni de test en vol pour répondre au paragraphe 23.1111 en ce qui concerne la défaillance du système de lubrification.

Le constructeur du moteur indique suivre les modes de défaillance de ses moteurs et que son analyse n'a pas montré de modes nouveaux de défaillance en ce qui concerne cet incident.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

3.1 Opérations Aériennes

Avant que la fumée n'apparaisse, les préoccupations de l'équipage étaient standard. L'avion était en montée vers la croisière en pilotage manuel et au-dessus du FL100. Le PF devait principalement surveiller les instruments primaires et les modes de pilotage automatique de l'avion afin de suivre la trajectoire de départ. Il devait aussi de temps en temps surveiller les paramètres moteurs, mais pas de manière continue. Le PNF devait assurer les communications radio et surveiller les actions du PF. Cette phase de vol en montée n'était pas chargée.

Lorsque la fumée a envahi le poste de pilotage, la situation est instantanément devenue difficile à gérer pour l'équipage. Le CdB voyait mal les instruments, il ne pouvait pas communiquer avec le copilote ni avec l'ATC du fait de la perte de son casque.

La perte de maîtrise de la trajectoire par l'équipage a été instantanée et le risque de perte de contrôle de l'avion était réel.

L'effet de surprise a été d'autant plus important qu'aucun élément n'avait pu permettre à l'équipage d'anticiper un problème de cette nature. Ce ne sont pas les fluctuations de la pression d'huile enregistrées au FDR qui pouvaient les alerter sur la nature du danger à venir. En voyant de la fumée épaisse envahir le poste de pilotage, les deux membres d'équipage n'ont pas évalué la situation de la même manière. Le copilote a pensé que la situation était urgente mais sans détresse. Le CdB a cru que l'avion était en feu et a songé au scénario de l'accident de l'avion Swissair en septembre 1998⁽¹⁵⁾. Son objectif était donc de descendre et se poser au plus vite. L'analyse des faits confirme que l'avion était passé en situation de détresse dès que la fumée est apparue.

⁽¹⁵⁾<http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/aviation/1998/a98h0003/a98h0003.pdf>

Après l'apparition de la fumée, le CdB a donné la priorité au contrôle de l'avion et à la gestion de la trajectoire. Certaines actions de l'équipage et les conséquences de ces actions n'ont pas correspondu avec ce que prévoit le Manex et ont affecté la sécurité du vol.

Les principales sont les suivantes :

- aucun membre d'équipage n'a eu le temps de mettre à temps ses lunettes de protection. Or la fumée était épaisse et cela a pu les gêner - tout particulièrement le CDB - et à tout le moins les indisposer. Le QRH n'a pas été utilisé par le commandant de bord en raison de l'urgence et donc ce dernier n'a pas pu vérifier qu'il n'oubliait pas d'item de la checklist et le copilote n'a pas pu vérifier ses actions ;
- des survitesses de l'aéronef en descente se sont produites et elles sont dues à la prise d'assiettes excessives. Elles ont cependant pu être corrigées grâce à l'intervention positive du copilote ;
- de manière générale, le commandant de bord a effectué ses actions seul. Notamment, il a coupé un moteur sans l'annoncer au copilote. Tous les items des checklist n'ont pas été effectués. Le travail en équipage et la communication entre les deux membres d'équipages ont été quasiment inexistantes.

- le CdB n'a pas cherché à basculer l'« *Air source select* » sur gauche puis droite. Il l'a directement passé sur « *Fresh Air* ». Cette action a arrêté l'alimentation en fumée dans le poste de pilotage mais elle a également dépressurisé l'avion. La FAA insiste sur le fait que basculer l'*Air source select* sur droit aurait permis d'évacuer la fumée plus rapidement. L'incident grave s'est produit à une altitude moyenne (FL 180). La descente d'urgence s'est effectuée rapidement car l'avion est passé sous le FL 100 en 1 min 40 environ. Comme il y avait de la pression résiduelle en cabine au-dessus du FL100, l'altitude cabine n'a probablement pas atteint des valeurs extrêmes générant une hypoxie importante ;
- le CdB a mis beaucoup de temps à réagir aux ordres de caps et altitudes donnés par l'ATC et relayés par son copilote et donc à suivre une trajectoire sûre. L'écoute du CVR suggère très fortement que le CdB était partiellement en incapacité d'y donner suite durant la descente lorsque les fumées étaient denses et qu'il ne pouvait distinguer les indications des instruments. Le copilote a dû à de nombreuses reprises crier pour indiquer le cap 290 au CdB sans réponse de ce dernier. Il a fallu plus d'une minute pour que le CdB réagisse aux cris et cela explique pourquoi l'avion a survolé Paris, toujours en descente ;
- l'avion s'est rapproché d'un trafic conflictuel sous les normes de séparation (déclenchement d'alarme TCAS).

La présence de fumée voire de feu est une des situations les plus stressantes pour un équipage. En principe, l'équipage est censé identifier l'origine de la panne. Dans l'incident, le CdB n'a pas pu comprendre que la fumée qui a envahi en quelques secondes le poste de pilotage provenait d'une défaillance simple du moteur. Il a pensé au feu alors qu'il n'y en avait pas. Il n'avait pas d'indication évidente lui permettant d'exclure l'hypothèse d'un feu.

Réagissant à un supposé feu à bord et à une situation inattendue et préoccupante car la fumée a envahi le cockpit en quelques secondes, le CdB a dû faire face à une charge de travail très importante. Il devait traiter plusieurs procédures dans un temps imparti court : fumée provenant du système de conditionnement d'air, descente d'urgence, panne moteur ou arrêt volontaire et dispersion de la fumée. Il devait aussi essayer de se poser au plus vite avant que le feu n'aggrave l'état de l'avion et sa contrôlabilité. Il devait aussi pendant cette descente gérer la trajectoire pour se diriger au plus vite vers un terrain accessible tout en évitant le risque de collision avec un autre aéronef. Les procédures ne pouvaient donc pas toujours être exécutées selon leur planification en raison des conditions opérationnelles dynamiques.

L'incident nous montre aussi que sous la précipitation et au vu de l'urgence, le CdB n'a pas pu communiquer avec le copilote en raison de la perte de son casque et du fait qu'il ne pouvait pas le retrouver facilement. Cette défaillance, qui pourrait se reproduire dans des circonstances similaires, a eu un impact important sur la réussite des différentes actions prévues pour gérer ce type de situation.

Pour ces raisons, il n'y a pas eu de travail en équipage. Le CdB a agi principalement seul et il a effectué les actions vitales en s'appuyant sur son expérience importante. Il a réussi à sortir les aérofreins, mettre les moteurs au ralenti, couper la génératrice, couper le moteur en panne et fermer le conditionnement d'air qui alimentait le poste de pilotage en fumée. Mais il n'a pu maîtriser seul la survitesse ni maîtriser la trajectoire sans l'intervention positive du copilote. Ce dernier était aussi stressé par l'absence de communication mais il n'a pas jugé utile de déclarer immédiatement une situation d'urgence (MAYDAY). Cela n'a toutefois pas eu de conséquences pour l'ATC. La procédure prévoit que dans ces situations d'urgence absolue telles que feu ou fumée à bord, on atterrisse le plus vite possible. Or le copilote a demandé à revenir au Bourget alors que des aérodromes comme Villacoublay ou Orly étaient plus proches.

À l'inverse, le CdB n'a pas pu participer à cette décision en raison de la perte de son casque. À ce moment, la fumée était toujours présente et il lui était difficile de parier sur la maîtrise de la situation dans un avenir proche. L'événement souligne le fait que les équipages ne choisissent pas nécessairement la solution permettant de se poser au plus vite. Le rapport sur l'accident du vol SWR 111 souligne également la difficulté pour un équipage de prendre rapidement les décisions permettant d'atterrir au plus vite en cas de feu.

Dans l'incident, la gestion de la dispersion de la fumée et la descente d'urgence n'ont pas fonctionné comme prévu par les procédures d'exploitation. Des procédures d'urgence aussi complexes que celles prévues pour cet incident ne peuvent être considérées comme sûres si elles ne font pas l'objet d'entraînement. Dans le cadre de l'incident, la DSAC reconnaissait que « *la réalisation de séances exclusivement sur avion ne permet pas de satisfaire l'entraînement aux défaillances majeures des systèmes sur ce point essentiel* ». Il est illusoire de croire que des entraînements pertinents peuvent être effectués en vol en raison de l'impossibilité de simuler correctement en pratique la fumée ou une descente d'urgence. Le copilote n'avait jamais pratiqué cette procédure depuis la qualification de type et le commandant de bord l'avait simulée sur avion l'année précédent l'incident. L'enquête a montré que les nouveaux simulateurs de type FSTD (convertibles FTD niveau 2 / FNPT II MCC) peuvent permettre d'entraîner convenablement les équipages à ces procédures et répondent aussi au problème de gestion des coûts excessifs des simulateurs de type FFS.

Il est prévu que les séparations entre avions soient maintenues même en cas de descente d'urgence, ce qui apparaît quasiment impossible en pratique. Une alarme TCAS s'est déclenchée lors de la descente d'urgence, signe que la séparation entre le Cessna et un autre appareil diminuait. Seul l'ATC pouvait séparer les autres appareils du Cessna pour éviter tout conflit. Le CdB ne voyant pas bien les instruments, il lui était toutefois impossible de se conformer au guidage fourni par l'ATC visant à maintenir les séparations ou de suivre une alarme TCAS. Le survol de Paris en descente est un autre exemple du manque de maîtrise de la trajectoire. Quant aux marges de franchissement d'obstacles, leur respect dépendait du temps dont disposait l'équipage pour retrouver une meilleure maîtrise de la trajectoire.

Les deux membres employaient le vouvoiement. Cela créait un climat peu propice au travail en équipage et a contribué à l'établissement d'un équipage autocratique. Cette pratique est très rare dans le milieu aéronautique, et culturelle au sein de cette compagnie. Elle a géné le copilote. Ce sont dans les phases d'urgence que la synergie de l'équipage est primordiale. Le CdB a depuis l'incident rétablit le tutoiement.

Pendant la présence de fumée, aucun des deux membres d'équipage n'a mis les lunettes de protection alors que cela était nécessaire, sans doute car les gestes à accomplir pour mettre ces lunettes sont plus complexes et nécessitaient davantage de temps. Or le CdB a probablement été en incapacité de lire convenablement les instruments pendant la descente d'urgence, comme le suggèrent ses actions erratiques sur le «*Heading Bug*» et son absence de réaction aux survitesses de l'avion et aux sollicitations multiples et fortes du copilote. L'emploi d'un masque intégral pourrait pallier ce problème en renforçant le niveau de protection. En tous les cas, l'incident montre que cette procédure de sécurité est fragile. La plupart des bimoteurs légers HPA ne sont pas non plus équipés de masques intégraux.

À la lumière de cet incident, la question de la faisabilité de la gestion de ces situations d'urgence par un seul pilote sur avion HPA se pose. Le copilote a agi activement à plusieurs reprises sur les commandes de vols durant l'incident afin d'aider le CdB. Par ailleurs, la charge de travail de l'équipage aurait pu être encore plus élevée s'il y avait eu à bord de l'avion des passagers car l'équipage aurait dû les assister pour la mise en place de l'oxygène. Des essais en vol proches des conditions opérationnelles semblent nécessaires pour prendre en compte ces situations d'urgence lors de la certification.

3.2 Contrôle aérien

Les échanges entre l'équipage et le contrôle aérien ont été peu nombreux lors de l'incident. Il ressort de l'écoute du CVR et des communications ATC que le contrôle a peu aidé l'équipage à gérer la situation d'urgence.

La charge de travail des trois contrôleurs a été élevée. Ceci est dû d'une part à l'incompréhension du contrôle quant à la capacité de l'équipage à changer de fréquence, aux préoccupations liées à la difficulté de coordination pour des trajectoires peu connues ou peu pratiquées par ces contrôleurs, à la volonté de minimiser la charge de travail de l'équipage, et d'autre part à la crainte de perdre l'avion en fréquence.

Les contrôleurs du CRNA/N ont effectué les tâches prévues en situation de descente d'urgence. Ils ont en priorité essayé de minimiser le risque de collision avec d'autres aéronefs tout en assurant la séparation des aéronefs entre eux. Ils ont ensuite aidé le pilote à revenir vers Le Bourget.

Cet évènement montre que le risque de perte de liaison radio de l'aéronef dû à la portée était nul même à faible altitude. En raison d'une erreur de compréhension, les deux contrôleurs organiques ont pensé que l'équipage ne pouvait pas changer de fréquence. En conséquence, ils ont été occupés à plein temps à coordonner la position et les clairances données à l'avion avec les secteurs adjacents.

Les entretiens avec les contrôleurs montrent qu'ils ne voulaient pas intervenir outre-mesure sur la fréquence afin de ne pas surcharger l'équipage. Cette préoccupation était soutenue par leur formation récurrente. Bien que cette préoccupation soit légitime, elle doit néanmoins être nuancée. La prise en charge d'autres aéronefs en même temps et l'absence de décision de dégrouement ont possiblement renforcé leur intention de ne pas intervenir vis-à-vis de l'équipage en difficulté. En outre, l'absence d'affichage du code transpondeur 7700 a empêché que tous les contrôleurs puissent noter la particularité de cette situation, même si la trajectoire très inhabituelle dans ces espaces très imbriqués n'a sans doute pas manqué d'alerter les autres contrôleurs sur les positions de départ ou d'arrivée de Roissy et Orly.

De manière générale, la présence de fumées opaques à bord d'un aéronef est en effet une des situations de détresse les plus difficiles à gérer pour un équipage. Du point de vue de la sécurité, une des priorités est de se poser au plus vite car le facteur temps est décisif sur les chances de survie.

L'incident nous montre que les membres d'équipage ont eu de grandes difficultés à maîtriser la conduite du vol et la trajectoire pendant la présence des fumées. Pourtant l'équipage n'a pas atterri au plus vite sur l'aérodrome le plus proche comme l'exigent toutes les procédures de détresse. Généralement, ce sont les pilotes qui demandent au contrôle d'atterrir au plus vite ou l'informent de cette intention. Or l'équipage n'était pas en mesure de le faire. Dès lors, l'assistance du contrôle aérien était pour eux primordiale. Tant que les fumées étaient présentes, rien ne permettait à l'équipage d'être sûr qu'il aurait le temps de revenir au Bourget.

La fiche réflexe de détresse devrait donc inciter les contrôleurs à demander aux équipages s'ils souhaitent une assistance afin d'atterrir sur un des terrains les plus proches. Cela les aiderait à prendre une décision en fonction de la situation.

On peut citer comme exemple l'accident de l'Airbus A 320 le 15 janvier 2009 qui a amerri dans le fleuve Hudson à New York.⁽¹⁶⁾ Après le message de détresse passé par l'équipage, le contrôle a spontanément proposé à de nombreuses reprises des caps radar vers les terrains les plus proches.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'incident du F-HCIC, la formation continue des contrôleurs leur donnait la capacité d'indiquer la localisation des aérodromes les plus proches et de proposer éventuellement une route directe en cas de demande. Ils ne l'ont pas fait car certains d'entre eux étaient réticents, notamment du fait des rapprochements que ces trajectoires imprévues pouvaient générer dans cet espace aérien complexe géré simultanément par l'approche de Roissy et Orly. La rédaction des procédures de contrôle et l'établissement d'une formation permettant effectivement aux contrôleurs du CRNA/N de diriger un avion en situation d'urgence jusqu'au sol nécessite une étroite coordination en amont avec les organismes d'approche de Roissy et d'Orly.

3.3 Défaillance d'une pièce du système de lubrification et conséquences

Les principes de sécurité à propos du palier numéro 2 et les règlements de certification n'ont pas fonctionné comme prévus et sont mis en échec dans l'incident du F-HCIC.

La défaillance simple du palier numéro 2 a conduit à la panne du moteur ainsi qu'à la propagation rapide de fumées et odeurs dans le poste de pilotage, ce qui met en échec les protections prévues par les règlements de certification.

Comme il n'était pas possible d'anticiper cette défaillance par une inspection, le palier devait être changé par précaution à chaque révision générale du moteur. Environ 1 % des moteurs du même type que celui du F-HCIC ont connu une défaillance similaire.

Cette défaillance ne devait pas conduire à une contamination dangereuse du poste de pilotage contrairement à ce qui a été observé lors de l'incident ainsi que lors des 13 autres cas similaires de fumées recensés.

Tant Cessna que les autorités de certification considéraient que la barrière de protection que représente la coupure du moteur par l'équipage était suffisante. Ce raisonnement est valable pour une simple panne du moteur. Or, dans le cas du F-HCIC, l'apparition rapide d'une fumée épaisse a gravement mis en danger l'équipage et a rendu la trajectoire de l'avion très difficilement contrôlable pendant une certaine durée.

La certification ne semble pas avoir pris en compte la détérioration du palier observée ni ses conséquences sur l'apparition de fumée en cabine.

De plus, les analyses de sécurité sur les cas de défaillance du palier étaient inadéquates. Elles consistaient à se reposer exclusivement sur une bonne réaction de l'équipage dans ce genre de circonstances alors même que les règlements de sécurité mettaient en exergue les conséquences dangereuses de fumées dans le poste de pilotage et demandaient explicitement à ce qu'elles ne proviennent pas du système de lubrification. Mais cela n'a pas conduit les acteurs à prendre des mesures en adéquation avec ce risque, qui a été manifestement sous-estimé. Il n'y a pas eu de test en vol sur ce modèle d'avion pour s'assurer que les procédures prévues étaient réalistes.

Au vu des conséquences graves de la défaillance de cette pièce, il reste nécessaire de prendre des mesures fortes afin de juguler sa récurrence et/ou ses conséquences. Le nouveau S/B du constructeur améliore la fiabilité du palier en introduisant une nouvelle conception du roulement. Dans tous les cas, un suivi plus strict des défaillances du palier est nécessaire à l'avenir de façon à en prévenir les effets.

4 - 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.

4.1 Opération aériennes

L'équipage n'était pas assez entraîné à l'application des procédures feu fumée ou de descente d'urgence. Ces procédures ne peuvent pas raisonnablement être simulées en vol. La réglementation européenne en vigueur Air OPS permet l'utilisation de différents types de simulateurs FSTD tandis que celle du Part FCL impose le niveau FFS pour les exercices de descente d'urgence. En raison des coûts prohibitifs, des simulateurs FFS ne sont pas disponibles. Aujourd'hui, des simulateurs fixes FSTD peuvent répondre aux exigences d'entraînement des équipages aux situations d'urgence sur avion HPAC.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'EASA amende les dispositions réglementaires de façon à autoriser dans le cadre FCL l'utilisation de types de simulateurs FSTD inférieurs au niveau FFS lors des entraînements fumée ou descente d'urgence pour les types d'avions Cessna 525B et, d'une façon générale, pour les avions HPA complexes. [Recommandation FRAN-2017-001]**

Lorsque la fumée a envahi le poste de pilotage, le CdB a perdu ses lunettes et son casque en tentant de mettre son masque. En raison de l'urgence absolue à descendre, il n'a pas perdu de temps à mettre les lunettes de secours. Le copilote n'a pas non plus mis ses lunettes et ses yeux ont piqué après l'incident. En situation d'urgence, il est difficile de mettre rapidement en place à la fois un masque de protection et des lunettes de protection lors de l'apparition de fumées dans le poste de pilotage. Un masque intégral permet de gagner du temps, est plus facile à installer et protège mieux les membres d'équipage. Une recherche dans la base de données de rapports d'événements de la DGAC fait apparaître des déclarations d'équipages relatives à la difficulté d'utilisation de masques avec des lunettes séparées.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'EASA en coopération avec la FAA étudie l'expérience en service de l'utilisation de masques avec lunettes séparées par rapport à l'utilisation de masques intégraux, et qu'elle en tire des conclusions sur l'intérêt d'imposer l'emport de masque intégral dans des avions de type HPA principalement destinés au Transport Public. [Recommandation FRAN-2017-002]**

4.2. Navigation Aérienne

La situation de l'incident grave imposait d'atterrir au plus vite sans perdre de temps. Pendant l'apparition de fumée, l'équipage n'était pas en mesure d'atterrir sur un aérodrome sans aide extérieure. L'équipage est revenu au Bourget sans qu'il ne soit certain d'y arriver en sécurité. Il n'est pas prévu dans la fiche réflexe au CRNA Nord que les contrôleurs proposent d'informer les équipages sur les aérodromes les plus proches en situation d'urgence tout en laissant ces derniers prendre la décision de la conduite du vol.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DSNA s'assure que, en cas de déclaration de "MAYDAY", les contrôleurs aériens informent systématiquement les équipages de la localisation des terrains environnants et leur demandent s'ils souhaitent une assistance pour atterrir sur l'un d'eux. [Recommandation FRAN-2017-003]**

4.3 Navigabilité

L'enquête a montré qu'une panne récurrente des paliers n°2 des moteurs de type FJ44 sur les moteurs de Cessna 525B conduit à une quantité de fumée en cabine telle qu'elle compromet fortement la possibilité pour l'équipage de conserver la maîtrise du vol. Ceci est en contradiction avec le paragraphe 23-1111, qui indique que « *une contamination dangereuse de systèmes à air d'habitacle ne peut pas résulter de défaillances du système de lubrification du moteur* ».

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la FAA revoie la conformité au 23-1111 du Cessna 525B [Recommandation FRAN-2017-004]**

Et que, dans l'attente de cette mise en conformité :

- **la FAA impose à Williams de modifier les moteurs en service pour supprimer les problèmes de fuites d'huile liées aux paliers des moteurs de type FJ44. [Recommandation FRAN-2017-005]**

L'enquête a montré que l'application complète des procédures prévues par le constructeur en cas de fumée en cabine était complexe et très difficile à appliquer, en cas de densité importante de fumée. Il est probable que ces difficultés auraient été accrues dans le cas d'un pilote seul à bord.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la FAA s'assure que Cessna démontre la robustesse de ses procédures en cas de fumées à bord pour les avions de type Cessna 525 ou équivalent. [Recommandation FRAN-2017-006]**

ANNEXE 1

PROCEDURES CESSNA CITATION EN CAS DE PANNE
MOTEUR OU DE FUMEES

- ○ Le cercle gauche noir s'adresse au pilote assis en place gauche et qui remplit le rôle du Pilote en Fonction (PF)
- ● Le cercle droit noir s'adresse au pilote assis en place droite et qui remplit le rôle du Pilote Non en Fonction (PNF)

3.3.1.2 Panne moteur ou arrêt moteur volontaire

- | | |
|--|------------------------------|
| ● ● MANETTES DE POUSSEE (MOTEUR MORT)..... | OFF |
| Les deux membres d'équipage vérifieront qu'il s'agit de la bonne manette et agiront sans aucune précipitation | |
| ● ○ IGNITION (MOTEUR MORT)..... | NORM |
| ○ ● ENGINE SYNC..... | OFF |
| ● ○ GENERATRICE (MOTEUR MORT)..... | OFF |
| ○ ● CHARGE ELECTRIQUE..... | REDUITE |
| Le PNF veille à ne pas dépasser la charge maximale admissible qui est de 300 A | |
| ● ○ FUEL TRANSFER..... | A LA DEMANDE |
| ► SI UN FEU SE DECLARE : | |
| ● ● BOUTON ENGINE FIRE..... | SOULEVER LE CACHE ET APPUYER |
| ● ○ ATTERRISSAGE..... | LE PLUS VITE POSSIBLE |
| Se référer ensuite à la Check List « APPROCHE & ATTERRISSAGE MONOMOTEUR » | |
| ► SI LES CONDITIONS SONT GIVRANTES : | |
| ● ○ WING XFLOW..... | ON WING XFLOW |
| Note | |
| . Le switch WING/ENGINE ANTI ICE peut rester sur OFF. En sélectionnant WING XFLOW, on permet d'alimenter les ailes du côté du moteur mort en air de dégivrage. | |
| . A une altitude élevée, il peut s'avérer nécessaire d'augmenter la puissance afin de maintenir la pressurisation | |
| ● ○ ANTI-GIVRAGE WING/ENG (MOTEUR VIF).... | ENG ON OU WING/ENG |
| ● ○ DEGIVRAGE TAIL DEICE..... | A LA DEMANDE |
| ● ○ WINDSHIELD ANTI-ICE..... | A LA DEMANDE |
| QUITTER LES CONDITIONS GIVRANTES DES QUE POSSIBLE | |

3.3.2.2 Odeur ou fumée provenant du système de conditionnement d'air

● ● MASQUES A OXYGENE.....	POSES 100 % 02 ET EMER
● ● SELECTION DES MICROS.....	MIC OXY MASK

NOTE

Le port de casques ou casquettes peut empêcher la pose rapide des masques à oxygène

● ● LUNETTES ANTI FUMEE.....	MISES SI NECESSAIRE
● ○ OXYGEN CONTROL VALVE.....	MANUAL DROP
○ ● OXYGENE PASSAGERS.....	MASQUES TOMBES
Le PNF vérifie ici que les masques à oxygène des passagers sont tombés et que ceux-ci reçoivent l'oxygène.	
● ○ CONSIGNES PAX.....	PASS SAFETY
○ ● AIR CONDITIONNE.....	OFF
○ ● DEFOG FAN.....	OFF
○ ● AIR SOURCE SELECT.....	LH
Le PNF essaie ainsi d'identifier la provenance de la fumée ou de l'odeur en ne sélectionnant qu'un des 2 moteurs pour alimenter la cabine en air. Le PNF veille à attendre que ce changement ait le temps d'être effectif, s'il doit l'être	
► SI LA FUMEE OU L'ODEUR NE SE DISSIPE PAS :	RH
○ ● AIR SOURCE SELECT.....	On attendra quelques minutes.
► SI LA FUMEE OU L'ODEUR NE SE DISSIPE TOUJOURS PAS :	
● ○ ALTITUDE.....	DESCENDRE, OU DESCENTE D'URGENCE SI LA SITUATION LE NECESSITE
Le PF descendra jusqu'à 10 000 ft ou à l'altitude sécurité du secteur, si celle-ci est supérieure à 10 000 ft en prenant garde de vérifier l'altitude de sécurité du secteur suivant.	
○ ● AIR SOURCE SELECT.....	FRESH AIR
A la suite de cette manipulation, la cabine va dépressuriser. On n'alimentera donc plus la cabine en air avec les moteurs ce qui devrait permettre de stopper l'arrivée de la fumée, et de dissiper la fumée déjà présente par le fait de dépressuriser qui va faire sortir la fumée.	
Si nécessaire, le PNF pourra se référer à la Check-List « Dispersion de la fumée ».	

3.3.2.3 Dispersion de la fumée

● ● MASQUES A OXYGENE.....	POSES 100 % 02 ET EMER
● ● SELECTION DES MICROS.....	MIC OXY MASK

NOTE

Le port de casques ou casquettes peut empêcher la pose rapide des masques à oxygène

● ● LUNETTES ANTI FUMEE.....	MISES SI NECESSAIRE
● ○ OXYGEN CONTROL VALVE.....	MANUAL DROP
○ ● OXYGENE PASSAGERS.....	MASQUES TOMBES
Le PNF vérifie ici que les masques à oxygène des passagers sont tombés et que ceux-ci reçoivent l'oxygène.	
● ○ CONSIGNES PASSAGERS.....	PASS SAFETY
○ ● AIR CONDITIONNE.....	OFF
★ SI UNE ALIMENTATION DC NORMALE EST FOURNIE	
○ ● CABIN DUMP.....	DUMP
L'altitude cabine ne dépassera pas 15 000 ft environ avec AIR SOURCE SELECT sur L / R ou BOTH	
● ○ DESCENTE D'URGENCE.....	SELON NECESSITE
Se référer à la Check List « Descente d'Urgence » ATTERRIR DES QUE POSSIBLE	

NOTE

Le voyant BAGGAGE SMOKE peut s'allumer si de la fumée ou autre contaminant pénètre dans le compartiment bagage arrière lors de sa sortie de la cabine.

* SI ALIMENTATION NORMALE DC N'EST PAS FOURNIE

● ○ PRESS SYSTEM SELECT MANUAL LEVER.....	UP
Pour obtenir une altitude cabine max	

● ○ DESCENTE D'URGENCE.....	SELON NECESSITE
Se référer à la Check List « Descente d'Urgence » ATTERRIR DES QUE POSSIBLE	

3.3.2.6 Descente d'urgence

● ○ AP TRIM DISC	PRESSE PUIS RELACHE
● ○ MANETTES DE POUSSÉE.....	IDLE
○ ● AEROFREINS..... Le PNF vérifie que le voyant blanc SPD BKR EXTEND est allumé	SORTIS
● ○ ASSIETTE	PIQUER INITIALEMENT DE 7,5°

ATTENTION

SI L'ON SOUPÇONNE UN DOMMAGE DE LA STRUCTURE,
LIMITER LA VITESSE A UNE VALEUR RAISONABLE ET
LIMITER LES MANŒUVRES JUSQU'A CE QUE LE
DOMMAGE PUISE ETRE EVALUE

● ○ VITESSE.....	M_{MO} / V_{MO}
○ ● TRANSPONDEUR.....	7700 AFFICHE
● ○ CONSIGNES PAX.....	PAX SAFETY
○ ● MESSAGE RADIO..... Le PNF prévient l'ATC et obtient les consignes relatives au calage de l'altimètre	EFFECTUE
● ○ ALTITUDE.....	15 000 FT OU ALTITUDE DE SECURITE DU SECTEUR (LA PLUS HAUTE DES DEUX)
● ○ BRIEFING PASSAGERS.....	EFFECTUE
● ○ ATTERRISSAGE.....	LE PLUS VITE POSSIBLE
⇒ SI LES CONDITIONS SONT GIVRANTES : ○ ● ANTI ICE / DE ICE SWITCHES.....	SELON BESOIN