



BEA

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile

Le rapport final

Emmanuel DELBARRE
Ex enquêteur BEA

Le document de référence en matière d'organisation et de rédaction du rapport est :

► Le DOC OACI 9756 partie 4

- **1. RENSEIGNEMENTS DE BASE**
 - **1.1 Déroulement du vol**
 - **1.2 Tués et blessés**
 - **1.3 Dommages à l'aéronef**
 - **1.4 Autres dommages**
 - **1.5 Renseignements sur le personnel**
 - **1.6 Renseignements sur l'aéronef**

- **1.7 Renseignements météorologiques**
- **1.8 Aides à la navigation**
- **1.9 Télécommunications**
- **1.10 Renseignements sur l'aérodrome**
- **1.11 Enregistreurs de bord**
- **1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact**
- **1.13 Renseignements médicaux et pathologiques**
- **1.14 Incendie**
- **1.15 Questions relatives à la survie des occupants**
- **1.16 Essais et recherches**
- **1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion**
- **1.18 Renseignements supplémentaires**
- **1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces**

- **2. ANALYSE**

L'analyse **ne doit pas être une répétition** de la partie 1.

Par ailleurs, **aucun fait nouveau** ne doit figurer dans la section de l'analyse.

L'objectif est d'analyser des points et thèmes particuliers identifié comme **des lacunes de sécurité** survenue de l'accident, mais qui ne **sont pas forcément des causes ou des facteurs contributifs.**

Partie 1 : What happened ?

Partie 2 : Why it happened ?

Exemple de la partie analyse

■ 2.1 Conduite du vol

- 2.1.1 Gestion de l'approche
- 2.1.2 Procédures d'exploitation de la compagnie
- 2.1.3 Cockpit Resource Management (CRM)

■ 2.2 Contrôle de la circulation aérienne

Conscience de la situation

■ 2.3 Aides à la navigation

etc

2.1 Les procédures d'activation des systèmes d'antigivrage

Les procédures décrites dans le FCOM du constructeur, reprises par la compagnie, constituent la base essentielle des procédures opérationnelles que doivent suivre les équipages avant et pendant le vol. Elles sont élaborées initialement par le constructeur à partir des résultats de la certification de l'avion, notamment des essais en vols. Elles peuvent être modifiées, par la suite, en fonction des évolutions réglementaires, opérationnelles, techniques, et des améliorations et leçons tirées de l'analyse d'évènements en service.

Les procédures du FCOM relatives à la protection des moteurs et de la cellule contre le givrage (« Airfoil Ice Protection Operation » et « Engine Anti-Ice on Ground and in Flight ») précisent que des conditions givrantes peuvent exister dès que la température totale (TAT) est inférieure à 6°C et qu'il y a de l'humidité visible dans l'air ou que l'on observe de la formation de glace sur les essuie-glaces ou sur les extrémités du pare-brise.

Cette dernière mention, ainsi que les considérations relatives aux performances, peuvent ainsi inciter certains équipages à considérer que le critère d'accrétion de glace sur les essuie-glaces ou sur les extrémités du pare-brise peut être utilisé à la place du critère d'humidité visible. Ils peuvent être ainsi conduits à apprécier le risque de givrage de façon réactive.

Les informations rapportées par deux compagnies majeures possédant une grande expérience des MD80 montrent que certains équipages n'activent pas les systèmes antigivrage en conditions d'humidité visible, en l'absence de signes visibles de givrage. D'autres rapports indiquent que le givrage des capteurs Pt2 peut se produire en dehors de conditions d'humidité visible.

2.2 Approche et récupération du décrochage

Lors de la phase initiale de diminution de vitesse, le pilote automatique n'a pas de protection pour empêcher la vitesse de descendre en dessous d'une vitesse garantissant une marge suffisante par rapport au décrochage. La récupération de cette diminution initiale de vitesse dépend donc de la surveillance attentive de ce paramètre par l'équipage et d'une prise en compte des indications visuelles ou sonores fournies : anémomachmètres, indicateur Fast / Slow des PFD, affichage MACH ATL sur les FMA et avertisseur sonore du PHR.

L'étude des évènements similaires d'approche du décrochage sur avions de type MD80 montre que ces barrières de sécurité peuvent être franchies. En effet, plusieurs de ces équipages n'avaient pas conscience de la situation dégradée du vol avant le déclenchement des avertisseurs de décrochage.

Sur avions de type MD80, si la vitesse continue de diminuer, le buffet et le vibreur de manche permettent d'avertir l'équipage de l'approche du décrochage et constituent les dernières barrières de sécurité avant le décrochage, l'alarme de décrochage étant conçue comme un dispositif supplémentaire d'aide à la reconnaissance du décrochage.

Les données d'essais en vol de décrochage en haute altitude montrent que le buffet et le vibreur de manche apparaissent avec une faible marge par rapport au décrochage, inférieure au critère de 7% préconisé par les exigences de certification. Il n'a pas été possible de déterminer ce qui a permis de justifier l'acceptation de cette faible marge .

La récupération de la situation repose donc sur une réaction prompte et appropriée de l'équipage à leur activation, avec notamment la déconnexion du pilote automatique et de l'auto-manette.

En l'absence de déconnexion du pilote automatique, celui-ci cherche à maintenir sa cible. S'il est en mode de maintien d'altitude comme c'est le cas en croisière, le pilote automatique donne des ordres à cabrer contraires à ceux nécessaires pour récupérer le décrochage. Après le déclenchement des avertisseurs de décrochage, de tels ordres, en maintenant l'assiette de l'avion et en augmentant l'incidence et la position à cabrer du PHR, aggravent rapidement la situation, et la difficulté de récupération pour l'équipage. En effet, ces ordres à cabrer masquent ou retardent la survenue d'une abatée qui constituerait pour l'équipage l'ultime signe de l'entrée dans le décrochage, et impose pour récupérer le décrochage une action à piquer plus forte et maintenue dans la durée. Le FOB publié par Boeing indique que l'avion peut ralentir jusqu'à l'alarme de décrochage avant que le pilote automatique ne se déconnecte. Il ne précise pas en revanche que le pilote automatique peut continuer à donner des ordres à cabrer après l'alarme de décrochage et n'indique pas les conséquences de ce comportement en terme de détection et récupération du décrochage.

Approche et récupération du décrochage (suite)

L'équipage n'était pas entraîné à reprendre immédiatement un pilotage manuel et effectuer la procédure de récupération y compris sous l'effet de surprise. Au contraire, les pilotes de l'opérateur étaient entraînés à ce type d'exercice en provoquant eux-mêmes l'approche du décrochage et le décrochage par déconnexion du pilote automatique, réduction de la poussée et action manuelle sur la commande du PHR. De plus les particularités du MD80 relatives au déclenchement tardif des avertisseurs de décrochage en croisière et l'absence de déconnexion automatique de l'AP ne sont pas suffisamment portées à la connaissance des opérateurs et ne sont pas intégrées dans les programmes d'entraînement des équipages.

Or, en croisière, les facteurs suivants pourraient expliquer l'absence de déconnexion manuelle immédiate du pilote automatique en réaction au déclenchement des avertisseurs de décrochage :

- en cas d'effet de surprise, la volonté de comprendre la situation avant d'effectuer la procédure de récupération, considérant que l'altitude élevée de l'avion et l'engagement du pilote automatique assureraient une certaine sécurité ;
- l'hésitation à reprendre un pilotage manuel inhabituel et peu entraîné dans cette phase de vol.

Le pilote automatique engagé a pu contribuer à l'absence de réaction de l'équipage au déclenchement des avertisseurs de décrochage lors de l'accident.

Les entraînements sont cruciaux en matière de décrochage car un équipage de ligne au cours de sa carrière est très peu exposé à l'approche du décrochage et encore moins au décrochage lors d'un vol réel. La date du dernier entraînement de l'équipage à l'approche du décrochage et à sa récupération n'a pu être établie. Elle est en tout état de cause antérieure à leur arrivée chez Swiftair. Elle n'était donc pas récente.

3 . CONCLUSIONS

○ 3.1. Faits établis par l'enquête

- Il convient d'indiquer ici tous les faits établis, c'est-à-dire **les situations, les événements ou les circonstances importantes du point de vue de la séquence de l'accident**. Les faits établis sont des étapes importantes de la séquence de l'accident, mais ils n'en sont **pas nécessairement la cause, ni une indication de carence**. Ils montrent parfois des situations existant avant l'accident, mais qui sont parfois essentiels pour comprendre ce qui s'est passé. **Ces faits doivent être présentés dans un ordre logique, normalement chronologique.**
- Tous les faits établis doivent être appuyés par les renseignements de fait et l'analyse et ils doivent avoir un lien direct avec ceux-ci. **Aucun nouveau renseignement de fait ne doit figurer dans les faits établis.**

Rédaction Rapport OACI

Exemples de faits établis (Accident EC-LTV)

- L'avion a décollé de Ouagadougou à destination d'Alger sans problème technique connu avec 116 personnes à bord.
- L'équipage détenait les licences et qualifications nécessaires pour effectuer le vol.
- L'avion avait un certificat de navigabilité en état de validité.
- La masse et le centrage de l'avion se trouvaient à l'intérieur des limites opérationnelles.
- La situation météorologique était conforme à celle que l'on peut rencontrer à cette période de l'année dans la zone de convergence intertropicale.
- Lors de la montée au FL 310, l'équipage a fait des altérations de cap pour éviter des zones nuageuses qui l'ont amené à passer en bordure d'un système nuageux convectif.
- La route choisie l'a amené à évoluer dans une zone où la présence des cristaux de glace était probable.

Suite (Accident EC-LTV)

- Les systèmes d'antigivrage n'ont pas été activés durant la montée et les phases de croisière durant lesquelles l'auto-manette était en mode MACH ATL.
- A la mise en palier, le pilote automatique est passé en mode de maintien d'altitude et de cap tandis que la vitesse était contrôlée par l'auto manette en mode MACH.
- Les valeurs d'EPR du moteur droit puis du moteur gauche sont devenues erronées vraisemblablement à la suite de l'obstruction des capteurs de pression Pt2 par des cristaux de glace.
- Ces valeurs erronées d'EPR ont amené l'auto-manette à limiter la poussée délivrée par les moteurs à un niveau inférieur à la poussée nécessaire pour maintenir le FL310.
- Environ deux minutes après la mise en palier, la vitesse de l'avion a commencé à diminuer.
- Le pilote automatique a compensé la diminution de vitesse en augmentant l'assiette de l'avion pour maintenir l'altitude

◦ 3.2 Causes et facteurs contributifs

- Les **CAUSES** sont définies comme des **actions**, des **omissions**, des **événements**, des **conditions** ou une **combinaison de ces facteurs**, qui **ont mené** à l'accident ou l'incident.
- Les **FACTEURS CONTRIBUTIFS** sont des actions, des omissions, des événements, des conditions ou une combinaison de ceux-ci, qui ont **contribué à la situation** mais qui à eux seuls n'auraient pas été à l'origine l'accident

Exemples de causes (EC-LTV)

- la non activation des systèmes d'antigivrage des moteurs
- l'obstruction des capteurs de pression Pt2, vraisemblablement par des cristaux de glace, engendrant des valeurs erronées d'EPR qui amènent l'auto-manette à limiter la poussée délivrée par les moteurs à un niveau inférieur à la poussée nécessaire pour maintenir le FL310.
- la réaction tardive de la part de l'équipage à la diminution de vitesse et aux valeurs erronées d'EPR, possiblement liée à la charge de travail de l'équipage associée à l'évitement de la zone convective et aux difficultés de communication avec le contrôle aérien.
- l'absence de réaction de la part de l'équipage à l'apparition du buffet, du vibreur de manche et de l'alarme de décrochage
- l'absence d'actions adaptées sur les commandes de vol pour sortir d'une situation de décrochage

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

- L'Annexe 13 stipule que le **seul objectif d'une enquête doit être de prévenir les accidents et incidents**. Pour y arriver, un des outils les plus importants est l'émission en temps utile de **recommandations de sécurité appropriées**.
- Une recommandation de sécurité est définie comme **une proposition formulée par une autorité d'enquête** sur la base d'informations tirées de l'enquête. Une **recommandation de sécurité a pour objet la prévention d'accidents ou d'incidents** et la réduction des conséquences de ces événements.
- Peut être émise **à tout moment durant l'enquête**.
- Pour assurer que les mesures appropriées sont prises, **chaque recommandation de sécurité devrait être adressée à un destinataire précis**.

Ex : DGAC, OACI, FAA, EASA, BOEING, AIRBUS,

4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ (suite)

- Il est souhaitable de faire **précéder** la recommandation **d'un attendu**, permettant de **recadrer l'objet de la recommandation**. Celle-ci peut en effet par la suite être détachée de son contexte.
- L'élaboration de recommandations convaincantes **devrait être fondée sur des renseignements concrets vérifiés, une analyse solide et des conclusions logiques**, de manière à résister aux attaques de ceux qui ont des intérêts contraires.
- Les recommandations de sécurité **seront envoyées aux destinataires compétents**, en leur demandant **d'informer l'autorité émettrice, dans les 90 jours**, des mesures de prévention prises ou envisagées, des mesures prises qui diffèrent des mesures recommandées, ou des raisons pour lesquelles aucune mesure ne sera prise.
- **L'autorité d'enquête émettrice** a obligation, de son côté, de faire connaître au destinataire, **dans les 60 jours** qui suivent la date de réception de sa réponse, **son avis sur la réponse reçue**

Exemple

3.1 Moyens de protection contre le givrage

Selon les procédures actuelles du FCOM, les équipages, bien que sensibilisés aux risques de givrage classique, peuvent ne pas être conscients des signes précurseurs (ou de leur absence) du givrage par cristaux de glace et ignorer la possibilité d'obstruction des capteurs de pression PT2 et ses conséquences en croisière. Du fait de l'impact du système d'antigivrage moteur sur les performances en croisière du MD80, les équipages peuvent être tentés de n'activer le système antigivrage que lorsqu'ils s'attendent à rencontrer des conditions givrantes. Le givrage de la sonde PT2 peut survenir, lorsque les moyens d'antigivrage ne sont pas activés, en l'absence de tout autre signe de givrage sur la cellule, sur les essuie-glaces ou sur les moteurs, même en présence de faibles concentrations de cristaux de glace qui peuvent ne pas être facilement visibles et peuvent ne pas être détectables par le radar météorologique.

Suite

- En conséquence le BEA recommande ;
- que la FAA demande au constructeur d'étudier la faisabilité de la mise en place d'un système antigivrage permanent des capteurs Pt2, indépendant de toute activation par l'équipage des systèmes existants d'antigivrage des moteurs ou de la cellule.
- que dans l'attente de la mise en place d'un tel système, la FAA impose que les procédures du FCOM du constructeur relatives à la protection des moteurs contre le givrage «Engine Anti-Ice on Ground and in Flight » mentionnent les difficultés de détection des cristaux de glace, en particulier la nuit, et définissent clairement les critères associés à l'activation du système antigivrage. Ceci peut nécessiter l'activation systématique de ces systèmes en vol dès que la température totale est inférieure à 6°C, sans tenir compte des critères d'humidité visible ou de signes d'accrétion sur les essuie-glaces.

Suite

3.2 Décrochage en croisière sur les avions de type MD80 et entraînement associé

- Sur MD80 le buffet peut apparaître tardivement et ne pas être perceptible de manière indubitable. Par ailleurs, les systèmes avertisseurs du décrochage tels que le vibreur de manche et l'alarme de décrochage se déclenchent en croisière avec un préavis laissant à l'équipage peu ou pas de temps pour réagir avant l'apparition effective du buffet. D'autre part, le pilote automatique peut rester engagé jusqu'à ce que le décrochage soit effectif et même au-delà, ce qui aggrave alors la situation de décrochage et augmente la difficulté de récupération par l'équipage. Les tests sur simulateur d'entraînement suggèrent que les simulateurs peuvent ne pas être suffisamment représentatifs en ce qui concerne le déclenchement des avertisseurs d'approche de décrochage.

Suite

- En conséquence, le BEA recommande ;
 - que la FAA impose au constructeur d'intégrer dans la documentation mise à disposition des exploitants les particularités du décrochage en croisière sur les avions de type MD80, liées à l'apparition tardive du buffet, du vibreur de manche et de l'alarme de décrochage et à l'absence de déconnexion automatique du pilote automatique après l'alarme de décrochage ;
 -
 - que la FAA et l'AESA imposent que ces particularités des avions de type MD80 soient enseignées lors des qualifications de type et des entraînements récurrents des équipages.

Suite

- que la FAA s'assure que les données mises à disposition par le constructeur Boeing pour la conception des simulateurs de MD80 soient représentatives en ce qui concerne le déclenchement des dispositifs avertisseurs de l'approche du décrochage et l'absence de déconnexion du pilote automatique après le décrochage, en basse altitude et en niveau de croisière

La base de données SRIS

- Toutes les recommandations de sécurité dans l'aviation civile européenne sont enregistrées dans le « Safety Recommendations Information System » (SRIS), la base de données centrale européenne.
- Le SRIS fournit un moyen centralisé et normalisé pour la collecte, le partage, le suivi et l'analyse des recommandations de sécurité résultant des enquêtes sur les accidents et les incidents graves





Merci de votre attention

www.bea.aero