

**Enquête de sécurité à la suite de l'accident survenu le 1<sup>er</sup> juin 2009  
à l'Airbus A330-203, vol AF 447  
Nouvelles recommandations de sécurité**

**Plans de coordination SAR dans les zones maritimes ou désertiques**

Les responsables de la SAR brésilienne ont indiqué qu'ils ne connaissaient pas les moyens des zones SAR voisines et n'ont pas cherché à obtenir d'informations sur le sujet. Contrairement aux normes et pratiques recommandées par l'OACI, il n'existe pas de plan de coordination SAR entre le Brésil et le Sénégal. Cette absence de plan a induit un retard conséquent sur la mise en œuvre du SAR.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'OACI s'assure de la mise en place de plans de coordination SAR ou protocoles régionaux couvrant l'ensemble des zones maritimes ou désertiques pour lesquelles une coordination internationale serait nécessaire dans l'application de procédures SAR, notamment dans la zone Atlantique SUD. [Recommandation FRAN-2012-032]**

**Formation des opérateurs SAR**

Les pratiques observées dans les MRCC montrent que tout doute induit une démarche formalisée de mise en œuvre de la SAR. Bien qu'informés par l'exploitant, les ARCC français n'ont pas entrepris de démarches suffisantes pour formaliser la mise en œuvre de la SAR, se restreignant à leur zone de responsabilité. Les formations suivies par les personnels des ARCC et des MRCC reposent beaucoup sur l'expérience vécue au sein de ces centres. Il n'existe pas de formation spécifique formalisée et commune à la mission SAR.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC, en concertation avec les autres services responsables, développe un cadre homogène de formation et d'agrément des opérateurs chargés des activités de recherche et de sauvetage en France ; [Recommandation FRAN-2012-033]**
- **l'OACI définisse les modalités de formation d'opérateur SAR dans ses normes et pratiques recommandées. [Recommandation FRAN-2012-034]**

**Organisation SAR en France**

L'enquête a montré un manque de coordination au sein des ARCC français. Par ailleurs l'absence d'ARCC central en France a conduit l'exploitant à contacter de multiples organismes et à diffuser des informations capitales à des organismes non compétents SAR. Ces derniers n'ont pas retransmis ces informations (notamment la dernière position de l'avion contenue dans un message ACARS).

Par ailleurs, les MRCC disposent de documents listant les MRCC de tous les pays, leurs points de contact nationaux avec leurs coordonnées, ainsi que les ARCC et JRCC.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC désigne auprès de l'OACI un point de contact des ARCC qui soit doté des moyens suffisants à l'accomplissement de ses missions ; [Recommandation FRAN-2012-035]**
- **l'OACI s'assure de l'existence d'un point de contact national dans chaque Etat membre et de la diffusion de ses coordonnées. [Recommandation FRAN-2012-036]**

#### Le contrôle aérien

L'enquête a montré les limites de l'utilisation de la HF comme moyen de liaison entre le sol et l'avion. Les pertes de liaison étaient courantes dans cette zone, particulièrement le jour de l'accident. Une simulation d'utilisation des fonctions ADS-C et CPDLC a montré que la perte d'altitude aurait généré une alerte sur l'écran du contrôleur de Dakar. Il existe de nombreuses zones dans le monde où la HF reste le seul lien de communication entre un avion et le sol alors que des moyens plus fiables sont disponibles aujourd'hui.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **les autorités brésiliennes et sénégalaises rendent obligatoire l'utilisation, par les avions équipés, des fonctions ADS-C et CPDLC dans les zones concernées ; [Recommandation FRAN-2012-037]**
- **l'OACI demande aux Etats concernés d'accélérer la mise en œuvre opérationnelle de systèmes de contrôle aérien et de communication permettant une liaison permanente et fiable entre le sol et l'avion dans l'ensemble des zones où la HF reste le seul lien de communication entre un avion et le sol. [Recommandation FRAN-2012-038]**

#### La formation et l'entraînement des pilotes

Le pilotage en loi de reconfiguration en longitudinal est en général très proche des sensations et des réponses en loi *normale*. Néanmoins, la sortie du domaine de vol peut être rendue possible, sans ordres longitudinaux de pilotage, par la perte totale des protections en incidence et l'absence de stabilité longitudinale positive. La possible perte de références de vitesses associée constitue sans aucun doute une difficulté de pilotage pour des équipages qui n'y sont pas préparés. La formation n'attire pas suffisamment l'attention des équipages sur l'identification du type de reconfiguration et du niveau de protection et sur la nécessité de surveiller la trajectoire et les paramètres primaires. D'une manière générale, la complexité des avions modernes et leurs spécificités demandent des formations et entraînements adaptés.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA s'assure de l'intégration, dans la qualification de type et dans les programmes d'entraînements périodiques, d'exercices prenant en compte l'ensemble des lois de reconfiguration. L'objectif recherché est d'en faciliter la reconnaissance et la compréhension par les équipages, notamment en ce qui concerne le niveau de protection disponible et les éventuelles différences de caractéristiques de pilotage, y compris aux limites du domaine de vol ; [Recommandation FRAN-2012-039]**

- **l'AESA, plus généralement, s'assure que la qualification de type et les programmes d'entraînement prennent bien en compte les spécificités des aéronefs auxquels ils sont dédiés. [Recommandation FRAN-2012-040]**

Après la déconnexion du pilote automatique alors que l'avion était stable en croisière, plusieurs actions pilote ont significativement dégradé l'énergie cinétique de l'avion. La rapide sortie du domaine de vol n'a pas été anticipée par les pilotes et n'a pas été comprise. En l'absence d'indication de vitesse fiable, la compréhension de la physique globale du vol à haute altitude aurait pu considérablement aider les pilotes à anticiper la dégradation rapide de la situation. Il en va de même pour les phénomènes de survitesse qui ont évolué avec les avions modernes.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA définisse des exigences de formation continue permettant de valider, par des exercices pratiques, l'assimilation de connaissances théoriques notamment sur la mécanique du vol. [Recommandation FRAN-2012-041]**

L'effet de surprise a joué un rôle majeur dans la déstabilisation de la trajectoire et la compréhension de la situation par les deux pilotes. La formation et l'entraînement tels qu'ils sont dispensés aujourd'hui ne permettent pas de promouvoir et de tester les capacités de réaction à l'imprévu. En effet, les exercices sont répétitifs, bien connus des équipages et ne permettent pas d'évaluer les compétences de gestion des ressources en dehors de ce cadre. Tout l'effort investi dans l'anticipation et la prédétermination de réponses procédurales ne doit pas exclure la survenue de situations de « surprise fondamentale » pour lesquelles le système actuel ne génère pas les capacités de réponse indispensables.

L'augmentation rapide de la charge de travail de l'équipage dans une situation inattendue et rare a conduit à la dégradation de la qualité des communications et de la coordination entre les pilotes.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA revoie les exigences de formation initiale, d'entraînement et de qualification des pilotes afin de développer et de maintenir une capacité de gestion des ressources de l'équipage face à la surprise de situations inattendues ; [Recommandation FRAN-2012-042]**
- **l'AESA demande aux exploitants de renforcer la formation CRM pour permettre l'acquisition et l'entretien d'automatismes comportementaux adéquats dans des situations inattendues et rares, de forte charge émotionnelle. [Recommandation FRAN-2012-043]**

L'absence de référentiel et l'hétérogénéité dans les méthodes d'instruction et les critères d'évaluation des instructeurs ne permettent pas d'avoir une évaluation et une comparaison objective des compétences CRM des équipages. Ce manque pourrait toutefois être comblé par l'existence d'un standard d'instruction qui permettrait de mettre en place une évaluation et une comparaison objectives du niveau de CRM des équipages.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA définit des critères de sélection et de maintien de compétences des instructeurs qui permettraient d'atteindre un niveau élevé et standardisé d'instruction. [Recommandation FRAN-2012-044]**

#### **Amélioration des simulateurs de vol et des exercices**

L'équipage du vol AF 447 n'a pas associé la disparition des informations de vitesse et les messages ECAM à la procédure « vol avec IAS douteuse ». Les trois membres d'équipage avaient effectué leur entraînement selon un scénario connu au simulateur. Cependant les limitations techniques du simulateur, dont la représentativité est satisfaisante dans la plupart des cas, ne permettent pas de simuler certaines situations anormales.

Le contexte démonstratif de la méthode pédagogique ne permet pas à l'équipage de réaliser l'influence de l'effet de surprise généré par les alarmes ni, le cas échéant, des actions réflexes inappropriées sur les commandes qui peuvent être engendrées.

Ces limitations techniques, conjuguées à l'absence d'outils pédagogiques spécifiques ne garantissent pas une assimilation et un maintien des connaissances adéquats permettant d'éviter, identifier et récupérer une telle situation.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA fasse évoluer les bases règlementaires afin d'assurer une meilleure représentativité des simulateurs pour la reproduction réaliste des scénarios de situations anormales ; [Recommandation FRAN-2012-045]**
- **l'AESA s'assure de l'introduction dans les scénarios d'entraînements des effets de surprise afin d'entraîner les pilotes à faire face à ces phénomènes et à travailler sous une forte charge émotionnelle. [Recommandation FRAN-2012-046]**

#### **Ergonomie**

L'équipage n'a pas désactivé les directeurs de vol et n'a annoncé aucun changement de mode FMA. Il n'est pas certain qu'il ait perçu les apparitions et disparitions des barres de tendance du directeur de vol. Il est probable que l'équipage n'avait pas connaissance des changements de mode lorsque le directeur de vol redevenait actif, la lecture et l'assimilation des affichages au FMA dans des conditions dynamiques et de stress n'étant pas instinctives ou naturelles. Il semble qu'exiger une action de l'équipage pour réengager cet automatisme procurerait d'une part une cohérence avec le pilote automatique et l'autopousée, et d'autre part inciterait à vérifier les modes et la cohérence des ordres présentés au moment du réengagement.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA impose de revoir les logiques de réaffichage et de réengagement des directeurs de vol après leur disparition, notamment de revoir les conditions dans lesquelles une action de l'équipage serait nécessaire pour les réafficher. [Recommandation FRAN-2012-047]**

De plus, même s'il n'est pas certain que l'équipage ait suivi les ordres du directeur de vol alors que l'alarme de décrochage était active, les ordres des barres de tendance étaient contradictoires avec les actions à appliquer dans cette situation et ont donc pu perturber l'équipage.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA impose de revoir la logique de fonctionnement ou d'affichage du directeur de vol afin qu'il disparaisse ou présente des ordres adaptés lorsque l'alarme de décrochage se déclenche. [Recommandation FRAN-2012-048]**

Les messages de panne successivement affichés sur l'ECAM n'ont pas permis à l'équipage de faire un diagnostic rapide et efficace de la situation dans laquelle l'avion se trouvait, en particulier de l'obstruction des sondes Pitot. Il n'a jamais été en mesure de faire le lien entre les messages qui sont apparus et la procédure à appliquer, alors que la lecture de l'ECAM et des messages doit faciliter l'analyse de la situation et permettre d'organiser le traitement des pannes. Plusieurs systèmes avaient pourtant identifié l'origine du problème mais n'ont généré que des messages de panne relatifs aux conséquences sur eux-mêmes.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA étudie la pertinence qu'un avertissement spécifique soit fourni aux équipages lorsque des surveillances se déclenchent, afin de faciliter la compréhension de la situation. [Recommandation FRAN-2012-049]**

L'alarme de décrochage est décrite comme étant la combinaison de l'alarme sonore, de l'illumination du voyant Master Warning au FCU et de l'indication sur le bandeau de vitesse que représente la bande rouge et noire VSW. Cependant, l'allumage du voyant Master Warning a généralement une origine différente. En l'absence de la bande rouge et noire VSW sur le bandeau de vitesse, le seul élément présentant des caractéristiques de clarté et d'absence d'ambiguïté indiquant l'approche du décrochage est l'alarme sonore. Une information symbolique visuelle combinée à l'alarme sonore sur un avion dans lequel la vue est très sollicitée permettrait sans doute d'améliorer sa perception.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA détermine des conditions dans lesquelles, à l'approche du décrochage, la présence d'une indication visuelle dédiée, combinée à l'alarme sonore, doit être rendue obligatoire, [Recommandation FRAN-2012-050]**

Lorsque toutes les vitesses mesurées sont inférieures à 60 kt, l'alarme de décrochage n'est plus disponible alors qu'il pourrait s'avérer bénéfique de toujours en disposer.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA impose de revoir les conditions de fonctionnement de l'alarme de décrochage en vol lorsque les mesures de vitesse sont très faibles. [Recommandation FRAN-2012-051]**

### Retour d'expérience opérationnel et technique

L'enquête a montré que la certification de l'avion ne permet pas d'identifier tous les risques opérationnels, et que de surcroît il n'existe pas d'analyse opérationnelle et facteurs humains obligatoire des événements en service (à l'image du suivi de navigabilité). L'AESA conduit actuellement des travaux (OSD) visant à faire définir par le titulaire du certificat de type de l'avion son programme minimum d'entraînement associé, à partir de risques opérationnels identifiés par les exploitants et le constructeur à la suite d'événements en service.

Le retour d'expérience en service est un pré-requis essentiel dans le processus d'amélioration de la sécurité des vols. Force est de constater que les rapports rédigés par les équipages lors d'événements ne font pas toujours apparaître leur gravité ni tous les éléments d'appréciation opérationnelle. Ceci rend aléatoire la préservation des éléments indispensables pour mener une enquête et donc difficile pour l'exploitant, le constructeur et les autorités d'évaluer les menaces et les risques associés et de faire une analyse exhaustive permettant d'en tirer les mesures appropriées.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'AESA améliore les processus de retour d'expérience en rendant obligatoire une analyse opérationnelle et facteurs humains des événements en service afin de faire évoluer les procédures ainsi que les contenus des formations ; [Recommandation FRAN-2012-052]**

et, en particulier,

- **la DGAC prenne des dispositions visant à améliorer la pertinence et la qualité des comptes rendus d'incidents rédigés par les équipages et de leur diffusion, notamment vers le constructeur. [Recommandation FRAN-2012-053]**

### Surveillance de l'exploitant

Les contrôles au sol et en vol effectués par l'Autorité au sein de la compagnie n'ont jamais mis en évidence d'écarts majeurs que ce soit sur la conformité réglementaire de l'exploitant, sur les ECP ou bien en vol. Ainsi, l'ensemble des contrôles n'a pas permis de mettre en évidence la fragilité des CRM et les faiblesses en pilotage manuel des deux copilotes. Bien que respectant les exigences réglementaires applicables à la surveillance, il semble que l'organisation, les méthodes et les moyens de l'autorité ne soient pas adaptés pour déceler les faiblesses d'un exploitant et imposer les mesures correctives nécessaires.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **la DGAC revoie son organisation en matière de surveillance de façon à en améliorer la cohésion et l'efficacité en particulier pour les contrôles en vol ; [Recommandation FRAN-2012-054]**
- **la DGAC s'assure de l'adéquation des conditions de recrutement, de formation et d'emploi de l'ensemble des inspecteurs à l'exercice de leurs fonctions. [Recommandation FRAN-2012-055]**

### Largage de bouées de mesure de dérive

Le largage de bouées de mesure de dérive par les premiers moyens aériens arrivés sur zone aurait permis de mieux comprendre la dérive des débris flottants dès les premières heures. Cela aurait pu faciliter la modélisation des courants et ainsi les calculs de rétro-dérive pour estimer avec une meilleure précision la localisation du site.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'OACI amende l'Annexe 12 relative aux recherches et secours afin d'inciter les Etats contractants à doter leurs unités de recherches aériennes de bouées de mesure de dérive et à les larguer, lorsque ces unités sont impliquées dans la recherche de personnes disparues en mer. [Recommandation FRAN-2012-056]**

*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.*