

## Pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'approche lors de la remise de gaz

- Note de synthèse -

### INTRODUCTION

Vers la fin des années 2000, le BEA a observé qu'un certain nombre d'accidents ou d'incidents graves en transport public aérien était lié à une perte de contrôle de la trajectoire pendant ou à l'issue d'une remise de gaz (RDG) en phase d'approche. D'autres événements mettaient en évidence une gestion inadéquate de la relation assiette / poussée par l'équipage alors que le mode de RDG n'était pas engagé mais que l'avion était proche du sol et que l'équipage cherchait à s'en éloigner.

De plus, ces événements constatés, dénommés PARG, semblaient présenter des caractéristiques communes telles que la surprise, le phénomène de focalisation excessive d'au moins un membre d'équipage, la faible communication entre membres d'équipage, et la difficulté à gérer les automatismes.

Une étude a donc été lancée afin de :

- déterminer si ce type d'événements était lié à un type d'aéronef en particulier ;
- lister et analyser les facteurs communs entre ces événements ;
- proposer des axes de prévention.

Une quinzaine d'organismes internationaux représentant un large éventail de compétences en matière de sécurité aérienne ont été invités à participer à l'étude.

Le rapport final est publié sur le site internet du BEA. Il comporte 34 recommandations.

### METHODOLOGIE

L'étude s'est attachée à évaluer la robustesse du modèle de sécurité relatif à la remise de gaz en utilisant quatre approches complémentaires.

#### **1. Etude statistique**

Vingt et un événements de type PARG ont été sélectionnés parmi plus de vingt mille provenant des bases de données de l'OACI, du BEA, du NTSB, du TSB et de la FAA. Ils concernent principalement des avions de type Boeing et Airbus.

Environ 4 % des accidents de transport public ayant fait des victimes durant les 25 dernières années était de type PARG. Mais en 2009 et 2010 ce taux est monté plus de 20 %.

Ces événements sont assez peu fréquents mais leurs conséquences sont graves.

#### **2. Sélection d'événements**

Seize accidents ou incidents caractéristiques de ceux trouvés dans l'étude statistique ont été étudiés.

Ces événements ne concernent que des avions bi-réacteurs à l'exception d'un quadri-réacteurs. Ils se produisent avec tous les moteurs en fonctionnement, sauf dans un cas. A l'exception de deux événements, de très larges excursions en vitesse et en assiette, et donc en vitesse ascensionnelle et en altitude, sont notées.

Lors de tous ces événements, un élément perturbateur intervient dès la mise en poussée et induit des manœuvres potentiellement dangereuses. Il peut être amplifié par d'autres facteurs et engendrer une surprise pour l'équipage.

Les rapports mettent en évidence les facteurs suivants :

- la faible visibilité extérieure ;
- la surveillance insuffisante du PM (pilote chargé du « monitoring ») ;
- le fort et rapide couple cabreur des moteurs, à faible vitesse ;
- le fonctionnement inattendu ou « oublié » du PA et/ou du trim de profondeur ;
- la prise en compte des sensations parasites inertielles (illusions somatograviques) ;
- la focalisation de l'attention ;
- les difficultés de lecture du FMA ;
- le rôle perturbateur de l'ATC ;
- le défaut de CRM ;
- l'engagement de mode incorrect durant la remise de gaz.

### **3. Sondage**

Un sondage a été diffusé auprès de pilotes de compagnies françaises et britanniques. L'objectif était de :

- mieux appréhender les éventuelles difficultés liées à la RDG ;
- recueillir leurs témoignages sur leurs expériences de RDG en ligne et au simulateur ;
- déterminer, si statistiquement, des facteurs contributifs pouvaient être mis en évidence.

De nombreux témoignages font ainsi directement écho aux mêmes facteurs et révèlent les mêmes précurseurs que ceux apparus lors des enquêtes sur les événements de type PARG, mais que ces enquêtes ont du mal à prouver par manque de données factuelles, notamment à la suite d'un accident.

### **4. Oculométrie et séances de simulateurs**

Une série de séances de simulateurs a été effectuée afin de :

- valider les hypothèses issues des données factuelles recueillies par l'étude ;
- augmenter l'échantillon de données et avoir accès à des données complémentaires non disponibles dans les rapports d'incidents ou par le biais d'entretiens ;
- comprendre le processus de déclenchement des dysfonctionnements grâce notamment à l'étude du circuit visuel des deux membres d'équipage.

Toutes les séances ont été filmées. Des caméras HD ont été utilisées. Les deux membres d'équipage portaient un système oculométrique.

Les simulations se sont déroulées sur des simulateurs FFS d'entraînement B 777 et A 330.

Les résultats sont visibles en vidéo sur le site du BEA et dans le rapport.

Ils mettent évidence principalement :

- la charge de travail plus élevée du PM par rapport au PF (pilote en fonction) et l'inhomogénéité du circuit visuel du PM ;
- une charge de travail élevée lorsque le temps manque et qu'un effet de surprise survient lors de la remise de gaz ;
- les difficultés liées aux automatismes et aux lectures et compréhension du FMA ;
- l'influence de l'ATC lorsqu'il donne une clairance s'écartant de la procédure publiée ;
- la difficulté d'appliquer la procédure de remise de gaz ;
- des focalisations excessives, notamment sur le panneau de commande du pilote automatique.

## **ANALYSE**

### **1. Scénario général**

Un événement de type PARG est une remise de gaz caractérisée par une perte de contrôle de la trajectoire en RDG. Cette perte de contrôle résulte d'une perte de conscience de la situation par l'équipage amenant l'avion à avoir de larges excursions en assiette longitudinale et en vitesse. L'assiette présente souvent des écarts importants par rapport à ceux recommandés par les SOP et les vitesses sont souvent proches des VFE, voire supérieures.

La trajectoire initiale de la RDG est souvent ascendante puis, progressivement et sans réaction évidente de l'équipage, elle devient descendante et aboutit soit à un incident grave, soit à un accident.

La plupart des événements de type PARG concernent des avions biréacteurs. En fin de vol, ils sont légers et présentent un rapport poussée / poids très élevé.

Les RDG de type PARG sont souvent associées à un élément perturbateur qui surprend l'équipage avant ou lors de la mise en poussée (ex : contraintes ATC imprévues, engagement d'automatismes non conformes à une RDG, environnement météorologique défavorable). Les équipages se retrouvent ainsi confrontés à une situation où ils doivent effectuer un nombre élevé d'actions cruciales (rentrée des trains, gestion de la trajectoire...) sous une très forte pression temporelle. Ces RDG sont généralement effectuées en manuel. Toutefois, certains des *scenarii* montrent que l'équipage peut engager le PA dans un mode inadapté.

Les collisions ou quasi-collisions avec le sol se produisent généralement moins d'une minute après le début de la remise de gaz.

Par ailleurs, dans la majorité des accidents de type PARG, le CRM entre les membres d'équipages - qui généralement ne faisait pas l'objet de remarques particulières dans les phases préalables à la RDG - devient inopérant au moment de la remise des gaz. Le manque de surveillance du PM est un autre facteur commun identifié.

## **2. Cas particulier des remises de gaz avec le réglage du trim proche de la butée à cabrer**

Certains incidents graves ou accidents de type PARG sont caractérisés par une perte de contrôle de l'aéronef. En amont, l'approche finale est généralement effectuée sous PA. A la suite d'un événement particulier (par exemple le désengagement de l'auto-manette ou de l'auto-poussée, une erreur de sélection de vitesse ou d'altitude) la vitesse diminue. Le système automatique compense alors cette perte de vitesse par un braquage progressif du PHR à cabrer jusqu'à ce que le PA se désengage et/ou que l'alarme de décrochage se déclenche.

L'équipage effectue une RDG à faible énergie. L'assiette augmente vers des valeurs excessives en raison de l'application de la pleine poussée alors que la position du trim est proche de la position plein cabré et que l'avion a une vitesse initiale faible. Lorsque la gestion automatique du trim n'est pas ou plus disponible, l'action sur le manche / volant en butée à piquer ne permet pas de contrer le couple cabreur généré par la poussée maximale conjuguée à une position du trim plein cabré. L'assiette et l'incidence continuent alors à augmenter jusqu'au décrochage. Les actions qui ont permis à de rares équipages de récupérer le contrôle de l'avion avant le décrochage ont été une diminution de la poussée pendant la RDG puis une action sur le trim à piquer.

## **3. Définition de la problématique**

Les conditions relatives aux événements de type PARG sont difficiles à détecter et corriger par les équipages. Il existe toutefois plusieurs facteurs causaux et contributifs communs. Les séances de débriefings sur simulateur et l'analyse du sondage montrent que les pilotes effectuent peu de RDG réelles dans leur carrière. La gestion de la RDG peut ainsi entraîner de nombreuses erreurs. Lors des entraînements périodiques, les équipages sont formés en simulateur avec des scénarii peu représentatifs du phénomène PARG et souvent en condition monomoteur (i.e. panne moteur). Or, les événements de type PARG se sont pratiquement toujours produits alors que tous les moteurs fonctionnaient.

L'équipage débute la RDG par une prise d'assiette suivie de l'application de la pleine poussée. L'accélération due à cette rapide et importante augmentation de poussée peut créer la sensation d'une prise d'assiette trop élevée. En l'absence de références visuelles extérieures et de surveillance visuelle des instruments, une illusion somatogravique peut amener le PF à diminuer l'assiette de l'avion vers des valeurs inadaptées. Ces illusions sont méconnues en pratique par les équipages et les simulateurs actuels ne permettent pas de les recréer pour entraîner les pilotes à les reconnaître.

La gestion des automatismes est également source de difficultés. L'engagement de modes initiaux différents de ceux attendus pour la RDG, lorsqu'ils ne sont ni annoncés ni vérifiés, amène l'avion à suivre une trajectoire non voulue. Ainsi, en plus de la lecture du FMA, la surveillance des paramètres primaires – assiette et poussée – est une garantie pour l'équipage de s'assurer que les automatismes conduisent l'avion sur une trajectoire ascendante lors de la RDG.

La succession des changements de mode est difficile à détecter, à annoncer et à vérifier lors de la RDG. La pression temporelle combinée aux capacités cognitives limitées de l'être humain est la problématique majeure des PARG. L'équipage doit réaliser un grand nombre d'actions et de vérifications croisées en un temps réduit. La surcharge cognitive induite peut empêcher la détection d'écarts éventuels à la fois par le PF qui est principalement concentré sur le PFD et par le PM qui assure un ensemble de tâches différentes qui dispersent son attention. Ainsi, un écart, même important de paramètre ou de trajectoire, peut ne pas être détecté par l'équipage.

Dans les événements de type PARG, le PM a un rôle primordial et une charge de travail soudaine, élevée et supérieure à celle du PF. Elle est de surcroît difficile à ordonner et gérer. Toute déficience dans sa tâche de surveillance peut avoir des conséquences catastrophiques.

Dans les conclusions des rapports d'accidents, l'absence de CRM apparaît souvent comme un facteur contributif. Pourtant, le CRM fonctionne souvent nominalement et ne fait pas l'objet de remarques majeures avant que n'intervienne un élément perturbateur à l'issue ou pendant la RDG. De même, lorsqu'il s'agit d'un incident, le CRM fonctionne de nouveau après que l'équipage a repris le contrôle de la trajectoire.

L'analyse des incidents et accidents, les résultats des séances en simulateur et les données du sondage montrent qu'il ne faut pas se limiter à simplement attribuer à l'équipage l'absence de suivi des principes du CRM. Il est nécessaire de trouver des moyens supplémentaires afin d'aider les équipages à retrouver une synergie. Cette « absence de CRM » semble, à l'heure actuelle, être une conséquence normale lorsqu'existe une situation associant surprise, surcharge cognitive, pression temporelle et stress élevé. L'évaluation de la perte de conscience de la situation devrait donc faire l'objet de mesures aussi bien dans la formation qu'au niveau des règlements de certification de l'avion.

A cela s'ajoute la prise en compte des contraintes ATC :

- les trajectoires peuvent être différentes de celles publiées dans la procédure préparée lors de l'approche ;
- les performances des avions sont peu compatibles avec certaines procédures de RDG publiées.

Dans tous les cas, l'absence de prise en compte de notion de stabilisation de la trajectoire de RDG peut accroître les difficultés pour les équipages.

Ainsi, la réussite d'une RDG nécessite de donner du temps aux équipages pour la réaliser et également de simplifier leurs actions.

Par ailleurs, que ce soit pour la détermination des circonstances d'un accident, la discussion à l'issue d'une séance de simulateur ou pour l'évaluation des capacités de surveillance des membres d'équipages, l'utilisation d'un enregistreur vidéo s'avère être un outil indispensable pour éviter toute erreur d'analyse (biais de rétrospection) lors de l'enquête.

Enfin se pose la problématique de la fatigue en fin de vol long courrier qui peut jouer un rôle dans la décision, car les équipages sont dans un aspect psychologique les incitant à vouloir atterrir et ne pas effectuer de remise de gaz, et celle de la réalisation de la remise de gaz.

## CONCLUSION

L'étude PARG a donc mis en perspective de nombreux facteurs qui étaient disséminés au sein de plusieurs enquêtes de sécurité et en a confirmé certains. Mais cette mise en commun de facteurs a également fait ressortir de nouveaux facteurs contributifs qui n'avaient jamais été prouvés auparavant. En utilisant des métadonnées, l'étude a été menée comme une enquête de sécurité majeure et a contribué à infirmer en partie certains éléments d'analyse qui faisait peser sur l'équipage une part excessive dans la causalité des accidents.

En s'appuyant sur l'analyse du modèle de sécurité, elle a pu montrer que ce dernier n'était pas assez robuste et qu'il fallait le renforcer. De nombreuses recommandations ont donc été formulées, d'autant mieux étayées qu'elles prennent en compte un nombre élevé d'accidents et que l'étude a associé un très grand nombre d'acteurs.