

***Accident du vol Air France 447  
Rio de Janeiro – Paris  
1er juin 2009***

**Les 4 dernières minutes du vol**

**Par Christian ROGER  
*jumboroger@orange.fr***

**Commandant de Bord Boeing 747 Air France (Retraité)**

**Ex Leader de la Patrouille de France**

**Expert de l'accident de Sharm El Sheikh (2004)**

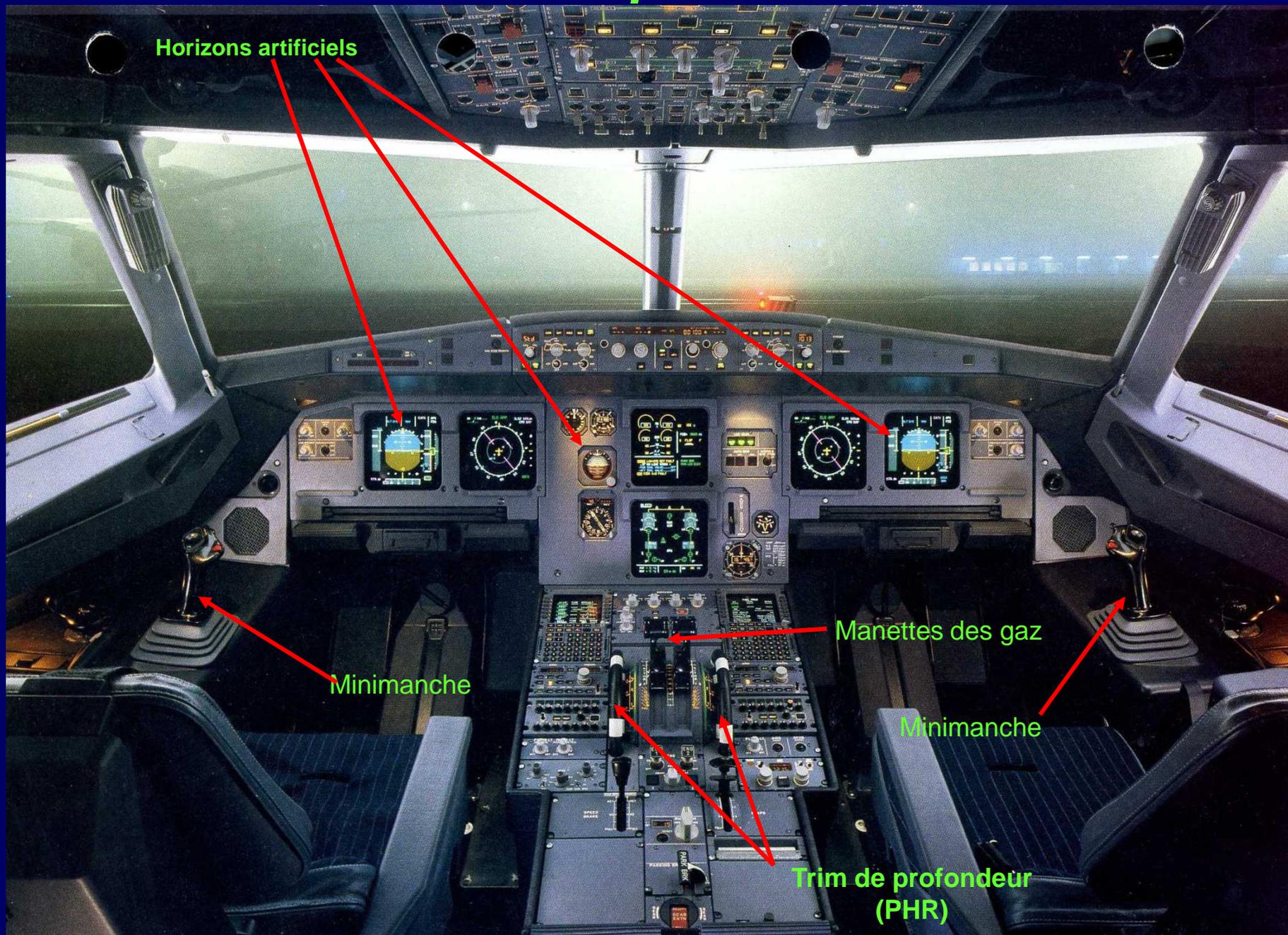
**Ancien Président du Bureau Air France  
du SNPL (Syndicat National de Pilotes de Ligne) – 1986 / 1990**

## ***Airbus 330***



**Avion construit à 780 exemplaires et utilisé par 127 compagnies**

# Cockpit A330



Horizons artificiels

Minimanche

Manettes des gaz

Minimanche

Trim de profondeur  
(PHR)

## Introduction

Depuis la publication de mon analyse du 28 janvier sur l'accident du vol Rio-Paris, la réflexion sur cet accident s'est enrichie de données qui peuvent éclairer ce drame.

Selon nos informations, le BEA devrait remettre son rapport final en juillet prochain et les experts judiciaires devraient rendre le leur à la fin de l'année.

Le présent document n'a pas la prétention d'être une analyse exhaustive de cet accident en lieu et place des organismes qui en sont chargés.

Mais avant que ces rapports officiels ne sortent, il est naturel de rendre public des interrogations et critiques sur la conception et la doctrine d'emploi des avions qui se font jour chez les pilotes professionnels et auxquels ils souhaitent que des réponses efficaces et non dilatoires soient apportées.

Sans prétention d'exhaustivité, ce document s'efforce de faire le point sur cet accident heureusement peu commun, mais qui met au grand jour des problèmes qu'on a eu tendance à fourrer sous le tapis.

Cette rédaction essaye d'être complémentaire de la première analyse sortie le 28 janvier 2012 et qui est à votre disposition en contactant [jumboroger@orange.fr](mailto:jumboroger@orange.fr)

Nous ferons un rappel indispensable sur les commandes de vol, puis nous regarderons du plus près possible ce qui s'est passé durant les 4 minutes 24 secondes qui ont séparé le givrage des tubes Pitots de l'impact maritime.

Nous terminerons en nous efforçant de faire le bilan de l'interface entre les pilotes et leurs avions Airbus et aux modifications qui nous semblent indispensables.

Bien entendu, Airbus et les pilotes ne sont pas les seuls concernés dans ce drame et les facteurs contributifs des autres acteurs que nous avons détaillés dans notre premier document restent d'actualité. Nous espérons que les enquêteurs sauront les cerner avec la rigueur attendue.

Cette analyse a été réalisée avec l'aimable collaboration de divers pilotes de ligne en activité ou retraités que je remercie vivement.

Ce document s'efforce d'être accessible aux nombreux non professionnels, qui sont très intéressés par ce drame.

Christian ROGER

***Commandes électriques de vol  
de l'Airbus A 330***

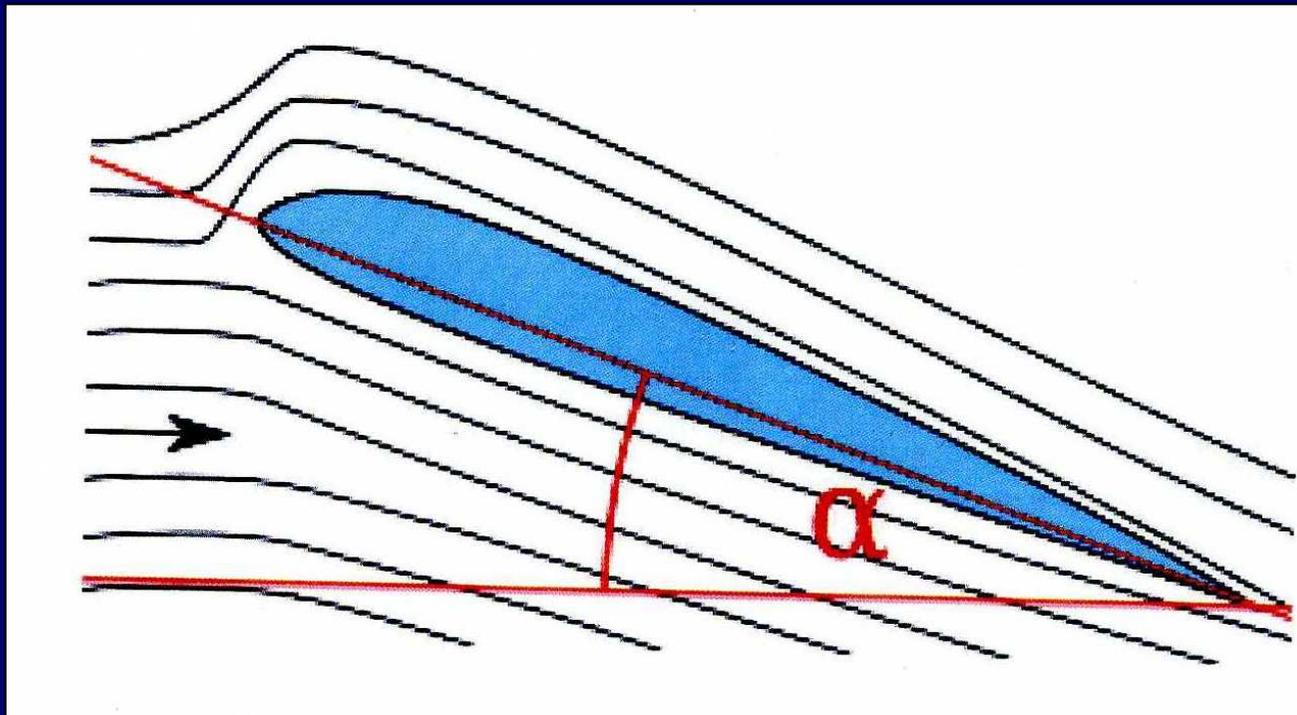
## Incidence de vol d'une aile

Rappelons que l'Incidence de l'aile joue un rôle considérable dans ce crash. Elle permet la portance de l'aile.

Si l'incidence devient trop forte l'avion décroche et tombe.

Paradoxalement et de façon difficilement compréhensible, l'usage s'est pris depuis l'aube de l'aviation de situer le décrochage de l'avion par rapport à sa vitesse alors que la donnée fondamentale est l'incidence de l'aile.

Pour le A330, l'incidence de vol en croisière est de  $2^\circ$ , mais les actions à cabrer sur l'avion l'ont fait passer à  $40^\circ$  en 1 min 40 sec après la perte des indications de vitesse (l'avion est en décrochage à partir de  $6^\circ$  d'incidence).



## Les commandes de vol électriques

Les Airbus issus de la nouvelle génération née avec le A320 en 1988 sont tous à commandes de vol électriques comme le sont les avions de chasse depuis les années 60 et comme l'était le Concorde.

Les câbles d'acier qui reliaient les manches à balai des pilotes aux gouvernes sont remplacés par des fils électriques qui passent par 5 calculateurs pour transmettre les ordres de vol aux vérins hydrauliques des gouvernes.

En plus du gain de poids, cette conception a permis d'introduire dans le programme de gestion des commandes de vol des modules permettant d'augmenter la sécurité, le confort ou l'économie du vol. Un Airbus sait, par exemple, braquer ses surfaces de vol très vite pour contrer les effets des turbulences et améliorer le ressenti du vol des occupants. Le pilote le plus alerte serait incapable de fournir une telle fonction.

Le vrai précurseur d'avion civil à commandes électriques fut le Concorde qui fit son premier vol en 1969. Toutes ses gouvernes de vol étaient contrôlées par un signal électrique provenant de deux circuits indépendants. Les mouvements des surfaces des gouvernes de vol étaient directement proportionnels au déplacement des commandes dans le cockpit, comme cela se passait sur tous les autres avions.

Notre propos n'est pas de faire un cours exhaustif sur les systèmes de l'Airbus 330, ce serait trop long et inutile pour l'étude de cet accident. Nous nous contenterons de décrire les systèmes qui ont joué un rôle dans l'accident.

## La loi « Normale » de vol

L'Airbus A 320 fut conçu autour d'une loi « Normale » de commandes de vol qui fut adoptée sur tous les autres modèles ultérieurs.

C'est le mode de fonctionnement habituel de l'Airbus. L'appareil se pilote au facteur de charge. C'est-à-dire qu'à un mouvement donné du manche, correspond toujours la même accélération (ou même « G »). Ceci est à comparer aux avions à commandes de vol classique pour lesquels un mouvement du manche correspond toujours au même débattement des gouvernes.

Lors du décollage, ce mode normal efface les ordinateurs de la chaîne de commande des gouvernes de vol et permet au pilote de faire la rotation du décollage en action directe et avec autorité totale sur la gouverne de profondeur.

Dès que l'avion prend de la hauteur, la loi normale remet progressivement les ordinateurs dans la boucle.

**Les protections en loi « Normale » sont les suivantes :**

- **1) Protection du Facteur de charge** : +2.5g / -1g et si les volets sont sortis : +2.0g / 0g

- **2) Protection de l'inclinaison** : 67°

Quand le pilote incline le manche, même très rapidement, l'avion part en inclinaison, dont la vitesse de rotation est limitée à 15 degrés par seconde. Si la protection survitesse est active, l'avion revient à l'horizontale si la pression sur le manche est relâchée.

- **3) Protection en assiette** : + 25° à Cabrer / -15° à Piquer
- **4) Protection d'incidence** : 6°, que l'avion ne pourra pas dépasser et qui le met à l'abri du décrochage.
- **5) Protection de survitesse** : Quand l'appareil dépasse sa vitesse ou son mach maximal (VMO ou MMO), les ordres à piquer ne sont plus pris en compte et un ordre à cabrer de 1,75 « G » est envoyé. En même temps, l'inclinaison maximale qu'il est possible d'ordonner est limitée à 45° et l'avion revient à l'horizontale dès que le manche est relâché. Si le pilote automatique est actif, il va se déclencher quand cette protection s'active.

En Loi « *Normale* », la conception des commandes et les protections offertes font des Airbus des avions très agréables à piloter, très précis et qui sont bien protégés contre les erreurs classiques que peuvent faire certains pilotes.

### **Loi « *Alternate 1* »**

Dans le cas de panne de calculateurs, de certains capteurs (vitesse) ou de certaines commandes de vol (PHR = Plan Horizontal Réglable), Gouverne de profondeur, amortisseur de lacet, etc), les commandes de vol passent en mode « *Alternate 1* » ou « *Alternate 2* ». L'avion se pilote toujours au facteur de charge comme en Loi Normale, mais la réponse en tangage est plus lente, car il n'y a plus de protections d'assiette.

Nous n'abordons pas le détail de cette loi, car elle n'a eu aucune action durant le vol AF 447.

## Loi « Alternate 2 »

L'avion AF 447 est passé de la loi « Normale » à celle « Alternate 2 » lors du givrage Pitot et il est resté dans cette loi jusqu'à l'impact.

Cette *loi Alternate 2* devient active dans divers cas de pannes, notamment en cas de désaccord entre les 3 ADR (Air Data Reference), qui donnent les vitesses de vol, ce qui est arrivé dans le vol accidenté.

- La déflexion des ailerons devient proportionnelle au déplacement du minimanche. Le taux de roulis possible devient 20 à 25 degrés par seconde alors qu'il est de 15 degrés par seconde en Loi Normale.
- Protection en inclinaison : disparue.
- Protection d'assiette : disparue et réponse plus lente de la gouverne de profondeur.
- La protection d'angle d'attaque (incidence) disparaît en cas de panne de 2 ADR (Air Data Reference), ce qui s'est produit pour l'AF 447.
- La fonction Trim de profondeur automatique (PHR) continue à fonctionner, ce qui va se révéler dramatique.

## Loi « Directe »

L'Airbus redevient un avion classique. Les mouvements du minimanche donnent des mouvements proportionnels sur les surfaces des gouvernes de vol et le trim de profondeur ne fonctionne que manuellement.

La gouverne de profondeur a une butée variable. Son débattement est élevé quand le centre de gravité de l'appareil se trouve vers l'avant et faible quand le centre de gravité est vers l'arrière.

Ceci permet d'avoir un avion ni trop sensible, ni trop mou sur cet axe.

L'avion passe dans cette loi dans certains cas de pannes qui ne concernent pas l'accident étudié.

Il n'y a plus aucune protection. Les alarmes de décrochage et de survitesse existent toujours mais c'est au pilote de faire les corrections nécessaires.

**Le Concorde a été exploité pendant des décennies avec des commandes de vol électriques qui n'avaient qu'une Loi Normale et une loi Directe en secours. Les Lois Alternate 1 et 2 des Airbus n'existaient pas.**

**Les pilotes avaient la formation pour voler en Loi Directe.**

## Loi de « Situation anormale »

Elle est activée en cas de dépassement de valeurs extrêmes (assiette 50° à cabrer, 30° à piquer, 125° d'inclinaison, vitesse < 70kt, Mach < 0,1) ou des valeurs d'incidence anormales (supérieure à 30° ou inférieure à 10°).

Dans cette loi de « *situation anormale* », le trim automatique est désactivé.

**L'avion AF 447 est passé dans cette loi 30 secondes après le début du décrochage, quand l'incidence s'est mise à dépasser 30°.**

Cette loi a joué un grand rôle pour l'accident, car lorsqu'elle s'est activée, le trim automatique s'était déjà déroulé en plein cabré et le seul moyen de le ramener à une valeur saine aurait été son usage en mode manuel par les pilotes.

Mais il aurait fallu pour cela qu'ils soient informés de ce déroulement, alors qu'aucune information ne leur était transmise à ce sujet.

De plus, l'utilisation manuelle aurait nécessité un temps très long de plusieurs dizaines de secondes.

Enfin, il aurait fallu qu'ils aient perçu qu'ils étaient en décrochage.

## **Airbus et Boeing : deux conceptions très différentes de l'interface pilote-avion**

La gestion informatisée des commandes de vol permet d'introduire des fonctions qui sécurisent le domaine de vol.

Mais on va trouver deux philosophies radicalement différentes entre Boeing et Airbus.

### **Interface pilote-avion chez AIRBUS : Mise à l'écart des pilotes**

Chez Airbus, dès la conception de l'Airbus 320, ses ingénieurs sont partis d'emblée sur un postulat : puisque la plupart des accidents aériens avaient une origine humaine, il convenait de donner le maximum de prérogatives à l'informatique en tenant le pilote en lisière afin d'éviter ses erreurs de pilotage.

Puisque les ordinateurs de bord devaient assumer l'essentiel de la sécurité du vol, les ingénieurs et pilotes d'Airbus se sont désintéressés de l'interface pilote-avion, qui avait pourtant été considérée comme une nécessité impérieuse dans la conception de tous les avions précédents dans le monde.

En témoigne ce qu'il faut appeler du mépris, nous disons bien mépris, quand on constate que :

#### **1) Les minimanches des commandes électriques ne sont pas conjugués**

C'est-à-dire que quand un pilote déplace son manche pour faire évoluer l'avion, le manche de son collègue reste inerte.

Et pourtant, tous les pilotes qui ont volé sur des avions à double commande savent combien il est précieux quand c'est « *l'autre* » qui pilote de voir bouger le manche devant soi, voire de l'accompagner en posant une main dessus sans interférer dans le pilotage engagé.

Sur les Airbus, le PNF (Pilote Non en Fonction) doit suivre sur son tableau de bord le résultat des actions du PF (Pilote en Fonction).

Ignorant totalement les pressions et mouvements exercés sur le manche par son collègue, il ne lui est pas possible d'anticiper sur les mouvements futurs.

Le SNPL avait vigoureusement insisté lors des essais du A 320 en 1987 pour que cette conjugaison des manches subsiste.

**Pour justifier un refus, Airbus répondit que la non conjugaison des manches faisait gagner 10kg sur la masse de l'avion ! (Sic).**

## **2) Les manettes des gaz sont inertes**

Sur tous les avions de ligne, le pilote peut déplacer les manettes des gaz du ralenti jusqu'à la poussée maxi.

Éventuellement, les manettes des gaz sont actionnées par une automanette que nous appellerons « *Auto thrust ou A/THR* » dans ce document, qui est un pilote automatique de la poussée des réacteurs.

Sur tous les jets de ligne anciens ou modernes à l'exception des Airbus, l'Auto Thrust déplace les manettes en même temps qu'elle modifie la poussée. Les pilotes ont ainsi « *de visu* » et éventuellement gestuellement s'ils ont la main sur les manettes un retour d'information de ce que fait l'A/THR et donc sur l'évolution de la poussée.

Pour apprécier la poussée, les pilotes d'Airbus sont ainsi privés du retour d'information gestuel du mouvement des manettes et n'ont que les seuls indicateurs de cadrans (petits) de cette poussée.

Une évolution de la poussée sous une action de l'Auto Thrust peut ainsi passer inaperçue des pilotes s'ils n'ont pas le regard sur les cadrans de poussée.

### **3) Les limitations du facteur de charge peuvent compromettre la sécurité du vol**

Airbus limite autoritairement le facteur de charge qu'il est possible d'atteindre à 2,5G. Certes, il convient de ménager la structure de l'avion pour éviter des déformations ou même sa rupture. Mais il y a des cas exceptionnels où cette limitation peut provoquer un crash évitable.

Ce sera par exemple le cas si un équipage fait une erreur de navigation qui aboutit à se retrouver face à une montagne inattendue. Dans ce cas, la limitation à 2,5G peut aboutir à percuter le relief alors que si les pilotes avaient tiré 4G, ils l'auraient évité !

On peut donner l'exemple du crash de Sharm El Sheikh, où l'un des pilotes a tiré 4G dans une manœuvre désespérée pour récupérer un piqué à 35°. Cette action lui aurait permis d'éviter de percuter la mer, si elle avait été entreprise quelques secondes plus tôt.

**Il vaut mieux rentrer au parking avec un avion tordu que d'éparpiller la merveilleuse machine volante et ses occupants sur le flanc d'une montagne !**

## Interface pilote-avion chez Boeing : le pilote reste maître final des commandes de vol

Il aurait été stupide de ne pas utiliser les progrès de la technique avionique pour la conception du Boeing 777 sorti en 1994 avec des commandes de vol électriques. Mais contrairement à Airbus, les ingénieurs de Boeing, appuyés par l'US ALPA (*Syndicat des pilotes de ligne US*) ont choisi de mettre sur le nouvel avion toutes les protections nécessaires, mais en donnant au pilote la primauté finale sur la trajectoire.

Deux approches radicalement différentes de la présence de l'homme. On peut rapprocher cette philosophie de la conquête spatiale. Les Américains avaient conçu le module lunaire avec un pilotage éventuellement manuel de l'alunissage. Bien leur en prit, car Neil Armstrong dut couper et rallumer plusieurs fois ses fusées de freinage pour alunir manuellement, le guidage prévu étant HS. Les Soviétiques avaient tout basé sur les automatismes, car idéologiquement, ils n'avaient pas confiance dans l'homme. Ils n'ont pas marché sur la Lune !

**Sur le Boeing 777, les protections de vol existent aussi mais au lieu d'être limitatives de l'action des pilotes, elles sont dissuasives par un effort croissant pour mouvoir les commandes quand on s'approche de positions scabreuses.**

Par exemple, quand le pilote donne un ordre à incliner, le système de commandes va renvoyer au manche une force proportionnelle à l'inclinaison déjà atteinte. Ainsi, plus l'avion est incliné, plus le manche sera lourd et il faudra une force de plus en plus importante pour l'incliner encore dans la même direction. Par contre, si le pilote est déterminé, il peut exercer une force suffisamment élevée et obtenir l'inclinaison qu'il veut.

Le cas de la montagne à éviter est ainsi rendu possible, contrairement aux Airbus.

Boeing a conservé le manche classique des avions de ligne pour ses commandes électriques et les manches CDB et OPL sont bien entendu conjugués.

Les manettes des gaz se déplacent quand l'Auto Thrust est connectée, donnant aux pilotes l'information visuelle de la variation de poussée.

En définitive, le B777 est une parfaite harmonie entre la technologie moderne et les pilotes, qui le considèrent comme le meilleur avion du monde actuellement.

### **Airbus : l'avion qui ne peut pas décrocher !**

Dès la mise en service des premiers A 320 à commandes de vol électrique en 1988, la doctrine d'Airbus a été de dire que cet avion ne pouvait décrocher.

Le Chef Pilote d'Airbus de l'époque n'hésitait pas à déclarer que « *Cet avion est tellement facile qu'il pourrait être piloté par ma concierge* » (Sic) !

Dans une note du 16 juin 2010, postérieure à l'accident du Rio-Paris, incluse dans le « Flight Crew Training manual » de l'Airbus A330/A340, on lit la stupéfiante phrase suivante :

**« L'efficacité de l'architecture des commandes électriques de vol et l'existence de lois de Contrôle élimine le besoin d'entraînement aux manœuvres de récupération sur les avions d'Airbus protégés ».**

***Et pourtant !!!***

Il aurait fallu préciser que cet axiome réjouissant pour un pilote était invalide quand les commandes de vol passaient en mode « *Alternate* », sans protections, ce qui advint au vol Rio-Paris et qui rend la doctrine Airbus coupable de non-assistance à personnes en danger.

***Réactions des pilotes  
à la perte des vitesses  
et du pilote automatique***

## Dans les minutes qui précèdent le givrage des tubes Pitot

**01h59 00** - le CDB va quitter le poste et assiste au briefing entre les deux copilotes.

**02h02** - le CDB quitte le cockpit pour le poste de repos.

Le moment de s'absenter était-il opportun ?

Il n'y a pas de réponse évidente à cette question. Quand le CDB quitte le poste, l'avion est à environ par 4° Nord et sur le point de quitter la zone du « *Pot au noir* », où se situent les cumulo-nimbus les plus actifs.

Certains CDB auraient préféré attendre d'être sortis plus complètement de cette zone, mais pour d'autres, la traversée du « *Pot au noir* » est accomplie par de multiples avions toutes les nuits et il n'y a pas lieu de se tourmenter.

L'avion dispose de deux radars performants qui permettent de détecter les cellules les plus orageuses. Le plus âgé des OPL est depuis 6 ans Airbus 330/340 avec 4.800 heures de vol sur ces appareils et le second OPL en a 900 heures sur Airbus 330/340.

**02h 08 07** - l'OPL Gauche suggère une déviation de 12° gauche pour éviter un Cumulo-Nimbus

L'avion est alors en Pilote automatique et Auto Thrust des gaz ON

- En croisière à 35.000 pieds dans une couche de nuages légèrement turbulente
- Ne peut monter car trop lourd
- Mach de croisière = 0.82

**02h 09 46** - L'OPL gauche réduit le Mach de 0.82 à 0.80, très probablement pour raison de turbulence, car le Mach 0.80 est celui recommandé en turbulence.

La poussée commandée par A/THR passe de 93% en croisière à 83% pour cette réduction.

## Givrage des tubes Pitot

**02h 10 05:** Les sondes Pitot ont givré. Il va s'écouler 4 minutes et 24 secondes avant que l'avion ne percute la mer.

Nous allons tenter d'expliquer les réactions des pilotes en analysant l'extrait partiel ci-après des paramètres enregistrés durant ces 4 minutes fatidiques. Ce ne sont que des fragments analogiques des quelques 1300 paramètres numériques enregistrés par le FDR, montrant les 24 dernières heures de vol .

Ces graphiques permettent de situer les actions de pilotage et les conséquences qui en ont découlé.

**02h 10 05 :** Lorsque le givrage des tubes Pitot survient:

- Le Pilote automatique et l'Auto Thrust de poussée se déconnectent
- L'avion passe en Loi de commandes de vol *ALTERNATE 2*
- Les vitesses indiquées disparaissent.
- Conséquence du givrage des Pitots, l'altimètre indique brutalement une perte d'altitude de 400 pieds qui n'est pas réelle mais instrumentale.

L'OPL Droit annonce « ***J'ai les commandes*** » et aussitôt, il met son manche vers « Cabrer » au  $\frac{3}{4}$  de la butée cabrer 5 secondes après le début de son action. La perte de 400 pieds lue à l'altimètre peut expliquer cette mise en cabré de rattrapage.

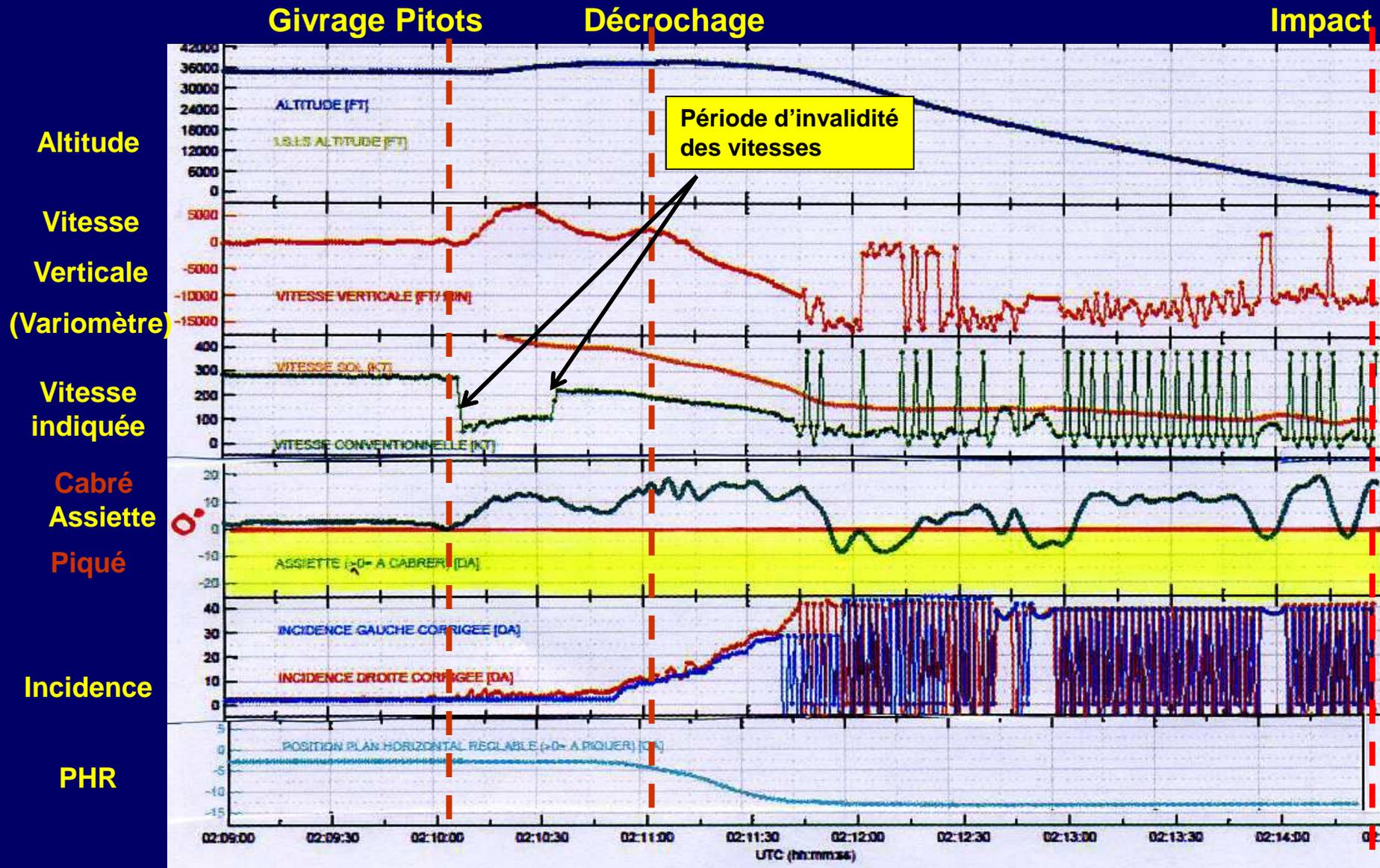
L'assiette de l'avion part vers « Cabrer » comme le montre le graphique ci-dessous (Assiette dans le jaune = piqué et au-dessus de la ligne rouge = Cabré).

Mais cette montée se paie bien entendu en vitesse qui chute. La poussée n'est que de 83%, bloquée à cette valeur de réduction du Mach de 0,82 à 0,80 qu'avait effectuée l'OPL G.

L'A/THR est sur mode Lock.

**On voit que mis à part environ 40 secondes, l'OPL Droit va garder une composante « à cabrer » de son manche durant les 4 minutes 24 sec qui séparent la déconnexion du PA de l'impact fatal.**

# Paramètres partiels du Flight Data Recorder



**02h 10 23** : Le mode A/THR Lock est désactivé par action d'un des pilotes et les moteurs repassent à 104%, donnant une poussée importante, ainsi qu'un couple cabreur qui accentue la tendance à cabrer donnée par l'OPL D.

**02h 10 36** : L'avion prend de l'altitude, qui est passée de 35.000 en croisière à 37.124 pieds.

**L'OPL Gauche a conscience que son collègue a trop de « cabrer » et lui fait plusieurs injonctions: « Attention à ta vitesse », « Redescends ».** Son collègue répond plusieurs fois « Okay », mais ses actions correctrices sont trop faibles.

On note qu'il est étonnant que l'OPL G s'exclame deux fois « Attention à ta vitesse », alors qu'il a mentionné 11 secondes plus tôt qu'elle avait disparu.

On retrouve ce genre de réaction correctrice, mais insuffisante, dans l'accident de Sharm El Sheikh en 2004. Sur ce vol qui dura 2 minutes 33 sec, le CDB part en inclinaison excessive peu après le décollage, sous l'effet probable d'une illusion sensorielle (vol par nuit noire). Son copilote lui indique plusieurs fois « Overbank » (Trop d'inclinaison). Il corrige, mais insuffisamment pour rétablir la trajectoire et l'avion va percuter la mer.

La perte des indications de vitesse du fait du givrage Pitot a duré 29 secondes et elles redeviennent valides. Mais les pilotes occultent cette information. Pour comprendre, mettons-nous à leur place : quel moyen avaient-ils de savoir si les indications de vitesse étaient valides ?

**Durant les 4 minutes du drame du vol AF 447, le côté néfaste de la non conjugaison des manches apparaît clairement. Si elle avait existé, l'OPL Gauche aurait senti tactilement que son collègue était crispé sur son manche vers cabré et il aurait sans nul doute été plus directif, en prenant certainement le contrôle sur son manche pour obtenir l'action correctrice qu'il voulait.**

**02h 10 51** : L'altitude est de 37.512 pieds. Sous l'effet du manche à cabrer, l'incidence augmente et atteint les 4° qui déclenchent l'alarme de décrochage « *Stall* ». Aucun des trois pilotes n'en fera état durant le reste du vol, comme si elle était occultée dans leur cerveau par d'autres préoccupations.

Il faut dire que cette alarme n'a été entendue par les pilotes que lors d'une unique séance de simulateur lors de la qualification avion et qu'ils ne sont jamais confrontés à une situation d'alarme « *Stall* » lors du fonctionnement de la Loi « *Normale* » de vol, c'est-à-dire dans la quasi-totalité des vols.

A ce moment, tout rentrerait dans l'ordre si, obéissant à cette alarme, l'OPL Droit rendait la main pour passer en léger piqué. Mais il réagit en sens contraire et accentue son cabrer.

L'avion va donc s'enfoncer dans le décrochage.

Les annonces « *Stall* » vont se succéder toutes les 1.5 secondes environ et elle va retentir 75 fois jusqu'à l'impact !

**02h 10 56** : La poussée est mise sur TO/GA (décollage), ce qui provoque un fort couple à cabrer des réacteurs qui accroît l'assiette à cabrer à 15°, valeur aberrante à une altitude qui est passée de 35.000 à 38.000 pieds.

### **L'effet nocif d'une forte mise en poussée lors d'un décrochage !**

Il faut signaler le danger d'une remise de poussée importante. Sur un avion comme le A 330, les moteurs sont en dessous de l'aile et leur mise en pleine poussée produit un couple cabreur extrêmement puissant et rédhibitoire lorsque l'avion est en décrochage (la poussée des réacteurs est de 68 tonnes au niveau de la mer et d'environ 30 tonnes à 35.000 pieds).

Ce danger est signalé dans un article de Jacques ROSAY, chef pilote d'essai d'Airbus :

**« Il est important de savoir que lorsqu'une remise de poussée est appliquée sur un avion déjà en décrochage, l'effet longitudinal entraînera l'avion plus avant dans le décrochage dans une situation qui peut être irrécupérable ».**

Cela semble paradoxal, mais cette mise de la poussée en décollage (TO/GA) qui semble instinctive à un pilote a donc contribué au passage de l'avion en décrochage. Depuis, Airbus a effectué un changement de procédure de rattrapage de « Stall ».

**02h 11 00 :** La commande de profondeur reste sur « cabré » et l'avion monte et passe par son maximum de 37.924 pieds. La courbe de la vitesse verticale passe par +2.000 pieds/min, puis elle va chuter ensuite très rapidement en < 0 pour atteindre des valeurs catastrophiques à -15.000 pieds/min.

### **L'avion est passé en décrochage**

La situation est gravissime et apparaît comme la suivante:

- Les indications de vitesse sont probablement considérées par les pilotes comme inexploitable.
- La vitesse verticale semble avoir disparu de l'affichage sur les horizons artificiels.
- L'altitude est voisine de 38.000 pieds et descend.
- L'assiette est à environ à 15° et cela n'interpelle pas les pilotes, accaparés par des problèmes d'inclinaison.

Du fait de la perte des vitesses, les pilotes devaient appliquer la procédure ci-dessous : 25

**A330/340**AIR FRANCE  
OA.NTProcédures anormales  
MANOEUVRES D'URGENCETU 03.01.01. 03  
15 FEB 07**IAS DOUTEUSE**

SI CONDUITE DU VOL AFFECTEE DANGEREUSEMENT,  
le CDR annonce "IAS DOUTEUSE", effectuer les actions immédiates  
suivantes :

PF **AP** ..... OFF  
C/P **FD 1 et 2** ..... OFF  
PF **A/THR** ..... OFF  
PF **POUSSEE / ASSIETTE** ..... SELECTEES

➤ Avant la réduction de poussée :

- **POUSSEE / ASSIETTE (A330)** ..... TOGA / 15°
- **POUSSEE / ASSIETTE (A340)** ..... TOGA / 12°5

➤ Après la réduction de poussée :

- Au dessous du FL 100  
- **POUSSEE / ASSIETTE** ..... CLB / 10°
- **Au dessus du FL 100**  
- **POUSSEE / ASSIETTE** ..... CLB / 5°

PNF **VOLETS** ..... CONFIG MAINTENUE  
PNF **SPEED BRAKES** ..... VERIFIES RENTRES  
PNF **TRAIN** ..... RENTRE

**Respecter les alarmes décrochage.**

LORSQUE LA TRAJECTOIRE EST STABILISEE,  
se référer à la procédure URGENCE / SECOURS non ECAM "VOL AVEC IAS  
DOUTEUSE / ADR CHECK PROC" (QRH 1.34.xx ou TU 03.02.34.1XX).

(IAS = Indicated Air Speed)

Au niveau de vol 350 où se trouvait l'avion, le train, les aérofreins et les volets étaient rentrés. Le PA avait sauté ainsi que l'automanette (A/THR).

L'assiette de 5° recommandée et la poussée de montée « CLB » (climb) aboutissaient en fait à une montée puisque l'assiette de croisière était de 2°.

Cette procédure a été modifiée par Airbus depuis l'accident, qui recommande le maintien de l'assiette et de la poussée de croisière.

## **Une information de l'alarme décrochage aberrante et qui amène la confusion et l'incompréhension chez les pilotes**

La confusion des pilotes a été aggravée d'une façon très contributive à l'accident par les incohérences de l'alarme décrochage, qui arrête son message si la vitesse détectée devient inférieure à 60kt, car les ingénieurs d'Airbus ont considéré qu'en dessous de cette valeur, les données ne sont plus significatives.

C'est vrai, mais aéronautiquement, le décrochage continue et cette disparition de l'alarme est source de quiproquo tragique.

**D'autre part, la réglementation européenne JAR 25 exige que « l'alarme décrochage fonctionne tant que l'incidence est supérieure à la valeur à laquelle cette alarme s'est déclenchée ».**

**Pourquoi Airbus s'est-elle affranchie de cette réglementation et pourquoi les autorités compétentes n'ont-elles pas réagi (DGAC et EASA) ?**

L'alarme sonore de décrochage s'arrête donc quand l'incidence devient invalide et se réactive quand elle redevient valide.

Plusieurs actions à piquer de l'OPL Droit sur le minimanche provoquent une diminution de l'assiette et donc de l'incidence et entraînent une légère augmentation temporaire de la vitesse, ce qui rend l'incidence à nouveau exploitable. L'alarme se remet donc à envoyer son message « *Stall* », puisque la vitesse est très faible.

On notera que dans les 75 fois où l'alarme « *Stall* » a retenti, il n'y a eu aucune fausse alarme. L'anomalie, ce sont les alarmes qui n'ont pas retenti indument parce que les sondes d'incidences n'étaient pas valides et qui ont induit en erreur les pilotes. Dans tous les cas sans exception d'alarme « *Stall* », l'incidence était hors limite et donc l'alarme justifiée.

### *De quel type de décrochage s'agissait-il ?*

#### *Première hypothèse : un décrochage classique*

Le nez de l'avion pique et il suffit de rendre la main pour assurer la récupération, comme tous les pilotes l'ont appris en école de début. Mais il n'y a pas eu d'abattée au début de ce début de décrochage.

**Jusqu'à 02h 11 00, l'avion était de façon certaine aisément rattrapable. Il suffisait de ramener la maquette de l'avion sur la ligne d'horizon artificiel, de garder les ailes horizontales et maintenir la poussée de croisière. On aurait ensuite tranquillement récupéré l'altitude du plan de vol de 35.000 pieds.**

Lors de l'émission de FR3 du 14 mars dernier, le pilote d'aéroclub JP Otelli a fait une superbe démonstration du rattrapage d'un décrochage sur un avion léger à hélices. Pour lui, c'était facile, il suffisait de faire la même chose sur l'A 330 !

Ben voyons !

C'est une chose de sortir du décrochage sur un avion léger classique par tempête de ciel bleu et en étant informé de ce qui allait advenir !

Les vrais professionnels ont une attitude plus circonspecte, car c'est autre chose, quand cela vous arrive au cœur de la nuit, dans les turbulences du « *Pot au noir* », avec une soudaineté qui vous saute à la figure, diverses alarmes sonores, une succession de listes de pannes qui défilent sur les écrans et la disparition de certains paramètres de vol.

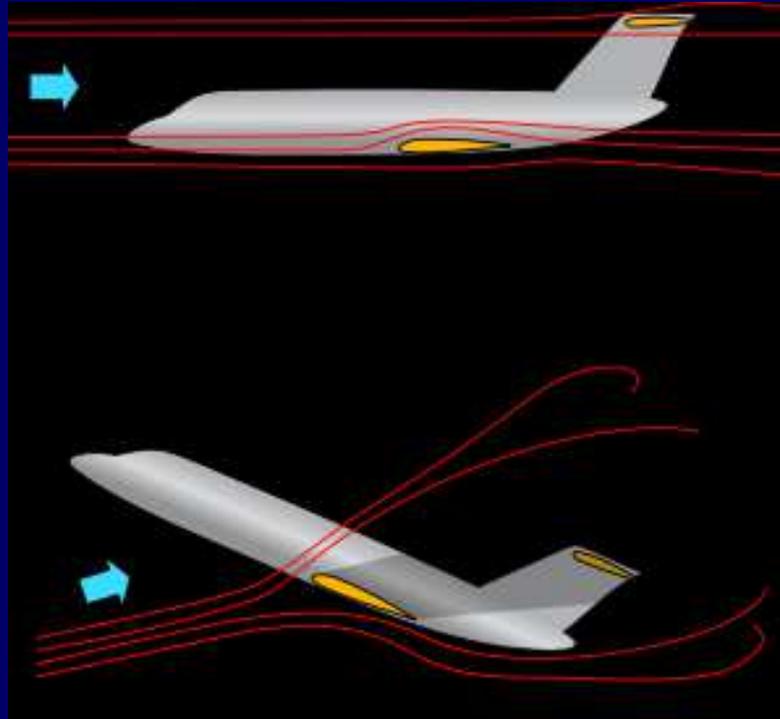
Dans la même émission, nous avons eu la vision condescendante de Jacques. Rosay, Chef pilote d'Airbus. Pour lui, c'était simple, il suffisait de ne rien faire, de garder la maquette sur l'horizon artificiel ainsi que la poussée.

C'est parfaitement vrai, mais c'est un peu court, car le Chef Pilote ne donne aucune information pour récupérer le contrôle de l'avion, pour le cas où, pour une raison de pilotage ou de mal fonction des systèmes, l'avion se trouve engagé dans un décrochage très profond, qui pourrait s'apparenter à un « *Deep Stall* ».

**2<sup>ème</sup> hypothèse : l'avion s'est trouvé dans une situation qui ressemble à un « *Deep Stall* »**

Le Deep Stall survient quand le tandem formé par l'empennage horizontal et la gouverne de profondeur deviennent inefficaces. On braque la gouverne qui fonctionne normalement, mais la masse de l'avion devant cet empennage arrière dévie les filets d'air et il y a disparition de l'efficacité de l'empennage.

Cela survient en position très cabrée, principalement sur les avions à queue en T du type DC9.



On trouve quelque chose de semblable dans ses effets sur les avions modernes aux ailes supercritiques, lorsque le flux d'air est perturbé par une aile en forte incidence de  $40^\circ$  au lieu de  $2^\circ$ , qui vient masquer l'empennage arrière et le rend inefficace.

Le FDR montre que dans les 3 minutes qui s'écoulent entre le décrochage et l'impact maritime, l'incidence a oscillé entre  $30^\circ$  et  $40^\circ$ .

Durant les 3 minutes du décrochage, l'assiette a été à cabrer à l'exception de 45 secondes et elle était de  $16^\circ$  à l'impact.

La vitesse verticale à l'impact était de 55 mètres/seconde, c'est-à-dire la vitesse de chute libre d'un parachutiste !

Durant cette chute vers l'abîme, les pilotes se sont trouvés dans une situation qui n'a jamais été explorée sur Airbus. C'est un domaine scabreux pour des essais en vol, car le risque est grand de ne pouvoir sortir d'une situation de Deep Stall.

Le seul cas d'essai dont nous avons connaissance a été réalisé sur le A 400, prototype militaire d'avion de transport européen, pour lesquels les essais de décrochage ont été effectués avec des fusées situées à l'arrière de l'avion, permettant de donner un couple piqueur salvateur en cas de blocage dans une situation sans issue.

Il n'est pas possible non plus de faire des essais en simulateur, car il faudrait intégrer dans les logiciels des données sur les caractéristiques du Deep Stall ..... dont on est justement dépourvu !

On comprend ainsi pourquoi le Chef Pilote d'Airbus n'a pas donné lors de cette émission TV du 14 mars 2012 la recette miracle qu'auraient dû utiliser des pilotes de ligne de nuit au-dessus de l'Atlantique et dans les turbulences.

**Si on était certain qu'il suffisait de rendre la main à piquer pour émerger d'un décrochage aussi profond, il l'aurait dit et dans ce cas, on lui aurait demandé de le démontrer lors d'un vol d'essai !**

## **Pourquoi les pilotes n'ont-ils pas pris conscience du décrochage de l'avion ?**

Cette question hante tous les pilotes de ligne, qui se demandent : « **Et moi ? Qu'aurais-je fait ?** »

L'annonce « *Stall* » est sans équivoque. Et pourtant, aucun des pilotes n'en tirera la conclusion que l'avion pouvait être en décrochage. Elle va retentir 75 fois, dont 31 fois en présence du CDB. On pourrait attribuer cette indifférence des pilotes à un manque de crédit sur sa validité dont même Airbus avait fait état. Mais il aurait été logique qu'au moins un des trois pilotes s'interroge sur cette alarme et dans le doute sur sa validité, vérifie son assiette et sa poussée et fasse part de son interrogation à ses collègues. La montée en altitude de 3.000 pieds sans remise de poussée aurait dû aussi mettre la puce à l'oreille des pilotes.

### **L'occultation par le cerveau des alarmes auditives**

Le propos ci-dessus a toute sa place dans l'analyse de cet accident, mais il ne prend pas en compte un paramètre fondamental de la situation : l'effet de surprise et le stress intense qui en résulte.

Les pilotes ne sont pas des surhommes, mais des êtres humains et leur cerveau, comme celui de tous leurs congénères peut avoir des comportements différents de ce que l'on peut attendre d'eux.

Ils sont dans une situation de stress très intense et il est intéressant de se rapprocher des travaux faits par Madame Josette PASTOR, maître de recherches à l'INSERM de Toulouse (*Institut national de la santé et de la recherche médicale*).

Elle a étudié à l'aide d'un IRM et sur encéphalogrammes les réactions de 25 « *cobayes* », non pilotes, en observant leurs réactions à une alarme auditive :

Il s'avère que dans une situation de stress, après une période « neutre » de 100 millisecondes nécessaire au cerveau pour acquérir la donnée, on aboutit à une inhibition de la perception de l'alarme si elle semble contradictoire avec d'autres perceptions simultanées. Le cerveau bascule d'une décision rationnelle à une décision émotionnelle.

Sollicité par d'autres problèmes accaparants, le cerveau tend à occulter l'information auditive. J'ai vécu ce phénomène, comme tous les pilotes et lors des approches par temps de brouillard, je demandais toujours au mécanicien navigant qui lisait la sonde altimétrique en courte finale d'avoir une voix très forte, car l'attention portée à la trajectoire diminuait fortement chez moi la perception de cette information.

Dans un récent rapport de mai 2012 sur un incident grave de trajectoire survenu en juillet 2011 sur un vol Caracas-Paris, le BEA (Bureau d'Enquêtes et Analyses) prend en compte la réaction de pilotes à une alarme auditive :

**« L'effet de surprise se produit quand il existe une différence entre la représentation mentale qu'a le pilote du comportement de son avion et son comportement réel. Cet effet de surprise peut entraîner une diminution ou une perte de conscience de la situation, l'oubli de procédures, une absence de réaction ou dans un temps trop long ».**

### **Une nécessité : l'entraînement aux vols proches du décrochage**

Les pilotes formés aux avions de chasse ont effectués tellement de vols aux limites, allant jusqu'à la mise en vrille, que les réactions face à une situation de décrochage sont imprimées dans leur savoir-faire pour le restant de leurs jours.

Pour ceux qui ont suivi un cursus moins endiablé, il y a ce qui reste de leur formation de base, où ils ont en principe été confrontés au décrochage sur des avions école.

Ces acquis sont fondamentaux, s'ils ont bien été acquis, ce qui n'est pas du tout certain pour les pilotes du type « *Cadets* », qui effectuent moins de 200 heures de vol sur avion école à hélice avant d'être envoyés sur le simulateur du A320 pour terminer leur formation de pilote. C'est très maigre, car il s'agit pour ces jeunes gens d'imprimer dans leur expérience des réactions qui devront rejaillir efficacement **durant toute leur carrière** en cas de situation de crise brutale et inopinée.

**Il est de fait que le transfert massif de la formation initiale sur avion léger vers le simulateur du type A320 a éloigné les pilotes de l'expérimentation du décrochage.**

Rappelons la phrase de Confucius : « *L'expérience est une lampe que l'on porte dans le dos et qui n'éclaire que le chemin parcouru* » !

L'expérience des pilotes de l'AF 447 dans le pilotage en limite de décrochage était la suivante :

- Le CDB : avait été entraîné à la récupération du décrochage lors de ses qualifications A 320 à Air Inter en 1997, puis à Air France en 2001. Il avait effectué une séance de simulateur en évolutions en mode « *Alternate* » et en loi « *Directe* ».
- Les deux OPL avaient effectués une séance comprenant une approche de décrochage et en loi « *Alternate* » lors de leur qualification de type A 320.

**On conviendra que ces maigres entraînements sont trop peu de choses pour faire face au stress d'un décrochage.**

## **Entraînement au risque de décrochage : dès 2002, les pilotes d'Air France avaient alerté leur Direction !**

De façon prémonitoire, lors d'une séance du Comité d'Hygiène et de Sécurité du PN (CHSCT-PN), les pilotes avaient demandé en 2002 à la Direction d'Air France de classer la procédure A320 « *Stall* » en « *Manœuvre d'urgence* ».

Ils demandaient « **De former et de maintenir compétents les équipages à l'exécution de cette procédure** ».

La Direction refusa, arguant que « *L'alarme Stall ne peut pas représenter une utilisation normale de l'avion, contrairement à d'autres pannes (Exemple : perte de pressurisation entraînant une descente d'urgence)* »

Il était souligné également qu'Airbus n'avait même pas créé de Check List « *Stall* » et s'était contenté d'un descriptif inséré dans la documentation, annexe aux commandes de vol !

Le manque de discernement des dirigeants d'Air France ne faisait qu'emboîter le pas à Airbus, qui considère encore aujourd'hui que : « **L'efficacité de l'architecture des commandes électriques de vol et l'existence de lois de Contrôle élimine le besoin d'entraînement aux manœuvres de récupération sur les avions d'Airbus protégés** ».

**Cette arrogance est consternante.**

## Prise de conscience internationale sur le décrochage

L'AF 447 n'a pas été le seul avion à s'écraser après un décrochage et une réflexion internationale est en cours sur ce sujet.

Avec son pragmatisme habituel, la Federal Aviation Agency américaine (FAA) a formé en 2009 un groupe de travail avec l'industrie appelé « *Stall/Stick Pusher Training Working Group* » pour définir les meilleures pratiques d'entraînement et de formation des équipages face au décrochage.

Un autre groupe de travail a, quant à lui, travaillé sur les outils de formation pour prévenir, reconnaître et récupérer un décrochage à haute altitude.

A Air France, il y a eu la création en 2010 de deux nouveaux « *memory items* » (manœuvres d'urgence) sur les Airbus : « *Stall warning at lift off* » et « *Stall recovery* ».

Enfin l'ICATEE 4 (*International Committee for Aviation Training for Extended Envelop*) va délivrer prochainement à l'OACI sa stratégie globale à long terme pour éliminer ou réduire le taux de LoC (Loss of Control in Flight) en améliorant l'entraînement aux positions inusuelles.

Toutes ces initiatives sont la preuve, s'il en est, que le problème est global et que cette problématique intéresse et concerne toute l'industrie. A présent, tout le monde s'accorde pour dire qu'il faut que les pilotes soient plus et mieux entraînés au vol en pilotage manuel, à haute altitude, quelle que soit la loi de commande de vol.

**Quand on met en regard le coût de ces entraînements et ceux de crash d'avions de ligne, le bilan est vite fait !**

Dans ce contexte, le projet de réglementation européenne qui veut installer la possibilité de lâcher en ligne des pilotes qui n'auraient effectués que 150 heures de vol avant d'arriver sur le simulateur du premier avion de ligne apparait comme complètement irresponsable. Cet accident a montré de façon presque caricaturale toute l'importance de disposer d'un savoir-faire en situation inusuelle.

**On devrait demander aux brillants technocrates qui ne voient dans la formation qu'un problème de coût s'ils sont prêts à envoyer leur femme et leurs enfants sur un avion de ligne conduit par des pilotes ainsi formés ?**

### **Le BUSS d'Airbus n'est pas une protection efficace**

Le "*Backup Speed Scale*" ou BUSS est une aide au pilotage mise au point par Airbus, utilisée lorsque les indications de vitesse sont inexploitable. Ce système est installé en série sur les A 380 et est en option sur les autres.

Pour utiliser le BUSS, l'équipage doit auparavant déconnecter les trois ADR (calculateurs de données anémométriques). Une fois cette opération effectuée, l'équipage n'a plus la possibilité de les récupérer au cours du vol.

Avec le système BUSS, la vitesse n'est alors plus calculée à l'aide des tubes de Pitot, mais à partir de l'angle d'incidence de l'avion. L'indication, moins précise, est présentée sous la forme de secteurs vert, ambre et rouge. En situation de turbulences à haute altitude, l'indication de vitesse présentée est très instable et difficile à utiliser.

Sur ses A330 et A340, Air France a étudié l'installation du système BUSS proposé par Airbus, en réalisant des essais sur simulateurs, ces essais n'ont pas conduit Air France à retenir ce système.

En effet, celui-ci présente l'inconvénient majeur de priver l'équipage des données anémométriques pendant tout le vol une fois le BUSS activé, alors que l'expérience a montré que la perte d'indication de vitesse est généralement de courte durée, de plus son utilisation à haute altitude est difficile.

Cela est confirmé par Airbus qui recommande dans un FOT (*Flight Operations Telex*) du 9 septembre 2009 de ne pas utiliser ce système à un niveau supérieur au 250, soit 7 600 mètres d'altitude.

**Ce BUSS n'est donc pas une solution aux problèmes de décrochage, quand on sait que 27% des ceux-ci arrivent à haute altitude (Source IATA – Association Internationale du Transport Aérien).**

**Comme l'a fait Boeing avec son Pitch Level Indicator (PLI), Airbus se doit de mettre au point un système facilement exploitable, donnant aux pilotes le moyen de contrôler leur trajectoire en cas de problèmes d'indication des vitesses.**

## Le décrochage a-t-il été aggravé par le carburant présent dans l'empennage horizontal ?

**02h 12 54** : Le CDB et l'OPL Gauche sont préoccupés par l'horizontalité des ailes. L'avion est instable en inclinaison d'une part du fait qu'il est en décrochage et d'autre part parce qu'en Loi *Alternate 2*, le taux de roulis autorisé passe de 15°/sec à 25°/sec.

Cette difficulté en roulis est certainement aggravée par les 5 tonnes de carburant qui sont logées dans la queue de l'avion durant la croisière, pour le mettre en centrage arrière et consommer ainsi moins de carburant en croisière.

On notera que pour le B 777, Boeing n'a pas choisi cette solution, qui semble pourtant intelligente. Ils ne sont pourtant pas moins préoccupés des coûts d'exploitation qu'Airbus et s'ils ne l'ont pas fait, c'est que les inconvénients techniques, voire de sécurité, prévalaient sur l'économie du vol.

Dans le rapport final du BEA, il y aura lieu de déterminer si la présence de ce carburant a pu ajouter des difficultés dans la maîtrise du décrochage, ajouté à l'influence néfaste et aberrante d'un PHR déroulé et bloqué à plein Cabré.

Pour faire cette étude, il faudrait disposer des calculs exacts du centrage de l'avion (position longitudinale du centre de gravité par rapport au centre de poussée aérodynamique) et que soient fournis des indications exemptes de suspicion !

## Des pilotes focalisés sur le contrôle de l'inclinaison de l'avion !

Il y a un contraste qui est difficilement compréhensible entre l'attention que portent les trois pilotes aux problèmes d'inclinaison, comparé à leur indifférence totale au contrôle de l'assiette de l'avion. La seule mention dans le CVR sur l'assiette de l'avion est faite par le CDB : « 10 degrés d'assiette », qui est prononcée..... 2 secondes avant l'impact !

Dès la déconnexion du pilote automatique, les deux copilotes sont confrontés à une instabilité très forte de l'inclinaison, qui se manifeste par des mouvements correctifs excessifs de l'un comme de l'autre.

Il y a à cela plusieurs explications :

- L'absence d'expérience du pilotage manuel à haute altitude dans une loi dégradée de commandes de vol.
- La situation de décrochage qui accentue l'instabilité de roulis.
- Le passage d'un taux d'inclinaison possible de 15°/sec en loi « *Normale* » à 25°/sec en loi « *Alternate 2* ».
- La déflexion des ailerons dans cette loi, où elle devient proportionnelle au déplacement du minimanche.
- La situation de centrage arrière proche de la limite du fait du transfert de carburant qui augmente inévitablement l'instabilité de l'avion.

Ces facteurs expliquent la focalisation des pilotes sur le contrôle de l'inclinaison, qui est manifeste sur le CVR et a sans nul doute contribué à l'absence de réaction sur les valeurs de l'assiette qu'ils lisaient sur leurs horizons artificiels.

## Un PHR au cabré intempestif et dramatique

Comme si les actions à cabrer de l'OPL Droit ne suffisaient pas, c'est le logiciel de l'avion qui va aggraver les choses.

Dans le même temps où l'avion passe en décrochage, le PHR - Plan Horizontal Réglable - situé devant la gouverne de profondeur, se déroule vers « *Cabrer* ».

Dans la Loi « *Normale* » de commandes de vol, chaque fois que le pilote demande du cabrer par son manche, le PHR vient « *l'aider* » en mettant plus ou moins de cabrer.

Cette action très saine et qui était déjà utilisée sur les avions de chasse des années 50 a pour but de placer le PHR de telle façon que la gouverne de profondeur soit « *dans le lit du vent* » et ne provoque pas de trainée parasite. Cela ne pose aucun problème dans cette loi normale puisque la protection d'incidence joue son rôle pour limiter l'action du PHR.

Il en est tout autrement en cas de Loi « *Alternate 2* », car dans ce cas il n'y a plus de protection d'incidence. En gardant une pression à cabrer quasi constante, l'OPL D amène l'avion à une incidence qui dépasse celle de décrochage.

Mais comme la fonction « *Trim automatique* » est toujours active en Loi *Alternate 2*, le PHR suit les demandes à cabrer du pilote et il se déroule vers plein cabrer.

Le PHR s'est déroulé vers sa position plein cabrer alors que l'avion était déjà en décrochage, empirant ainsi la situation et rendant la récupération encore plus problématique. Aucun mouvement ou indication dans le cockpit n'indiquait ce cabré.

Le PHR est ainsi passé en 50 secondes de  $-3^\circ$  en croisière à  $-13^\circ$  à plein cabrer et il est resté dans cette valeur jusqu'à l'impact.

Pour ramener l'avion à une incidence inférieure aux 6° maximum et sortir ainsi du décrochage, il aurait fallu que le pilote mette son manche à plein piquer pendant environ 50 secondes.

**Mais même si le pilote avait entrepris ce long piqué de récupération, il est probable que la gouverne de profondeur n'aurait pas eu l'efficacité nécessaire pour produire l'effet piqueur suffisant permettant de revenir de 43° d'incidence à celle inférieure aux 6° limite de décrochage, du fait de :**

- **l'incidence atteinte de 40° de l'aile.**
- **l'effet cabreur très puissant du PHR, bloqué à plein cabré.**
- **l'effet cabreur des deux moteurs qui délivrent 68 tonnes de poussée au sol et une poussée encore énorme à 35.000 pieds, sur un avion de 200 tonnes.**

**Selon des confidences de pilotes d'essai, compte tenu du temps nécessaire pour ramener le PHR et l'incidence à la normale, il est probable qu'une manœuvre correctrice entreprise en dessous de 25.000 pieds n'avait aucune chance de succès.**

### **Des logiciels Airbus qui entraînent l'avion vers la catastrophe**

Le PHR s'est trouvé bloqué en plein cabré par l'intervention de la Loi de « *Situation anormale* », qui s'est activée 30 secondes après le début du décrochage, quand l'incidence s'est mise à dépasser 30° et/ou la vitesse inférieure à 70kt.

Dans cette loi, **le trim automatique est désactivé** et les actions à piqué des manches des pilotes n'auraient pas pu le faire bouger. A ce moment-là, le trim automatique s'était déjà déroulé en plein cabré et le seul moyen de le ramener à une valeur saine aurait été **son usage en manuel par les pilotes.**

Mais il aurait fallu pour cela qu'ils soient informés de ce déroulement, alors qu'aucune information ne leur était transmise à ce sujet et cette action manuelle aurait duré plusieurs dizaines de secondes.

Enfin, il aurait fallu qu'ils aient perçu qu'ils étaient en décrochage, ce qui n'était pas le cas. Deux éléments très contributifs de l'accident sont le fait de l'effet dévastateur de :

- La Loi de commandes « *Alternate 2* » qui a déroulé le PHR en plein cabré alors que l'avion était en décrochage.
- Le passage ensuite en Loi de « *Situation anormale* » qui a supprimé le trim automatique alors qu'il était en plein cabré et rendu ainsi problématique le retour du trim à une valeur normale.

**Ces logiciels ont marqué un but pénalty décisif contre leur camp !**

**02h 11 30** : Une minute et 25 secondes après la déconnexion du PA, l'OPL D annonce 2 fois « *Je n'ai plus du tout le contrôle de l'avion* »

### **Un CDB étrangement passif**

**02h 11 43** : Le CDB entre au cockpit et dit « *Qu'est-ce qui se passe?* »

On est perplexe devant la réaction du CDB dans cette situation critique. Il avait quitté le cockpit 10 minutes avant et n'est donc pas endormi.

Quand il arrive au poste de pilotage, l'alarme sonore de décrochage s'arrête après avoir retenti 44 fois en 50 secondes.

Le premier coup d'œil qu'il se doit de jeter sur les instruments montre :

- Une altitude de 35.000 pieds en dégringolade
- Une vitesse indiquée de 100kt au lieu de 300kt
- Un taux de descente à plein piqué, affiché à -6.000 pieds/min, mais qui est en réalité de – 10.000 pieds/min (FDR)
- Un avion cabré à 15°

**02h 11 45** : l'OPL Gauche : « **On perd le contrôle de l'avion** » et l'OPL Droit ajoute : « **On a tout tenté** ».

La plupart des CDB pensent que dans cette situation, ils auraient commencé par éjecter vite fait l'OPL en place CDB pour prendre sa place. Un petit nombre, habitué au rôle d'instructeur qui se place entre les deux pilotes, pensent qu'ils n'auraient pas été gênés de rester ainsi. Mais le manque d'efficacité dans la récupération de la situation du fait de cette position anormale du CDB apparait clairement dans le CVR dans la dizaine d'instructions qu'il donne au copilote de droite pour le pilotage de l'avion.

Le CDB ne perçoit pas que l'OPL Droit est tétanisé sur son manche vers « *Cabrer* ».

S'il avait repris sa place, il aurait évidemment aussi repris la commande de son minimanche et intimé l'ordre au copilote de lâcher le sien, s'il avait interféré avec le pilotage du CDB. Dans ce cas, une voix synthétique annonce « *Dual Input* » et cela signifie que les ordinateurs prennent en compte la somme algébrique des ordres des deux minimanches.

On peut aussi penser qu'il aurait probablement ramené la maquette vers « *piquer* » et rétabli la situation, car l'avion était encore à 30.000 pieds.

Mais le CDB reste entre les deux copilotes et ses réactions durant les trois minutes avant l'impact le montrent dans un rôle de conseil alors qu'il aurait fallu être très directif et acteur.

**02h 12 06** : l'OPL Droit dit « **J'ai l'impression qu'on a une vitesse de fou** » et il sort aussitôt les aérofreins, mais l'OPL Gauche réagit de suite et lui crie « **Non , surtout ne les sors pas** ». Il les rentre immédiatement, sans que cette sortie ait provoqué de réaction du CDB.

**02h 12 14** : l'OPL Gauche demande au CDB : « *Qu'est-ce que tu en penses. Qu'est-ce qu'il faut faire?* » et le CDB répond « *Je ne sais pas ! Ça descend* ».

S'agit-il d'une sorte de sidération psychologique ? La raison de ce comportement du CDB restera posée.

### *L'effet du couple piqueur de la réduction des moteurs*

**2h 11 47 à 02h 12 10**, c'est-à-dire durant 23 secondes, les moteurs sont placés sur ralenti vol à 58% au lieu des 100%.

Le copilote droit braque son manche à plein cabré. De façon tout à fait logique, la gouverne de profondeur est aussi en plein cabré. Le PHR est aussi à plein cabré et bloqué dans cette position du fait de l'activation de la loi de « *Situation anormale* » qui entraîne la désactivation du trim automatique.

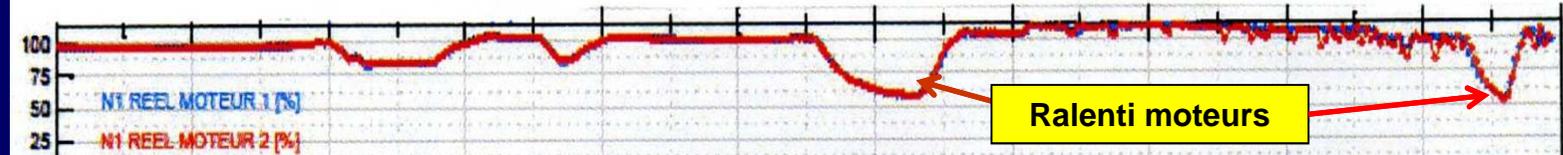
Et pourtant on remarque que l'assiette passe de + 15° à -7° sous l'effet du couple piqueur provoqué par cette réduction des moteurs, (au niveau de la mer, la poussée est de 68 tonnes et de 30 tonnes environ à 35.000 pieds).

**02h 14 09** : On retrouve ce même effet piqueur d'une réduction des moteurs, qui sont passés de 100% à 58%, avec comme effet immédiat un passage de l'assiette de +18° à - 3° en 8 secondes.

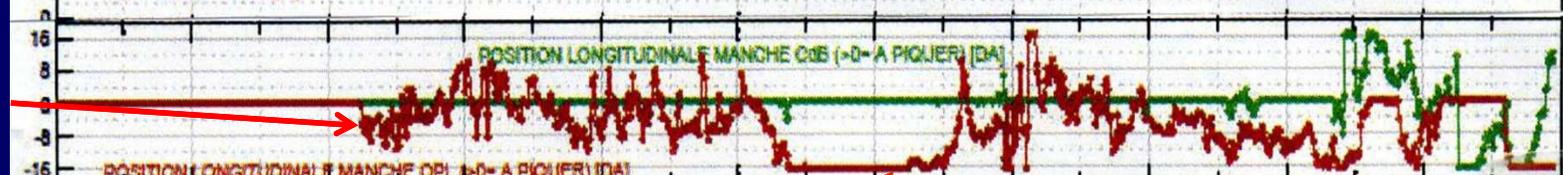
**Pour rattraper ce décrochage, il aurait fallu, de façon qui peut sembler paradoxale, d'abord placer les moteurs sur « Idle » (Réduit) et profiter de cet allègement du cabré pour pousser sur le manche à piquer, ce qu'a confirmé le Chef Pilote d'Airbus dans une revue d'Airbus.**

# Effet du couple piqueur sur l'assiette

Moteurs



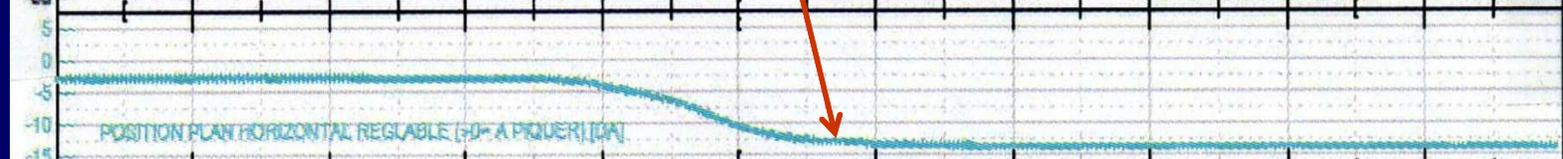
Piquer  
Manche OPL  
Cabrer D



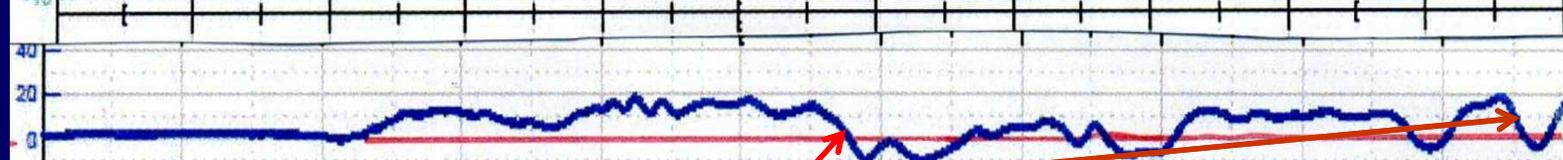
Piquer  
Gouverne  
Profondeur  
Cabrer



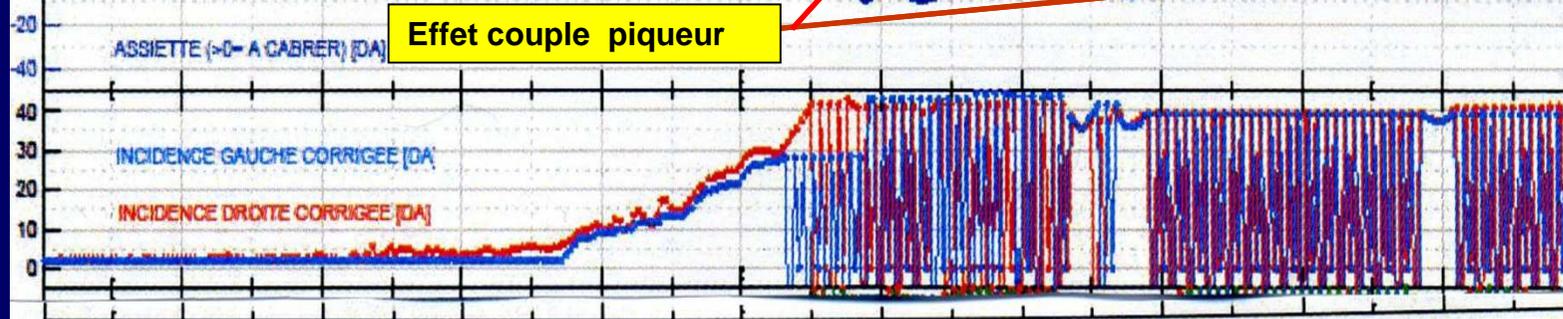
PHR  
Cabrer



Cabrer  
Assiette  
Piquer



Incidence



UTC (hh:mm:ss)

## Disparition des indications de vitesse verticale

**02h 11 45** : Le FDR montre un changement brutal de l'indication du variomètre, dont la valeur devient très instable, hachée.

Il y a deux valeurs affichées de ce vario sur l'horizon artificiel, l'une analogique avec une aiguille plafonnée à – 6,000 pieds et qui devient peu visible et une autre indication digitale qui devrait rester affichée.

**A 02h 11 58**, l'OPL Droit annonce : « *Le problème , c'est que je n'ai plus de vario* »  
Le CDB acquiesce : « *D'accord* » et l'OPL Gauche ajoute : « *On n'a plus une indication valable* ».

- **Si l'OPL Droit fait cette annonce de perte de vario, cela indique que quelques instants auparavant, il disposait de cette information.**
- **Le fait que le CDB réponde « *D'accord* » laisse à penser qu'il constate lui aussi la disparition de l'indication du variomètre.**
- **Enfin, si l'OPL Gauche avait eu une lecture possible de son variomètre, il n'annoncerait pas « *Qu'il n'a plus une indication valable* ».**

Dans son rapport d'étape N°3, le BEA fait souvent état de la valeur du taux du variomètre enregistré sur le FDR, qui signale des taux de descente très élevés, compris entre 10.000 et 15.000 pieds/min.

Ces informations tendent à accentuer l'impression d'un manque de discernement des pilotes. Mais une bonne information par ce document public aurait voulu que le BEA signale que les pilotes avaient perdu cette information du vario.

**02h 12 00 jusqu'à l'impact** : la vitesse verticale enregistrée par le FDR confirme la saute des indications. Le vario fait de multiples oscillations entre 0 et -15.000 pieds/min, pour se « stabiliser » jusqu'à la fin entre -10.000 et -15.000 pieds/min

**02h 12 35** : l'OPL D met son manche à piquer et l'assiette diminue jusqu'à  $-7^\circ$ , mais cette saine action ne dure que 20 secondes et il repasse le manche vers « cabré ».

### **Les pilotes mettent en doute le fonctionnement des commandes de vol**

De façon trompeuse, les quelques actions salvatrices à piquer aboutissent donc à la réactivation d'une alarme de décrochage que l'on entendait plus.

Il semble que le pilote aux commandes, trompé par cette indication, considère que puisqu'une action à piquer entraîne l'activation de l'alarme décrochage, il faut donc mettre du manche à cabrer. L'alarme redisparaît alors, puisque la vitesse repasse sous les 60kt.

Ce quiproquo aboutit à ce que les pilotes en viennent à douter de la validité des leurs commandes de vol, puisqu'elles semblent fonctionner à l'inverse de ce qui serait normal.

Concrètement, cela apparaît lorsqu'à **02h 13 28**, une minute avant l'impact, l'OPL Gauche, qui a pris les commandes dit à son collègue « **Essaie de trouver ce que tu peux faire avec tes commandes là-haut ! Les primaires, etc** ».

En clair, il doute de ses commandes et lui demande d'effectuer un « Reset » des commandes électriques de vol, dont il espère une amélioration du contrôle de l'avion.

**Ah, si les pilotes avaient disposé d'une information d'incidence !**

**L'absence de présentation de l'incidence de vol sur cet avion en Loi de commandes « Alternate » a été un facteur déterminant de la confusion et l'incompréhension des pilotes et très contributif de l'accident.**

Du décrochage jusqu'à la fin du vol, les actions pilotes vont être une succession désordonnée d'actions contradictoires à cabrer pour l'essentiel et seules une dizaine de secondes sur les 2min 30 qui restent à vivre verra l'assiette passer très fugitivement sous l'horizon,

Les pilotes ne savent plus quoi faire, avec des périodes de cabré et de piqué. Ils n'ont pas perçu que leur incidence était hors limite. Si cette indication leur avait été fournie, ils l'auraient ramené en dessous des 6° de décrochage.

Le BEA partage cette idée et recommande l'installation d'indicateur d'incidence sur tous les avions.

**Si les pilotes de l'Airbus avaient eu ce dispositif, il est quasi certain qu'ils ne se seraient pas abimés en mer.**

**02h 14 28 : l'avion percute la mer. Fin des enregistrements.**

## Les valeurs sur le FDR des indications des manches des pilotes représentent-elles la réalité ?

Il est vain de gloser sur la valeur de cabré ou piqué des manches des pilotes, car en définitive, ce ne sont pas les positions des manches qui sont enregistrés par le FDR, mais les ordres manches après filtrage informatique par les calculateurs des commandes de vol.

Quand on fait grief d'un ordre de pilotage à cabrer, ou à piquer, la question se pose de savoir si on doit mettre le pilote ou le calculateur sur la sellette, ou les deux !

**Tant qu'il en sera ainsi, on ne pourra tirer aucune conclusion irréfutable des indications du FDR sur les manches pilotes.**

Dans ce contexte, que vaut la conclusion du BEA qui affirme dans son rapport N°3 que « *Pendant tout le vol, les mouvements des gouvernes de profondeur et du PHR ont été cohérents avec les actions des pilotes* ».

## Que voyaient les pilotes sur leur tableau de bord ?

Cette question peut sembler étrange et pourtant ! Voici un extrait de l'analyse d'un expert judiciaire, pilote de ligne, non associé à l'enquête :

« *J'estime que personne de sérieux - à part peut-être dans le bureau d'études d'EADS - ne peut affirmer quelles étaient les informations disponibles sur les écrans des pilotes.*

*En effet :*

*Toutes les informations en provenance des différents "capteurs" (et les informations des tubes PITOT ou des palettes d'incidence en font partie bien entendu!), sont envoyées à l'entrée d'un gros calculateur appelé DMC (Display Management Computer), chargé, entre autres*

*fonctions, de comparer, digérer ces informations, de les valider ou non, et en finale de "construire" tous les instruments de pilotage sur les écrans des pilotes.*

*Aussitôt entrées dans le DMC - et très probablement avant tout traitement de comparaison ou de validation - beaucoup de ces informations sont envoyées directement vers un calculateur d'acquisition spécialisé puis vers l'enregistreur de paramètres FDR.*

*Certains "experts" - partent du principe que toutes les informations disponibles sur l'enregistreur FDR étaient également "disponibles" avec ces mêmes valeurs sur les écrans des pilotes. Non seulement je n'en suis pas certain mais, au contraire, j'ai un très gros doute sur ce point : le principe de ces computers (DMC et autres) étant - après de nombreux tests de comparaisons, de pertinence et de validation – de rejeter comme "invalid" et de ne pas "transmettre" ou traiter des informations non validées.*

***Ceci fait que l'on ne peut nullement conclure - actuellement - sur la réalité et sur la pertinence des infos effectivement disponibles sur les écrans des pilotes.***

*Idem pour les infos transitant via le calculateur centralisé de maintenance, objet des émissions ACARS et qui n'ont rien à voir avec le DMC et donc avec les données envoyées sur les instruments pilotes.*

***Les appréciations des uns et des autres sur ce que les pilotes avaient "réellement" devant les yeux sur leurs instruments et donc sur les actions des pilotes sont donc à considérer avec beaucoup de précautions... pour ne pas dire réserve! »***

***Nous attendons donc qu'une réponse sans ambiguïté soit apportée à ces interrogations.***

***Une indispensable réforme de  
la doctrine et de la technologie  
d'Airbus***

Dans la Grèce antique, le vol d'Icare se termina par le premier accident aéronautique de l'Histoire et depuis, de nombreux autres ont endeuillés le Transport Aérien.

Entre 2001 et 2010, 87 avions de ligne se sont crashés dans le monde (source Boeing), dont 20 en décrochage, provoquant 5.005 tués et il y a donc encore à faire pour améliorer la sécurité des vols. Cet objectif implique une remise en cause de ceux qui sont des acteurs contributifs potentiels aux accidents. Parmi eux, Airbus a une nécessité de remettre en cause certains domaines de sa doctrine et de sa technologie.

Cela nécessite du courage et on peut citer l'exemple de la remise en cause profonde que sut réaliser la Nasa à la suite de l'explosion de la navette spatiale Challenger. On peut citer aussi le conflit homérique qui opposa durant les années 90 le NTSB (*National Transport Safety Board*) à Boeing, qui ne voulait pas reconnaître sa responsabilité dans les multiples incidents graves et les deux crashes de Colorado Springs et Pittsburgh, provoqués par une servo commande défectueuse de la gouverne de direction du B 737.

Cela se termina par une reconstruction de cette servo commande et le remboursement par Boeing des centaines de millions de dollars qu'avaient du verser les compagnies aériennes aux ayant-droits des victimes.

Ces actions du NTSB furent considérées comme servant l'amélioration de la sécurité des vols et non pas comme une menée anti nationale contre l'intérêt industriel du constructeur.

Le propos sera de même nature dans le présent document, en listant les indispensables réformes que devrait apporter Airbus à ses merveilleuses machines volantes.

Un journaliste a dit un jour que « *Le A320 est de l'idéologie à l'état pur !* »

Dès les prémices de la conception du A 320, Airbus s'est embarqué dans un concept intellectuellement séduisant, basé sur le postulat que l'ordinateur avait plus de fiabilité que l'homme pour assurer la sécurité des vols. Pourtant, quelques années avant que l'on mette cet avion en étude, le film « *2001, odyssée dans l'espace* » avait montré de façon prémonitoire les dangers de s'en remettre à la toute-puissance de l'ordinateur.

Cette confiance aveugle dans la suprématie de l'ordinateur s'est imposée par la primauté qui lui est donnée.

Cette primauté a sa place lors d'une utilisation normale de l'avion. Mais elle ne l'a plus lorsqu'on refuse d'envisager qu'en cas de défaillance des computers ou de leurs systèmes liés, il faut laisser la possibilité aux pilotes de revenir à un pilotage classique, puisque cet avion utilise, comme tous les autres, des gouvernes de profondeur, d'aileron ou de direction.

Cette logique conduit à une fuite en avant vers la redondance par une accumulation de logiciels, censée donner des très faibles probabilités de pannes. Comme on ne peut malgré tout exclure la survenance de pannes rarissimes, on les habille du terme NCD (Non computed data), pour signifier que leur occurrence est suffisamment faible pour être négligée.

Il est vrai qu'en loi « *Normale* » des commandes de vol, les Airbus sont des avions très sûrs, même si leur interface avion-pilote est déficiente. Cette Loi « *Normale* » couvre probablement 99,99% des situations de vol. Mais Airbus a livré environ 7.000 avions qui font chacun environ 5000 heures de vol chaque année, c'est-à-dire 35 millions d'heures de vol. Un petit pourcentage de vols hors Loi « *Normale* » devient alors quelque chose d'important.

C'est là une source de catastrophes, car si les Airbus peuvent donner l'illusion de facilité en loi « *Normale* », il faut des qualités et un entraînement d'astronaute pour les utiliser dans certains cas de vols avec des pannes multiples.

En cas de panne grave des computers, la bonne conception de l'avion est de donner aux pilotes le contrôle de la trajectoire, **sans empêchement par les ordinateurs, car s'ils ont failli, cela prouve que l'on ne peut pas compter dessus.**

Le retour à des commandes classiques qui agissent directement sur les braquages des gouvernes s'impose alors et il est donc nécessaire qu'Airbus revoie sa doctrine, ses logiciels et la présentation des informations aux pilotes.

Il faut sortir du concept « ***Pourquoi faire simple si on peut faire compliqué*** » qui est le résultat actuel de cette accumulation de logiciels et systèmes divers.

Les avions modernes de Boeing ont une simplicité pragmatique dont Airbus devrait s'inspirer. Dans l'industrie, il faut « *piquer* » les bonnes idées et ne pas s'enfermer dans le dogmatisme.

En aviation comme ailleurs, le mieux est l'ennemi du bien !

Nous détaillons ci-après les diverses modifications qui nous semblent indispensables.

## 1) Sans le givrage des tubes Pitots, le vol AF 447 serait arrivé à PARIS !

La liste étoffée des aberrations de cette catastrophe commence par ce constat !

Ce givrage faisait-il partie de ces choses imprévisibles dont on ne peut se prémunir, qui existent dans toutes les industries ? : NON

Airbus avait identifié 29 cas de givrage Pitot entre 2003 et le 1er juin 2009 :

- 26 sur sondes Thalès AA
- 2 sur sondes Thalès BA
- 1 sur sonde Goodrich

Alors que ces pertes des indications de vitesses liées au givrage Pitot entraînaient des situations potentiellement très dangereuses, Airbus s'est contenté de recommander le changement des sondes Thalès AA sans fixer d'urgence.

Le 10 août 2009, après l'accident du Rio-Paris, Airbus et l'EASA éliminaient la sonde Pitot Thalès AA en urgence par la publication d'une « *airworthiness directive* », qui authentifiait que le défaut de cette sonde engendrait bien une « *unsafe condition* »

**La publication sans atermoiement par AIRBUS d'une UNSAFE CONDITION concernant les sondes Pitot Thalès AA aurait entraîné leur remplacement immédiat et permis d'éviter cet accident**

**Il faut souligner aussi que concernant la technologie, il est affligeant que 43 ans après avoir envoyé des hommes sur la Lune, les industriels ne soient pas fichus de concevoir un Tube Pitot qui fonctionne correctement en conditions givrantes !**

## 2) Une loi « Alternate » des commandes de vol qui est un piège dangereux et qui devrait être éliminée des logiciels

Si par suite d'une panne de capteurs ou de calculateurs, les commandes passent en mode « *Alternate* » 1 ou 2, les Airbus deviennent un piège dangereux qui n'amène aucun avantage de sécurité. Au contraire !

En Loi « *Alternate 2* », il n'y a plus de protection d'incidence et d'inclinaison, mais la fonction trim automatique reste active et on a vu que son fonctionnement était catastrophique en approche de décrochage.

Cette loi est un P.A.C comme le disait Bernard BLIER dans un film. On lui demanda ce que c'était et il répondit « **C'est un piège à c.....!** »

Il faut donc qu'Airbus ait le courage technologique de faire disparaître purement et simplement les lois de commandes « *Alternate 1 et 2* » et celle de « *Situation anormale* », pour ne laisser subsister que la loi de secours de commandes de vol « *Directe* ». Dans cette solution « *Directe* », les mouvements des minimanches des pilotes commandent un braquage proportionnel des gouvernes et le trim de profondeur est utilisé manuellement.

**Le Concorde a effectué tous ses vols pendant des décennies avec une loi Normale et une loi de commandes de vol « *Directe* », sans que cela pose de problèmes !**

Le Boeing 777 ne dispose que d'une loi « *Normale* » et une loi « *Directe* » à laquelle les pilotes peuvent aisément accéder. Cet avion est au moins aussi sûr que les Airbus !

Et qu'on ne vienne pas dire que le passage d'une Loi « *Normale* » à une loi « *Directe* » serait source d'insécurité. Après les crashes des deux Airbus du Rio-Paris et de Perpignan, ce serait indécent.

### 3) Une loi de « Situation anormale » dangereuse

Cette loi qui s'active dans des valeurs extrêmes d'attitude de l'avion ou de l'incidence de vol est dans le droit fil de la logique Airbus qui veut placer l'ordinateur comme principale protection de l'avion.

Elle a notamment provoqué le crash du l'Airbus XL de Perpignan qui s'est trouvé en PHR plein cabré bloqué et rendu inévitable celui de l'AF 447.

Le bon sens voudrait donc qu'elle disparaisse des logiciels.

### 4) Installer une alarme de décrochage réglementaire

Il serait temps qu'Airbus munisse tous ses avions d'une alarme décrochage qui sorte de la logique « *ingénieur* » pour s'adapter à une interface pilote-avion efficace et conforme aux règles internationales.

## 5) Installer un indicateur d'incidence sur les Air bus

L'absence de présentation claire de l'incidence aux pilotes a été un facteur déterminant de la confusion des pilotes et de leur non perception du décrochage.

Dès que l'avion s'approche d'une incidence voisine du décrochage, il faudrait que l'incidence jaillisse en information sur le tableau de bord, d'une façon facile à lire et qui ne risque pas de passer inaperçue.

La technologie actuelle permettrait sans grande difficulté de faire apparaître la valeur de l'incidence de façon très visible.

Dès les années 60 un indicateur sommaire d'incidence existait sur les Mirage III, sous forme de trois lampes : « **Verte** », « **Ambre** » ou « **Rouge** ».

Les pilotes de chasse s'en trouvaient très bien pour apprécier les limites du décrochage sur l'aile délicate en DELTA du Mirage. En 2012, la technologie permet assurément de créer un dispositif jaillissant aux yeux des pilotes en cas de nécessité et facile d'emploi.

Dans les techniques actuelles, cette notion d'incidence a été résolue par Boeing sur le B 777 en installant le PLI (*Pitch Level Indicator*), qui fait apparaître deux « *moustaches* » sur l'horizon artificiel à l'approche de vitesses critiques. Il suffit de garder l'assiette de l'avion en dessous de ces moustaches pour éviter le décrochage.

**Le BEA a pris conscience de cette anomalie criarde de l'instrumentation du tableau de bord et recommande dans son rapport d'étape l'installation d'indicateurs d'incidence sur TOUS les avions de ligne.**

## 6) Aberration d'un Plan Horizontal Réglable qui aggrave le décrochage

En Loi « Normale », le fonctionnement du trim automatique ne pose pas de problème. Mais en Loi *Alternate*, le maintien de ce trim automatique est une hérésie dangereuse, comme l'a montré cet accident, en aggravant une éventuelle erreur de pilotage, quand cela aboutit au déroulement du trim vers « Cabré », alors que l'avion entre en décrochage.

Il y a donc lieu de supprimer la fonction « automatique » de ce trim dans toutes les lois hors de celle « Normale ».

Cette modification apparait comme essentielle quand on constate que le passage de la loi « *Alternate 2* » à celle de « *Situation anormale* » aboutit au blocage du PHR à plein cabré.

## 7) Non conjugaison des minimanches de commande des gouvernes

La conjugaison des manches aurait permis au deuxième pilote de mieux prendre conscience que son collègue avait une action continue à cabrer l'avion et l'aurait incité à agir sur les commandes, comme sur tous les autres types d'avions, modernes ou anciens.

## 8) Revenir à des contrôles automatiques des manettes des gaz semblables à celles de tous les avions du monde anciens ou modernes

Sur les Airbus, la non conjugaison des manches pilotes et les manettes fixes dégradent l'interface pilote-avion et sont nuisibles à la sécurité des vols.