

« Sous-estimation de la gravité des défaillances des sondes anémométriques équipant l'aéronef AIRBUS A330 »

Le danger identifié:

**« Perte totale d'indication de vitesse
consécutive au blocage simultané des 3 sondes Pitot Thalès AA »**

L'évaluation du risque en novembre 2008

1 - L'analyse de sécurité

2 - Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

3 - Conclusion

1- L'analyse de sécurité

Annex to ED Decision 2008/006/R
CS-25 BOOK 2

Page 2-F-108

CS 25 : normes de certification

A Safety Analysis document should be produced to identify the Failure Conditions, classify their hazard level according to the guidance of AMC 25.1309, and establish that the Failure Conditions occur with a probability corresponding to the hazard classification or are mitigated as intended.

The Failure Condition statements should identify the impacted functionality, the effect on the aeroplane and/or its occupants,

Le document de référence est l'AMC 25.1309.
(AMC : Moyens Acceptables de Conformité)

Le classement d'un risque lié à une panne est défini par les effets maximums induits sur l'avion, les pilotes et les autres occupants

auxquels est associée une gravité supposée des conséquences de la panne envisagée : Mineur, Majeur, Dangereux ou Catastrophique.

Et un degré d'occurrence estimé (10^{-3} à 10^{-9}).
(10^{-5} = 1 cas pour 100 000 heures de vol)

CS-25 BOOK 2

Annex to ED Decision 2008/006/R

AMC 25.1309

Figure 2: Relationship Between Probability and Severity of Failure Condition

Effect on Aeroplane	No effect on operational capabilities or safety	Slight reduction in functional capabilities or safety margins	Significant reduction in functional capabilities or safety margins	Large reduction in functional capabilities or safety margins	Normally with hull loss
Effect on Occupants excluding Flight Crew	Inconvenience	Physical discomfort	Physical distress, possibly including injuries	Serious or fatal injury to a small number of passengers or cabin crew	Multiple fatalities
Effect on Flight Crew	No effect on flight crew	Slight increase in workload	Physical discomfort or a significant increase in workload	Physical distress or excessive workload impairs ability to perform tasks	Fatalities or incapacitation
Allowable Qualitative Probability	No Probability Requirement	<---Probable--->	<---Remote--->	Extremely Remote	Extremely Improbable
Allowable Quantitative Probability: Average Probability per Flight Hour on the Order of:	No Probability Requirement	<10 ⁻³ Note 1	<10 ⁻⁵	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁹
Classification of Failure Conditions	No Safety Effect	<---Minor--->	<---Major--->	<---Hazardous--->	Catastrophic

Note 1: A numerical probability range is provided here as a reference. The applicant is not required to perform a quantitative analysis, nor substantiate by such an analysis, that this numerical criteria has been met for Minor Failure Conditions. Current transport category aeroplane products are regarded as meeting this standard simply by using current commonly-accepted industry practice.

1- L'analyse de sécurité

- **18 novembre 2008 : L'AESA informe la DGAC qu'une évaluation du risque par Airbus est en cours.**
- **30 mars 2009 : L'AESA informe la DGAC que le classement « Majeur » est confirmé.**
- **L'analyse de l'incident ne serait pas faite par l'AESA mais par AIRBUS. Au cours de réunions ARM* AIRBUS explique les faits et son analyse. L'AESA décide avec AIRBUS de la suite à donner à ces incidents.**

*ARM : Airworthiness Review Meeting. Ces réunions regroupent les spécialistes d'Airbus et de l'AESA en matière de navigabilité et de sécurité.

2 - Un classement Majeur abusif pour 2 raisons

- A l'origine, la perte totale d'indication de vitesse est un risque
« Dangereux »

- Selon Airbus, le risque est classé « Majeur » à condition que :

ET

- La situation soit détectée de façon immanquable par les pilotes;

- La situation puisse être gérée au moyen d'une procédure et d'un entraînement associés.

2 - Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets de la perte des indications de vitesse sur les pilotes dans les événements antérieurs

ET

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat.

2 - Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets sur les pilotes

La non application récurrente de la procédure IAS douteuse par les équipages aurait pu et dû être détectée et analysée avant l'accident.

A la date de l'accident, le CS25 (page 2-F-46) recommande que l'analyse de sécurité vérifie que les actions requises (ici l'application de la procédure) soient effectivement accomplies par l'équipage :

(5) Crew and Maintenance Actions.

9. COMPLIANCE WITH CS 25.1309.

(i) Where an analysis identifies some indication to, and/or action by, the flight crew, cabin crew, or maintenance personnel, the following activities should be accomplished:

1 Verify that any identified indications are actually provided by the system.

2 Verify that any identified indications will, in fact, be recognised.

3 Verify that any actions required have a reasonable expectation of being accomplished successfully and in a timely manner.

(ii) These verification activities should be accomplished by consulting with engineers, pilots, flight attendants, maintenance personnel and human factors specialists as appropriate, taking due consideration of the consequences if the assumed action is not performed or mis-performed.

3 « Vérifier que l'on peut s'attendre raisonnablement à ce que toutes les actions requises soient accomplies avec succès et en temps opportun »

2 - Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets sur les pilotes

Les effets sur les pilotes étaient importants

En effet (**rapport final du BEA pages 89-91 et 112**), l'étude de treize évènements de pertes ou d'anomalies temporaires de vitesses indiquées survenus en croisière sur Airbus A330/A340 a permis d'identifier à partir des paramètres enregistrés et des témoignages des équipages de conduite :

1. Qu'aucun des treize équipages de conduite n'a appliqué la procédure « unreliable airspeed » (pas d'application des « memory items » ni de la procédure elle-même)
2. Que l'analyse de la situation par les équipages semble difficile

2 - Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets sur les pilotes

3. Que certains équipages évoquent la difficulté de choisir une procédure compte tenu de la situation (nombreuses alarmes) . Dans deux cas, l'équipage de conduite a conclu à une incohérence entre les incidences

4. Que le déclenchement de l'alarme STALL (décrochage) est perçu. Elle surprend et de nombreux équipages ont tendance à la considérer comme incohérente

En conclusion de ces constatations du BEA, il est avéré que, dans ces circonstances, l'aptitude des pilotes à effectuer leur tâches (correctement) est fortement diminuée.

2- Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets sur les pilotes

Lorsque l'aptitude des pilotes à effectuer leurs tâches diminue, le risque doit être classé « **Dangereux** »

AMC 25.1309

- AMC : Acceptable Means of Compliance
Moyens acceptables de conformité
- « impairs ability to perform task » :
« diminue l'aptitude à effectuer des tâches »

Annex to ED Decision 2008/006/R

CS-25 BOOK 2

Figure 2: Relationship Between Probability and Severity of Failure Condition

Effect on Aeroplane	No effect on operational capabilities or safety	Slight reduction in functional capabilities or safety margins	Significant reduction in functional capabilities or safety margins	Large reduction in functional capabilities or safety margins	Normally with hull loss
Effect on Occupants excluding Flight Crew	Inconvenience	Physical discomfort	Physical distress, possibly including injuries	Serious or fatal injury to a small number of passengers or cabin crew	Multiple fatalities
Effect on Flight Crew	No effect on flight crew	Slight increase in workload	Physical discomfort or a significant increase in workload	Physical distress or excessive workload impairs ability to perform tasks	Fatalities or incapacitation
Allowable Qualitative Probability	No Probability Requirement	<---Probable--->	<---Remote--->	Extremely <---Remote--->	Extremely Improbable
Allowable Quantitative Probability: Average Probability per Flight Hour on the Order of:	No Probability Requirement	<10 ⁻³ Note 1	<10 ⁻⁵	<10 ⁻⁷	<10 ⁻⁹
Classification of Failure Conditions	No Safety Effect	<---Minor--->	<---Major--->	<---Hazardous--->	Catastrophic

Note 1: A numerical probability range is provided here as a reference. The applicant is not required to perform a quantitative analysis, nor substantiate by such an analysis, that this numerical criteria has been met for Minor Failure Conditions. Current transport category aeroplane products are regarded as meeting this standard simply by using current commonly-accepted industry practice.

9/22

2- Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets sur les pilotes

Dans son rapport final, le BEA a souligné que l'analyse de sécurité d'Airbus, classant le risque « Majeur », s'est limitée aux systèmes en ne prenant pas en compte les effets sur les pilotes **page 148**

« Entre février 2005 et mars 2009, Airbus est informé par 10 exploitants d'Airbus A330 et A340 de 16 incidents survenus en croisière et attribuables selon les données disponibles à une possible obstruction d'au moins 2 sondes Pitot par de l'eau ou de la glace. /.../ Airbus conclut chacune des 16 analyses par le constat que les systèmes ont fonctionné conformément à leur conception. Sur cette base, le constructeur rappelle le classement majeur de la condition de panne. »

2- Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.1. Airbus n'a pas analysé les effets sur les pilotes

Le caractère incomplet de l'analyse de sécurité est confirmé dans le rapport définitif des experts. Ils fournissent en annexe du rapport définitif de contre-expertise **7 ISRO** (In Service Reportable Occurrence) qui sont l'analyse de 7 incidents durant lesquels les sondes Pitot se sont bouchées.

Dans aucune de ces analyses il n'y a des remarques sur les effets induits sur les pilotes

 **AIRBUS**
SDM application

AIRBUS

Date: 10-Aug-09

RO File Type: ISO

RO Information

Program	LR	Chrono Reference	EALA_D09009671	Issue Number	1
Status	Closed	Sent to Authorities		Classification	Yellow

Title: A330/CF6-80 - AFR MSN - NAV IAS DISCREPANCY FOLLOWED BY ALTN LAW AND STALL WRNG

Event Date	30-mar-2009	RO Reference	996.0247/09
ATA	34-10		
MSN	0443	Operator	AFR
A/C Model	330-203	Engine Type	CF6-80
		Registration	F-GZCB
		FH/FC	30261/4722

In-service experience:
Several cases of airspeed discrepancy in flight leading to a reversion in F/CTL ALTN LAW have been reported. Most of cases are due to pitot probes obstruction.

Corrective actions:

Conclusion:
The most probable root cause of this event is ice crystal ingress by Pitot probes in cruise because of the severe weather conditions encountered by the aircraft. It has caused the loss of the AP and ATHR, and the reversion into Alternate Law as per design.

2- Un classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Le « scénario 22 » est le document de référence, partie de l'analyse de sécurité effectuée en 1999, qui autorise Airbus à classer le blocage des sondes Pitot « Majeur »

Dans le scénario 22,
le risque est classé
« Majeur » à condition
que les pilotes aient
un entraînement
adéquat

A340/A330		SAFETY ANALYSIS ON THE EFFECTS OF UNRELIABLE AIRSPEED/MACH PARAMETERS		TN 513.0356 / 99 Page 79	
Ref	Failure Condition	Operational Repercussions and A/C System Behaviour	Crew corrective action	Classif.	
22 5	Same as Ref. 2*, but with several VC/Mach sources affected * Erroneously low VC/Mach parameter value delivered by ADR (and possibly stby ASI) : significant VC drop in a short time. e.g. in cruise, the VC may drop down from 270 kts to 80 kts or less. The signals are still N.O. coded Basically, in this failure mode, the parameter variations are not synchronous between the different sources. [ADR undetected failure, or large VC fluctuations due to temporary pitot head obstruction in very heavy rain/sleet or in very severe icing conditions, and subsequent Pt pressure drop down through the pitot drain hole]	<u>Repercussions on EFIS :</u> - If pitots 1 & 2 are affected, the CAPT and F/O PFDs will display unusable airspeed, Mach, characteristic indications, and the NDs will display erroneous wind and TAS data. Large indicated airspeed fluctuations on stby ASI if pitot 3 affected. FPV indications not affected (even if AOA NCD). <u>Repercussions on other systems :</u> (By definition, in this scenario, the erroneous VC parameters are supposed to have dissimilar values (and such that the ADRs two by two have differences exceeding the EFCS and AFS comparison thresholds)). Envelope of the possible consequences : • the EFCS will switch to ALTN law, with protections lost. The EFCS will eliminate all ADRs, for the remainder of the flight. • Loss of RTL, WINDSHEAR detection, α - FLOOR, Low Energy awareness, and loss of characteristic speeds, with SPD LIM flag on PFDs. • AP/FD/A/THR disconnection. As soon as the ADRs resume normal operation, the FDs will automatically re-engage, then the AP and A/THR re-engagement will also be possible (and with CAT III dual capability). • ECAM cautions : F/CIL ALTN LAW, RUD TRV LIM FAULT, AUTO FLT REAC W/S DET FAULT, and cautions associated to AP/FD/A/THR disconnection.	The crew will apply the FCOM QRH procedure « flight with unreliable airspeed », firstly with memory items (coarse pre-set pitch and N1 values) to give themselves time to find the precise QRH tables which provide accurate pitch and N1 values then to use them for good A/C handling.	MAJOR with adequate crew training even if the phenomenon lasts for long.	

Classif.

MAJOR with adequate crew training even if the phenomenon lasts for long.

2- Le classement « Majeur » abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Dans le **scénario 22**, l'A330/340 est en croisière donc à haute altitude.

*** Adéquat** : « qui correspond parfaitement à son objet »

e.g. In cruise

Donc, l'entraînement doit être effectué à haute altitude et en condition de perte des informations de vitesse.

A340/A330		SAFETY ANALYSIS ON THE EFFECTS OF UNRELIABLE AIRSPEED/MACH PARAMETERS		TN 513.0356 / 99 Page 79	
Ref	Failure Condition	Operational Repercussions and A/C System Behaviour	Crew corrective action	Classif.	
22 5	Same as Ref. 2*, but with several VC/Mach sources affected * Erroneously low VC/Mach parameter value delivered by ADR (and possibly stby ASI) : significant VC drop in a short time. e.g. in cruise, the VC may drop down from 270 kts to 80 kts or less. The signals are still N.O. coded Basically, in this failure mode, the parameter variations are not synchronous between the different sources. [ADR undetected failure, or large VC fluctuations due to temporary pitot head obstruction in very heavy rain/sleet or in very severe icing conditions, and subsequent Pt pressure drop down through the pitot drain hole]	<u>Repercussions on EFIS</u> : - If pitots 1 & 2 are affected, the CAPT and F/O PFDs will display unusable airspeed, Mach, characteristic indications, and the NDs will display erroneous wind and TAS data. Large indicated airspeed fluctuations on stby ASI if pitot 3 affected. FPV indications not affected (even if AOA NCD). <u>Repercussions on other systems</u> : (By definition, in this scenario, the erroneous VC parameters are supposed to have dissimilar values (and such that the ADRs two by two have differences exceeding the EFCS and AFS comparison thresholds)). Envelope of the possible consequences : • the EFCS will switch to ALTN law, with protections lost. The EFCS will eliminate all ADRs, for the remainder of the flight. • Loss of RTL, WINDSHEAR detection, α - FLOOR, Low Energy awareness, and loss of characteristic speeds, with SPD LIM flag on PFDs. • AP/FD/A/THR disconnection. As soon as the ADRs resume normal operation, the FDs will automatically re-engage, then the AP and A/THR re-engagement will also be possible (and with CAT III dual capability). • ECAM cautions : F/CIL ALTN LAW, RUD TRV LIM FAULT. AUTO FLT REAC W/S DET FAULT, and cautions associated to AP/FD/A/THR disconnection.	The crew will apply the FCOM QRH procedure « flight with unreliable airspeed », firstly with memory items (coarse pre-set pitch and N1 values) to give themselves time to find the precise QRH tables which provide accurate pitch and N1 values then to use them for good A/C handling.	MAJOR with adequate crew training even if the phenomenon lasts for long.	*

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

. La difficulté du **pilotage en loi Alternate** à haute altitude,
la nécessité d'un entraînement adéquat . (rapport BEA pages 193 et 194)

« Lorsque plus aucune protection n'existe, l'avion ne possède pas de stabilité statique longitudinale positive même à l'approche du décrochage. »*

« Dans cette loi de pilotage l'avion, mis dans une configuration où la poussée n'est pas suffisante pour maintenir la vitesse sur la trajectoire, finirait par décrocher sans action sur le manche. »

*« Il apparaît que cette absence de stabilité statique positive a pu contribuer à l'absence d'identification par le PF** de l'approche du décrochage. »*

* A poussée constante, si la vitesse diminue l'avion doit tendre à piquer pour récupérer sa vitesse d'équilibre

** Pilot Flying

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Conclusions de la diapositive précédente :

- **Les pilotes du vol AF 447 n'avaient pas eu ces informations**
- **Les pilotes du vol AF 447 n'avaient pas été entraînés de façon adéquate**

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

La difficulté du **pilotage en loi Alternate** à haute altitude,
la nécessité d'un entraînement adéquat (suite).

Jacques ROSAY, chef pilote d'essai
Airbus de 1994 à 2015 affirme le
11 janvier 2011 dans
The Airbus Safety Magazine:

« A haute altitude,
le domaine de vol est réduit »

« En loi Alternate, il est recommandé de descendre de 4000 ft
par rapport au niveau de vol maximum recommandé pour
élargir le domaine de vol »

The Airbus Safety Magazine

Issue 11 | JANUARY 2011 | 5



Jacques ROSAY
VP Chief Test Pilot

What is stall? How a pilot should react in front of a stall situation

"Typically, in cruise at high Mach number and high altitude, at or close to the maximum recommended FL, there is a small margin between the actual cruise AoA and the AoA STALL."

"For those reasons, when in ALTERNATE or DIRECT LAW, it is recommended to fly at a cruise flight level lower than the maximum recommended. A 4,000 ft margin is to be considered."

AoA : Angle of
Attack (incidence)

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Conclusion de la diapositive précédente :

- . Les pilotes du vol AF 447 n'avaient pas cette information.
- . Ils ont au contraire, sans doute, essayé de maintenir le niveau de croisière.

2.1.2.3 *Contrôle de la trajectoire* (rapport BEA page 179)

Le PF applique aussi très rapidement après la déconnexion du pilote automatique des actions à cabrer. /.../. Cette réponse a pu être associée à une volonté de récupérer le niveau de croisière : le PF a pu détecter sur son PFD la perte d'altitude d'environ 300 ft et de la vitesse verticale de l'ordre de 600 ft / min en descente.

PF : Pilot Flying. PFD : Primary Flight Display

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Airbus n'a publié le programme d'entraînement « IAS Douteuse » à haute altitude que le 9 septembre 2009, donc après l'accident (FOT *).

5 - EVOLUTIONS FAITES A LA SUITE DE L'ACCIDENT

5.2 Airbus

Revue de la procédure « Unreliable speed indication »

- ❑ FOT du 9 septembre 2009 recommandant, au prochain entraînement périodique, une séance sur simulateur à haute altitude en lois normale et alternate incluant :
 - le pilotage manuel,
 - la réalisation de la procédure UNRELIABLE SPEED INDICATION / ADR CHECK PROC.

*FOT : Flight Operations Telex

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Avant l'accident, l'entraînement prévu dans le « Flight Crew Training Program » d'Airbus (document à l'usage des instructeurs) consistait à: [Rapport BEA page 154](#)

- Au décollage, 900 feet QNH « Pitot blocked » côté copilote avec ADR 3 FAULT

- Puis à 1800 feet QNH AIRSPEED CHANNEL ADR 1 FAULT

Dans son FOT de septembre 2009, Airbus fait la remarque suivante :

il n'est pas recommandé d'utiliser le scénario pitot blocked à haute altitude

Note: The "pitot blocked" failure in some simulators represents an instantaneous full pitot blockage. Airspeed will remain frozen as long as the aircraft stays in level flight and will increase or decrease if aircraft climbs or descends.

It does not represent the failure seen at high altitude. Consequently, it is not recommended to simulate the unreliable airspeed condition in this way.

ADR :
Air Data
Reference

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Les extraits de rapports suivants font le constat que les pilotes n'avaient pas reçu un entraînement adéquat avant l'accident :

Rapport d'expertise judiciaire page 99

Le CdB et l'OPL PF ont suivi un entraînement à la manœuvre d'urgence « Vol avec IAS Douteuses » en basse altitude au cours de la période de référence 2006-2007 sur A320.

Les trois pilotes ont suivi un entraînement à la manœuvre d'urgence « Vol avec IAS Douteuses » après décollage dans la période 2008-2009 sur A330.

Rapport définitif de contre-expertise judiciaire page 173

- Les pilotes n'étaient pas entraînés à traiter les problèmes d'indication erronées de vitesse en haute altitude ni à piloter l'avion en loi Alternate en haute altitude et en atmosphère turbulente ;

2- Un classement «Majeur» abusif pour 2 raisons

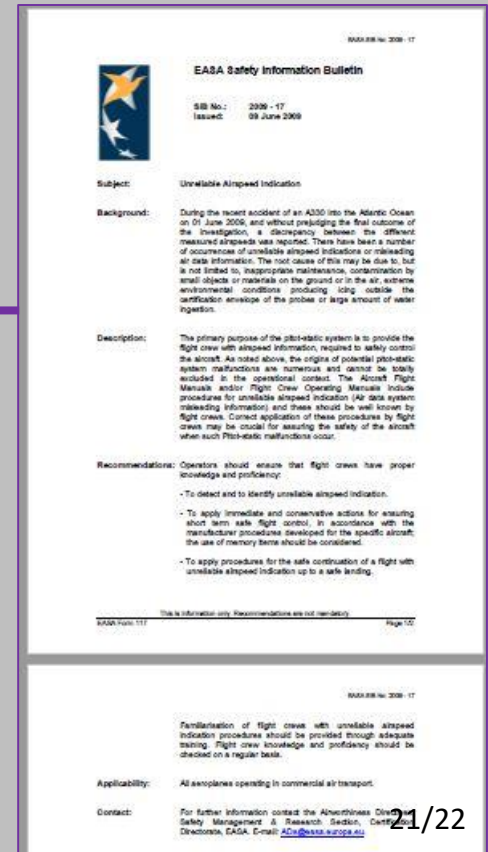
2.2. L'entraînement associé à la procédure n'était pas adéquat

Après l'accident, l'AESA recommandait dès le 9 juin 2009 dans un **Safety Information Bulletin (SIB)** que les pilotes aient un entraînement adéquat :

EASA SIB No: 2009 - 17

Familiarisation of flight crews with unreliable airspeed indication procedures should be provided through adequate training. Flight crew knowledge and proficiency should be checked on a regular basis.

« La familiarisation des pilotes avec les procédures en cas d'incohérence des indications de vitesse doit être fournie par un entraînement adéquat. Les connaissances et les compétences des pilotes doivent être vérifiées régulièrement. »



3- Conclusions

**Les effets du blocage des sondes Pitot sur les pilotes étaient très nombreux.
Ils n'ont pas été analysés par Airbus**

Le classement « Majeur » du risque lié au blocage des sondes Pitot était conditionné par l'application d'une procédure. La plupart des équipages n'a pas appliqué cette procédure lors des événements précurseurs. La détection immanquable de la situation n'était donc pas garantie.

Le classement « Majeur » du risque lié au blocage des sondes Pitot Thales AA était conditionné par un entraînement adéquat des pilotes. Cet entraînement n'existait pas.

En conséquence, le classement du risque n'était pas « Majeur », il était « Dangereux » et le blocage simultané des 3 sondes Pitot Thales AA était une condition compromettant la sécurité, obligeant le constructeur Airbus et l'Agence Européenne pour la Sécurité de l'Aviation (AESA) à éliminer les sondes Pitot Thales AA et à mettre en place un programme permettant de rétablir le niveau de sécurité, avec notamment un entraînement adéquat des pilotes, avant l'accident du vol AF 447.