

## QUELLA BRUTTA STORIA DELLE “SONDE PITOT”

Dobbiamo davvero credere che il malfunzionamento dei *Tubi Pitot* occorso all'Airbus 330 di Air France, Rio-Parigi, (1) abbia rappresentato un caso isolato “non del tutto compreso dagli addetti ai lavori” così come viene scritto nel rapporto finale emesso dalla BEA in chiusura delle indagini su quello che è stato uno dei più rappresentativi incidenti riguardanti l'interfaccia uomo-computer? (2)

Iniziamo col chiarire cosa sono esattamente queste sonde e il ruolo che esse assolvono. Questi tubicini che spuntano fuori della carlinga dei velivoli hanno il compito di catturare nella loro minuscola cavità aria in entrata tramite la quale i computer di bordo sono in grado di calcolare la velocità indicata del velivolo e non solo. La velocità indicata (*Indicated AirSpeed* o IAS) è la misura della velocità di un aeromobile letta direttamente sull'anemometro collegato appunto al sistema pitot-statico. Generalmente viene espressa in nodi ed è abbreviata con la sigla KIAS per distinguerla dalla velocità calibrata (KCAS) e velocità vera (KTAS).

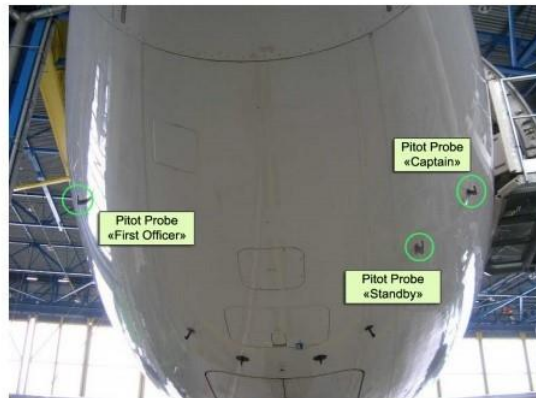


Figure 2: Position of the Pitot probes on the Airbus A330

*La posizione delle tre sonde (capitano/primo ufficiale e standby) nell'A330*

Con l'aumentare delle quote di crociera il rischio che il ghiaccio ostruisca le sonde si è fatto molto più concreto ed è per questo che le sonde in questione debbono venir riscaldate per assicurare il loro corretto funzionamento. Un eventuale guasto comporta che il computer riceve dati di velocità errati, decisamente ridotti rispetto a quella reale che l'aereo in quel momento mantiene, e di conseguenza finisce per fornire input errati ai sistemi di navigazione. Dal momento che i piloti nel loro addestramento vengono ossessivamente indottrinati a far riferimento a ciò che il computer e la strumentazione di bordo loro indica, è facile immaginare come ciò possa condurre a disastri o quasi disastri.

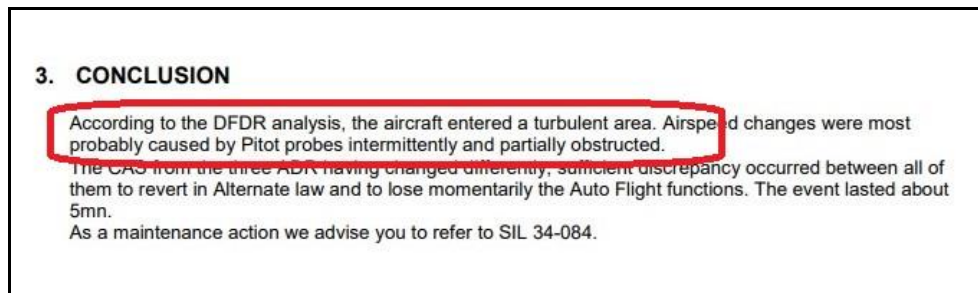
Una analisi degli incidenti occorsi ad A330 a ridosso di AF447 (1 giugno 2009) mostra in effetti uno scenario alquanto preoccupante.

Il 23 giugno 2009, mentre tutto il mondo si interrogava su cosa potesse essere accaduto al volo AF447 un altro Airbus 330 incappò in pratica nelle stesse circostanze che avevano portato alla caduta del velivolo francese. L'aereo (3) con i colori della statunitense Northwest era in servizio fra Hong Kong e Narita (Tokyo) quando a 39.000 piedi incontrò cellule nuvolose (“convective weather activity”) e il rapporto investigativo precisa che si verificarono improvvisamente i seguenti inconvenienti:

- Loss of all three airspeed indications. Airspeed fluctuates between 60/80KTS and overspeed.
- Autopilot disengages.
- Autothrust disengages.
- Flight directors disengage.

In pratica il pilota automatico si era disinserito, i piloti persero completamente la cognizione della velocità e della quota.

La Airbus che partecipò alle indagini precisò quanto segue e come si vede anche in questo caso si parla di sonde Pitot ostruite parzialmente e ad intermittenza.



Il rapporto completo dell'NTSB relativo al velivolo Northwest è incluso nel nostro database sotto la sezione "Other Investigation Reports" ed è estremamente interessante in quanto oltre a evidenziare similarità con quanto accaduto a Air France 447 combina questo evento ad un altro accaduto il 21 maggio 2009 (quindi due settimane prima di AF447) questa volta ad un Airbus 330 brasiliano. (4) Quest'ultimo volo era in servizio fra Miami e San Paulo e l'esame dei registratori rivelò che mentre l'aereo era livellato a FL370, in condizioni di moderata turbolenza con una temperatura esterna (statica) dell'aria di -45° C, la velocità scese improvvisamente da 260 nodi a circa 60 nodi per alcuni secondi, per risalire alcuni secondi dopo a 100 nodi. Autothrust e autopilota anche in questo caso disinseriti. Il capitano prese il comando e cominciò a volare facendo riferimento alla velocità all'aria di standby e agli strumenti che, secondo quanto riferito, apparivano ancora normali.

Tutte le sonde pitot installate sul N805NW, e la numero 1 la numero 2 del velivolo brasiliano erano fabbricate dalla Thales Aerospace, modello C16195AA ("AA"), mentre la numero 3 del brasiliano era sempre una Thales Aerospace ma modello C16195BA ("BA").

Nel febbraio del 2009, la Thales aveva condotto test comparativi tra i modelli AA e BA alla massima capacità di una galleria del vento antighiaccio. Lo studio rilevò che non era possibile riprodurre completamente le condizioni reali, ma le sonde della serie "BA" risultavano più resistenti a bloccarsi rispetto al modello precedente "AA". L'Air France da parte sua aveva ricevuto i suoi primi A330 nel dicembre 2001 ed essi erano originariamente equipaggiati con le sonde Thales C16195AA. Dopo la pubblicazione del bollettino di servizio del 2007, e in assenza di problemi di questo tipo sulla sua flotta a lungo raggio, Air France aveva preso la decisione di sostituire le sonde Pitot C16195AA, ma solo in caso di guasto, con le sonde Pitot C16195BA. (5)

Solo a luglio 2009 (quindi dopo l'incidente) Airbus raccomandava che le posizioni No.1 e No.3 fossero dotate del nuovo modello Goodrich 0851HL.

Un mese dopo poi, nell'agosto del 2009, l'EASA emetteva una direttiva di aeronavigabilità che richiedeva la sostituzione di tutte le sonde serie AA con sonde Goodrich 0851HL nelle posizioni No.1 e No.3, e una sonda Thales BA o Goodrich 0851HL nella posizione No.2.

Tutto ciò avveniva quando ancora i registratori di bordo di AF447 dovevano venir recuperati. Fatto questo che avvenne solo ai primi di maggio del 2011. Ma il particolare che tutte queste circolari e direttive girassero negli ambienti aeronautici all'indomani dell'incidente non può non evidenziare che già si immaginava cosa fosse successo nella cabina di pilotaggio dello sfortunato Airbus. D'altra parte è lo stesso rapporto della BEA ad avvertire (6) che *"Il 6 novembre 2008, le informazioni sulle anomalie anemometriche che si erano verificate in crociera e che riguardavano la flotta A330/A340 sono state diffuse all'interno di AirFrance ai piloti che lavoravano nel settore. Il documento "info OSV" indicava che sei eventi di questo tipo sono stati segnalati nei rapporti degli equipaggi."* Ben sei eventi quindi già segnalati dagli equipaggi di Air France per le sonde difettose. Da parte sua la compagnia francese aveva iniziato la sostituzione delle sonde difettose in data 27 aprile 2009 e la sostituzione completa sarebbe stata terminata in data 11 giugno del 2009. (7)

Ma sarebbe un errore credere che questi siano stati gli unici casi di incidenti che abbiano riguardato l'A330 durante l'attraversamento di aree con condizioni meteo critiche. Ad agosto e settembre del 2008 due A330 della *Air Caraïbes Atlantique* in volo tra Parigi e la Martinica avevano incontrato una forte formazione di ghiaccio in circostanze praticamente identiche mentre si trovavano a FL350. Per un periodo di 2 minuti gli equipaggi hanno avuto indicazioni di velocità all'aria e di Mach grossolanamente errate, seguite da avvertimenti multipli che non possono non ricordare quelli sperimentati su AF447, disconnessione del pilota automatico, il passaggio in *alternate law* nonché avvertimenti di stallo. Entrambi gli equipaggi sono riusciti a controllare i velivoli, e molto rapidamente con la temperatura tornata alla normalità, le indicazioni di velocità sono state riprese e sono stati in grado di reinserire l'autopilota. (8) In entrambi i casi i velivoli avevano incontrato turbolenze con formazione di ghiaccio che avevano portato ad un parziale blocco delle sonde pitot. In quella occasione i responsabili della compagnia aerea avevano esternato alla Airbus le difficoltà incontrate dall'equipaggio nell'applicare la lista di controllo "indicazione di velocità inaffidabile". Nel frattempo, la compagnia aerea aveva immediatamente aggiornato i tubi di pitot sulla sua flotta di quattro A330 al modello migliorato di Thales progettato per meglio affrontare il problema del ghiaccio.

### Il problema del ghiaccio

La domanda che a questo punto ci si pone è come sia possibile che le sonde ghiacciano, si bloccano e finiscano per fornire dati inaffidabili **anche in presenza di riscaldamento acceso**. Il responsabile di questo nuovo problema che affligge l'aviazione civile si chiama "cristallo di ghiaccio" o più precisamente "graupel". Il graupel si forma quando minuscole goccioline di acqua super-raffreddata aderiscono ai cristalli di neve al punto da inglobare il cristallo di neve stesso.



E' appurato che in presenza di particolari condizioni atmosferiche, i cristalli di neve possono incontrare goccioline d'acqua super-raffreddate. Queste goccioline, che hanno un diametro di circa  $10\ \mu\text{m}$  (0.00039 in), possono esistere allo stato liquido a temperature fino a  $-40\ ^\circ\text{C}$  ( $-40\ ^\circ\text{F}$ ), molto al di sotto del normale punto di congelamento. Il contatto tra un cristallo di neve e le goccioline super raffreddate provoca il congelamento delle goccioline liquide sulla superficie del cristallo. Questo processo di crescita dei cristalli è noto come *accrescimento*.

Il graupel chiamato anche "grandine soffice" (soft hail), è una precipitazione che si forma quando gocce d'acqua superfredda si raccolgono e congelano sui fiocchi di neve in caduta, formando palline di rime da 2-5 mm (0.08-0.20 in). Il graupel è cosa differente dalla grandine e dalle "normali" palline di ghiaccio e il codice METAR usato per identificarlo è "GS".

E' interessante annotare come durante gli ascolti del CVR avvenuti nel corso di investigazioni si è potuto notare che il suono dei cristalli di ghiaccio che colpivano il parabrezza poteva essere sentito sul CVR e questo avveniva prima che le sonde Pitot si intasassero. E' stato calcolato che il suono dei cristalli di ghiaccio che colpiscono l'aereo può essere sentito circa 20 secondi prima della perdita di velocità e della disconnessione del pilota automatico. Ovviamente se questo rumore viene registrato nel CVR significa anche che esso viene udito dai piloti e ciò è un indizio importante che potrebbe evitare di far cogliere di sorpresa gli equipaggi.

I cristalli di ghiaccio rimbalzano sull'esterno di un aereo e pur non causando accrescimento di ghiaccio visibile, possono entrare negli ingressi delle sonde. Quando esistono condizioni climatiche altamente specifiche in combinazione con alcune combinazioni di altitudine, temperatura e Mach, la concentrazione di cristalli di ghiaccio che entrano in una sonda può superare la sua capacità di sciogliersi ed evacuare l'umidità attraverso i suoi fori di scarico. Il risultato è che i cristalli di ghiaccio formano una barriera fisica all'interno della sonda che interrompe la misurazione della pressione totale.

Il graupel ha abbastanza massa per "sopraffare" temporaneamente l'antighiaccio dei pitot quando le concentrazioni sono significativamente alte. E ciò avviene anche con tubi di pitot caldi. E' noto infatti che se poniamo una palla di neve su un recipiente caldo, la palla non si scioglie istantaneamente e se c'è abbastanza massa nell'ostruzione, e in combinazione con nuove particelle che si aggiungono di continuo all'ostruzione mentre le prime si sciolgono, si può decisamente superare la capacità dei tubi di pitot di sciogliere l'ostruzione alla stessa velocità con cui viene introdotta.

Il graupel ha quindi proprietà di blocco sufficienti per impedire la trasmissione efficiente della pressione dinamica all'interno del tubo di pitot. E' stato anche notato che il fenomeno si presenta spesso in concomitanza con la presenza dei fuochi di Sant'Elmo.

**Quanto fin qui detto porta alla amara conclusione che i velivoli vengono messi in servizio con apparecchiature, sensori e *device* che evidentemente non vengono sperimentati al massimo delle condizioni che il velivolo può incontrare nel corso della sua vita operativa.** Nel campo dello studio dei tornado e trombe d'aria, tutti sappiamo di aerei-cavia che entrano nelle cellule ove si originano i tornado allo scopo di studiarli e di analizzare la loro formazione; ebbene non crediamo possibile che quello che è accaduto a AF447 e a tanti altri aerei usciti indenni da una cellula temporalesca ad alta connettività, non fosse studiabile e quindi prevedibile.

Decisamente l'argomento delle sonde Pitot è un capitolo poco edificante nella storia dell'aviazione civile e di certo a nulla è servito dotare l'aeromobile di più di una sonda: ne potremmo mettere anche una decina, ma quando l'aereo entra in una di quelle aree meteo convettive **tutti** i sensori, se fallaci, si ostruirebbero in contemporanea. Il loro posizionamento ravvicinato rende pressochè scontata tale conclusione. La soluzione ottimale è quella di disporre di uno strumento efficiente, testato per operare in condizioni estreme, un particolare questo che le sonde Thales di cui erano dotati gli A330 non sembra potesse garantire.

- (1) Volo AF 447, 1 giugno 2009, Rio de Janeiro-Parigi, Airbus 330 (F-GZCP) 229 vittime
- (2) Testualmente: "The obstruction of the Pitot probes by ice crystals during cruise was a phenomenon that was known but misunderstood by the aviation community at the time of the accident."
- (3) Volo Northwest Airline 8, aereo matricola N805NW (c/n 552). Il velivolo proseguì il volo in *alternate law* fino all'atterraggio a Narita che avvenne senza problemi.
- (4) Volo TAM 8091, aereo immatricolato PT-MVB (c/n 238)
- (5) Rapporto BEA sull'incidente a F-GZPC, pagina 123. Subsezione 1.17.1.5.3.2 "Processing by the department responsible for maintaining aircraft."
- (6) Rapporto BEA sull'incidente di F-GZCP, pagina 125
- (7) Acceleration in the replacement of Thales "AA" probes by "BA" probes, initiated on 27 April 2009. By 11 June 2009, all the probes had been replaced. Pagina 215 del rapport BEA.
- (8) Flightglobal, 11 giugno 2009 "Il promemoria di Air Caraibes Atlantique descrive in dettaglio gli incidenti di formazione di ghiaccio di Pitot." i due velivoli in questione erano immatricolati F-OFDF e F-OPTP ; <https://www.flightglobal.com/air-caraibes-atlantique-memo-details-pitot-icing-incidents/86949.article&prev=search&pto=aue> ;

NL 16/2021 ; 17 marzo 2021

***Se avete colleghi, conoscenti interessati alla sicurezza volo, fateli iscrivere alla nostra Newsletter.***

*Tre semplici passaggi:*

- ① Andate sul sito [www.air-accidents.com](http://www.air-accidents.com)
- ② Cliccate in alto a destra su "Contacts"
- ③ Entrate in "Newsletter Subscription Request" e fornite la email

**QUESTO E' TUTTO ! Il servizio è gratuito. Sarete sempre informati sulla safety aeronautica.**



[www.air-accidents.com](http://www.air-accidents.com)

**Elenco Newsletter emesse nel 2021 (scaricabili dal nostro sito)**

NL01/21	Primo incidente del 2021	9 gennaio
NL02/21	L'incidente della SRIWIJAYA AIR	16 gennaio
NL03/21	Incidente "serio" a un ATR72 irlandese	18 gennaio
NL04/21	Incidente indonesiano: Thrust Asymmetry ?	23 gennaio
NL05/21	Rapporto finale su HB-HOT (Junker 52)	29 gennaio
NL06/21	Decollo con allineamento sulle luci laterali	31 gennaio
NL07/21	Particolarità dei confini aerei degli Stati	03 febbraio
NL08/21	Quando l'aviazione diventa archeologia	07 febbraio
NL09/21	Ala danneggiata dalla retrazione carrello	08 febbraio
NL10/21	La radio in aeronautica, oggi e domani	10 febbraio
NL11/21	8 marzo 2014, la scomparsa di MH370 (avviso di trasmissione)	21 febbraio
NL12/21	Piovono pezzi di motori dal cielo	22 febbraio
NL13/21	Perché tanti motori esplodono?	23 febbraio
NL14/21	8 marzo 2014, la scomparsa di MH370	7 marzo
NL15/21	Mancanza di addestramento al vento laterale	14 marzo