

## I CRISTALLI DI GHIACCIO E LA PERDITA DI VELOCITA'

“Dal 1990 sono occorsi almeno 100 eventi di perdita potenza motore su aerei a reazione la maggior parte dei quali avvenuti a quote superiori ai 22,000 piedi, alte quote ove la formazione di cellule di cristalli-ghiaccio è altamente probabile. Perdita di potenza significa una instabilità del motore che porta ad una condizione operativa di sub-idle.... si ritiene che formazioni di cristalli di ghiaccio ad alta altitudine siano la diretta causa di questi eventi.” L’articolo in questione di fonte Boeing risale al 2007 (1) ma è interessante annotare come eventi simili siano continuati ad accadere, talora assumendo anche natura di “serious incidents”, come dimostra un recente rapporto investigativo della AAIU (Air Accident Investigation Unit) irlandese che andremo a trattare.

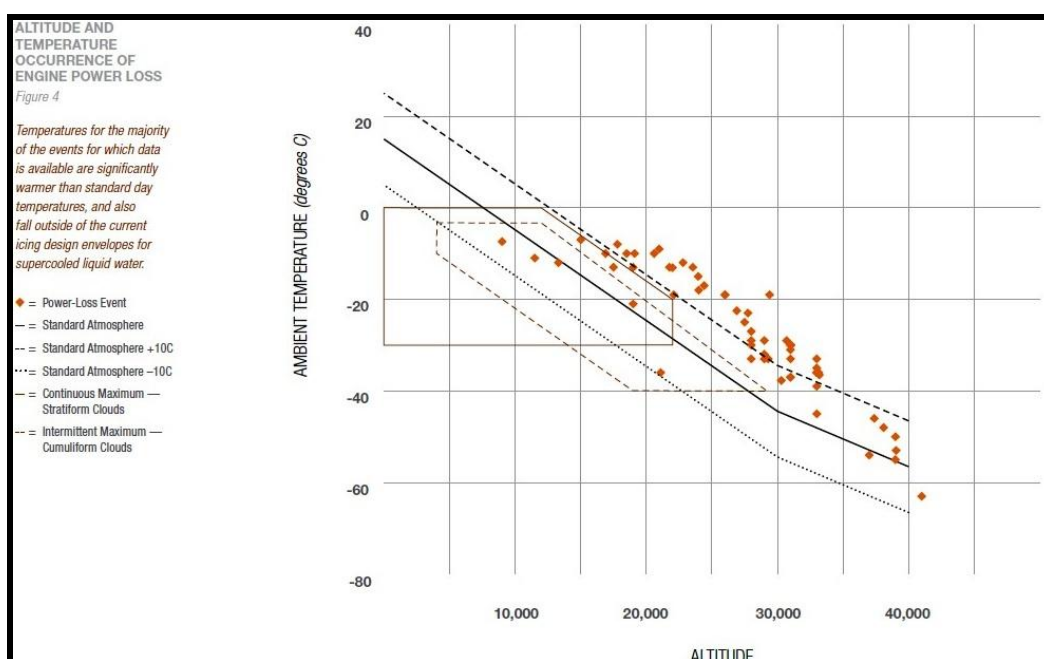


Immagine tratta dall’articolo summenzionato. I puntini marroni rappresentano gli eventi di power-loss accaduti con la specifica dell’altitudine che l’aereo stava attraversando

**20 ottobre 2013.** Il Boeing 757 della United Airlines decollato dal Newark sta concludendo la sua traversata oceanica verso Dublino (2), a bordo 8 membri di equipaggio e 131 passeggeri. Giunto ormai in prossimità della costa irlandese viene autorizzato a scendere a FL170. In questa fase iniziale di discesa l’aereo opera normalmente ad una velocità di 300 nodi con un rateo di discesa di 1500fpm. A 80 miglia di distanza da Dublino, attraversando il FL250 in condizioni IMC l’aereo incontra forte turbolenza accompagnata dal fenomeno del fuoco di Sant’Elmo. Continuando la discesa e giunto a FL235 l’intensità della turbolenza aumentava in modo notevole.

Attenuatasi la turbolenza il primo ufficiale (PF Pilot Flying) notava che la sua IAS (Indicated AirSpeed) era bassa, intorno al valore di 90 nodi. A questo punto credendo che si stava verificando una situazione di stallo, *immediately pushed the control column forward and applied full power without disengaging the autopilot or autothrottle.* (3)

Subito dopo aver effettuato questa manovra la IAS tornava a valori normali, ma non appena il PF innalzava il muso dell'aereo e aumentava la velocità, questo riandava in stallo, o perlomeno così egli riteneva. Il primo ufficiale tornava ad effettuare nuovamente una seconda manovra di *pitch down*. Effettuando un rapido riscontro con i dati del comandante l'equipaggio giungeva però alla conclusione che le indicazioni della strumentazione del secondo pilota erano errate e quelle del comandante che coincidevano con la standby erano invece corrette. Il comandante prendeva il controllo del 757 e ne stabilizzava l'assetto.

Il co-pilota nella sua dichiarazione commenta così gli eventi accaduti:

*“The Co-Pilot stated that at this point, it was realised that the Commander’s instruments and the standby instruments showed that the airspeed was “well above the stall” even though the airspeed as indicated on his instruments was “below [the stall] and the stall warning was still on”. Regarding this “stall warning”, a subsequent report received from the Co-Pilot, stated that it was later realised that the warning heard was an overspeed warning and not a stall warning as initially thought. Control was then passed to the Commander.” (4)*

Le manovre ravvicinate e improvvise avevano causato feriti e contusi in cabina passeggeri e purtroppo i problemi non erano ancora finiti. (5) Sull'EICAS (Engine Indication and Crew Alerting System) veniva visualizzato un messaggio di allerta che indicava una perdita di pressione nel sistema idraulico centrale. L'ATC veniva avvisato che all'arrivo serviva assistenza medica perché a bordo vi erano feriti da turbolenza e si richiedevano anche i servizi antincendio in previsione della possibilità che i problemi idraulici potessero compromettere un normale atterraggio. L'aereo comunque atterrava a Dublino senza particolari problemi.

### **L'intervista all'equipaggio**

Nella sua dichiarazione iniziale il comandante che agiva come PM (Pilot Monitoring), non faceva affatto menzione circa i timori del suo secondo che l'aereo fosse sul punto di stallare e delle conseguenti manovre effettuate (pitch down e engine thrust).

Solo in una dichiarazione rilasciata successivamente il Comandante precisava che il co-pilota lo aveva avvertito durante la discesa dell'indicazione di velocità eccessivamente bassa e della relativa manovra di pitch down. In nessuno dei suoi rapporti però il comandante metteva in evidenza scambio di comunicazioni fra lui e il copilota riguardo le manovre effettuate da quest'ultimo e nemmeno dell'attivazione dello Stick Shaker. (6)

Il co-pilota da parte sua rilasciava una dettagliata ricostruzione avvertendo in pratica che egli aveva ritenuto opportuno effettuare *“a high altitude stall recovery manoeuvre”*.

Questa non certo usuale atmosfera nel cockpit viene così commentata dal rapporto:

*“Interviews conducted with the Flight Crew and further statements provided by them after the occurrence, suggest that the level of inter-crew communication was such that neither pilot was able to fully assess what had happened to the aircraft, or what action the other pilot was taking.”(7)*

Con tali presupposti non potevano mancare importanti considerazioni riguardanti gli “Human Factors” fino a toccare l'argomento della sorpresa/allarme (“startle”) di cui forniamo un estratto:

*“Given the reliability of modern aircraft and their systems, pilots are rarely exposed to failures and malfunctions, and may become conditioned to an expectation of normalcy during everyday operations. Thus, sudden, serious events may elicit a startle response. Furthermore, during a startle response, pilots’ perception and reaction to certain sudden failures or instrument displays may not be appropriate. One effect of the startle response can be the focusing of the individual on the causal stimulus to the exclusion of other events taking place in the cockpit such as warnings, alerts and communications.” (8)*

## Le condizioni meteo

L'investigazione condotta giunge alla conclusione che la causa più probabile della discordanza di dati è derivata dal blocco della sonda Pitot che forniva dati alla strumentazione del secondo pilota a causa della formazione di cristalli di ghiaccio; si passava quindi ad esaminare il fattore meteo. Questo argomento riveste una importanza fondamentale nel rapporto e mette ancora una volta in evidenza la criticità insita nelle **operazioni ad alte quote** divenute oggi la regola; tuttavia le condizioni meteo che le caratterizzano sembrano ancora essere un campo relativamente nuovo, da approfondire. Quello che comunque è certo sono le serie conseguenze che esse possono significare per la sicurezza del volo qualora si incontrino situazioni meteo particolari. A tal proposito il rapporto non manca di ricordare come *“The crystals are usually extremely small, possibly as small as 40 µm in diameter. Ice crystals have a radar reflectivity of approximately 5% of that of average-sized water drops, and as a result may not appear on airborne weather radar displays.”* (9) Viene inoltre elencato in modo non certo esaustivo un sommario dei precedenti incidenti che rientrano sotto la casistica in oggetto:

Date	Aircraft	Event	Event Factors Identified
February 1996	B757	Fatal Crash	Blocked pitot probe. <b>Crew confusion</b> . Did not respond to Stall warning.
October 1996	B757	Fatal Crash	Blocked Static ports. Erroneous airspeed and altitude indications. <b>Crew confusion</b> .
October 2002	B757	High Altitude Stall	Partially blocked pitot probe. <b>Crew Confusion</b> . The flight crew's improper decisions regarding their use of inaccurate airspeed indications.
May 2005	B717	High Altitude loss of control	Blocked pitot probes (anti-ice systems not on). Improper response to erroneous airspeed indications.
January 2009	B757	High Altitude pitch up due erroneous over-speed	Left pitot probe blocked. <b>Crew confusion</b> and misunderstanding of ADC and Autopilot and Flight Director switching.
June 2009	A330	Fatal Crash	Blocked pitot probes from <b>Ice Crystal Icing</b> . <b>Crew confusion and Startle Effect</b> . Lack of clear display in cockpit of airspeed inconsistencies.
June 2009	B767	Significant Airspeed and Altitude deviations in cruise	Temporary fault of Left ADC resulting in erroneous indications on Captain's instruments. Inappropriate response to erroneous airspeed indications. Displayed caution messages on EICAS, ALT DISAGREE and <b>IAS DISAGREE not noticed by crew</b> .
July 2009	B767	Crew noticed airspeed disagreement. Carried out Unreliable Airspeed checklist	Same aircraft as above. Discrepancy noticed on instruments but crew did <b>not notice EICAS caution message</b> .
April and June 2012	A321	Two events. Temporary Unreliable Airspeed indications	Flight through an area of weather likely to be associated with <b>ice crystals</b> . It is probable that the air data errors were due to the effect of ice crystals on the pitot probes temporarily overcoming the pitot heat system.
No date <sup>24</sup>	CL-600	Unreliable air data in cockpit.	An investigation into two recent in-service events determined that the root cause in both events was high altitude icing ( <b>ice crystal contamination</b> ).

Dalla lista si evince come gli incidenti non sono stati pochi e fra l'altro non hanno riguardato un solo tipo di aeromobile. Circa l'uso del radar da parte dell'equipaggio il rapporto precisa che *“The*

*convective weather should have been visible on the cockpit displays if the weather radar had been appropriately adjusted.” (10)*

Ora per quanto riguarda specificatamente il B757-200 va ricordato che la certificazione base risale al 1982. In quel tempo il certificato FAA e relativo CFR (11) specificava che

*“(e) each [airspeed indicating] system must have a heated pitot tube or an equivalent means of preventing malfunction due to icing”.*

Al momento della certificazione del B757 le condizioni atmosferiche considerate **non includevano i cristalli di ghiaccio**. E' solo a partire dal 5 gennaio 2015 che la relativa sezione delle regole federali veniva emendata prendendo in considerazione la formazione dei cristalli.

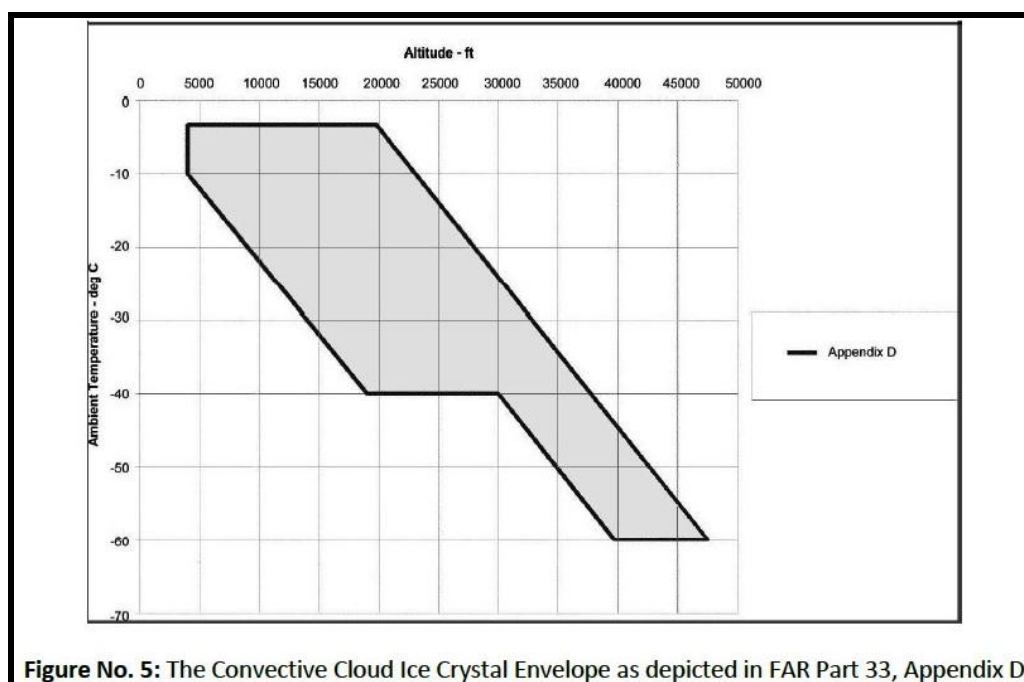


Figure No. 5: The Convective Cloud Ice Crystal Envelope as depicted in FAR Part 33, Appendix D

L'immagine soprariportata tratta dalla pagina 22 del Rapporto mostra appunto nell'area grigia le condizioni nelle quali la formazione di cristalli di ghiaccio è più probabile ed è tratta dall'appendice "D" del documento della FAA. Ora le regole aggiornate stabiliscono che

*“(i) Each system must have a heated pitot tube or an equivalent means of preventing malfunction in the heavy rain conditions defined in Table 1 of this section; mixed phase and ice crystal conditions as defined in part 33, Appendix D, of this chapter “.*

Sull'argomento meteo e clima è interessante ricordare che alcuni esperti della materia ritengono che aldilà delle credenze comuni di un pianeta sempre più arroventato *“la realtà è ben diversa e comprende un poderoso cooling stratosferico e un warming troposferico sempre meno convinto”* (12)

Insomma tutto sembrerebbe indicare che le operazioni commerciali a quote elevate siano state adottate senza approfonditi studi sulle condizioni meteo che si sarebbero potute incontrare a quelle altitudini. Non possiamo a tal proposito non ricordare cosa diceva il rapporto finale della BEA francese circa l'incidente occorso ad AF447:

*“On 15 April 2009, Airbus informed Air France of the results of a study conducted by Thales. Airbus stated that the icing phenomenon involving ice crystals was a new phenomenon that was not considered in the development of the Thales C16195BA probe..” (13)*

### **Findings e Probable Cause**

Nel suggerire una attenta lettura delle 62 pagine che compongono il rapporto della AAIU in quanto contenenti considerazioni e suggerimenti su una situazione troppe volte verificatasi in cabina di pilotaggio, giungiamo ora alle conclusioni cui pervengono gli investigatori irlandesi.

In via preliminare il rapporto evidenzia diversi punti di criticità fra i quali troviamo:

*18. The Operator’s ‘Stall Recovery’ and ‘Unreliable Airspeed’ checklists include the instruction to disconnect the autopilot and the autothrottle.*

*19. The autopilot and autothrottle remained engaged throughout the event.*

*20. Disconnecting the autopilot and autothrottle may have assisted the Flight Crew in analysing the status of the aircraft.*

E conclude infine indicando quale probabile causa:

- *Temporary blockage of the right main pitot probe due to ice crystal icing, leading to an unreliable airspeed indication.*
- *Non-standard Flight Crew response to a low airspeed indication. (14)*

1) “Engine Power Loss in Ice Crystals conditions” Boeing.com commercial Aeromagazine; Aero Quarterly, QTR 04.07.

L’immagine che abbiamo riportata è tratta dalla pagina 15 dell’articolo in questione.

2) AAIU report N° 2016-007 “Serious Incident Boeing 757-224, N41140, 80NM Southwest of Dublin, Ireland 20 October 2013”. Il Rapporto è stato pubblicato il 10 maggio 2016.

3) Pagina 7 del rapporto di cui al punto 2) ; Capitolo 1.1 “History of the flight”

4) Pagina 10 del Rapporto; capitolo 1.5.3 “Co-pilot”

5) Tredici passeggeri e quattro attendenti di cabina risulteranno feriti a causa di “minor injuries”

6) Pagina 10 del Rapporto; capitolo 1.5.2 “Commander”

7) Pagina 46 del Rapporto; capitolo 2.7.5 “Communication between the Pilots”

8) Pagina 45 del Rapporto; capitolo 2.7.3 “Startle Factor”

9) µm: micrometre, meglio conosciuto come “micron”, è equivalente a  $1 \times 10^{-6}$  di un metro.

10) Pagina 50 del Rapporto; capitolo 3 Conclusioni

11) Si tratta del Code of Federal Regulations, in particolare il 25.1323 che poi dal gennaio 2015 veniva emendato dall’Appendice D che trattava appunto di “Icing Envelope Definitions”

12) Luca Angelini dal sito <http://meteolive.leonardo.it/news/In-primo-piano/2/uno-sguardo-alle-temperature-globali-le-alte-quote-continuano-a-raffreddarsi/26750/>

13) Rapporto finale della BEA pubblicato a luglio 2012 sull’incidente all’A330 di Air France (F-GZCP) avvenuto il 1 giugno 2009, pagina 124. Nello stesso rapporto alla pagina 145 si può leggere quanto segue:

*“Furthermore, some scientific studies are under way to characterise the exact composition of the cloud masses above 30,000 ft. They show in particular that not all the phenomena are known with sufficient precision. This is particularly true concerning the nature of ice crystals (size and density) as well as the dividing level of super-cooled water and ice crystals.”*

14) Pagina 52 del Rapporto AAIU; capitolo 3, Conclusioni.

**Elenco delle Newsletters emesse nel 2016:**

- 01/2016 (15 gennaio) : I COMMENTI DELLE AUTORITA' ROMENE SULL'INCIDENTE A FIUMICINO DI YR-ATS : IL PROBLEMA DEI LIMITI DEL "VENTO AL TRAVERSO"
- 02/2016 (22 gennaio) : "HOW FREQUENTLY ARE NOW TRACKING YOUR AIRCRAFT?"
- 03/2016 (9 febbraio): STUDIO DELL'OIG USA SULLA "RELIANCE" AGLI AUTOMATISMI NEL COCKPIT
- 04/2016 (5 marzo): IL FRAMMENTO 640 ....E ITAVIA 870
- 05/2016 (14 marzo): CASO LUBITZ, UN RAPPORTO MOLTO MEDICO E POCO AERONAUTICO
- 06/2016 (23 marzo): TROPPI CASI DI FUME EVENTS
- 07/2016 (13 aprile): I CASI DI "AIRSPEED DROP" NEI B787
- 08/2016 (21 aprile): AUTORIZZATI A FL 200, SCAMBIATO PER 2000
- 09/2016 (27 aprile): L'INCIDENTE AL VOLO FLYDUBAI 981
- 10/2016 (3 maggio): LO STALLO AD ALTA QUOTA NELLE ZONE DI CONVERGENZA INTERTROPICALE
- 11/2016 (9 maggio): LO STATO DELLE RICERCHE DI MH370: è tempo di investigare sugli investigatori?