I. 17. 7. FRAMMENTI DELLA SUPERFICIE ESTERNA ALL'INTERNO DELLA FUSOLIERA

Restano alcuni elementi non univoci, perché contestati nella loro significatività e attribuibili comunque anche ad esplosione interna.

Gli unici reperti significativi ai fini dell'affermazione di un'esplosione all'esterno dell'aereo sono dunque costituiti dai due frammenti 52-1Mii e 6-4Mii, di cui s'è a lungo discusso. Essi infatti sono costituiti da leghe che dovrebbero costituire il materiale di base del rivestimento esterno e delle ordinate della fusoliera. Non è ipotizzabile una traiettoria dall'esterno verso l'interno per oggetti di tale provenienza, se essi fossero effettivamente stati esposti direttamente a un'esplosione. Dovrebbe quindi concludersi che essi sono stati proiettati all'interno da un'esplosione esterna assai prossima, che ne ha determinato modificazioni morfologiche e microstrutturali.

Tale conclusione è però contrastata non tanto dalle osservazioni sull'incertezza circa la provenienza dei reperti al momento della loro introduzione nelle buste nei Laboratori dell'Aeronautica Militare, francamente eccessive, quanto dalla incertezza o meglio dalla non assoluta sicurezza circa l'impiego di tale genere di leghe esclusivamente per le parti sopra indicate delle strutture dell'aereo.

Non sono per nulla convincenti le notazioni critiche della relazione SANTINI circa il fatto che "le segnature sui frammenti in oggetto dovrebbero interpretarsi come indizi di esplosione interna al velivolo [in quanto] i segni rilevati e in particolare i segni di *gas - wash* e di parziale *melting* possono prodursi su frammenti che si sono trovati a stretto contatto con l'ordigno esplosivo", tanto da dover essere in genere attribuiti al contenitore dell'esplosivo o, quanto meno, a strutture a diretto contatto con l'esplosione¹³⁷.

Ciò è sicuramente vero, ma non in contrasto con ipotesi di esplosione della testata in prossimità della fusoliera o di provenienza dei frammenti da componenti strutturali del missile. Tale attribuzione è comunque, a parere di questo Ufficio, da escludersi, ma sulla base dell'inesistenza dei vastissimi danni che sarebbero stati certamente osservabili sul relitto, qualora l'esplosione si fosse verificata a distanze molto brevi dalla fusoliera.

Si sottolinea questo aspetto non per amore di discussione, ma perché i frammenti in questione sono effettivamente un punto difficile da chiarire e che è invece centrale per la risoluzione della controversia sulle cause del disastro: da un lato pare indubbio che essi rechino i segni della diretta esposizione a un'esplosione; dall'altro

¹³⁷ Relazione SANTINI, VIII, pag. 13.

la loro composizione è tale da dover essere attribuita a componenti strutturali poste comunque sulla parte esterna dell'aeromobile.

La loro localizzazione nei cuscini, poi, è incompatibile con il fatto - indubitabile - che nessuna esplosione ebbe luogo all'interno della carlinga, giacché l'unico dubbio residuo concerne il vano toilette e non certo la cabina dei passeggeri.

Non vi sono inoltre danni su elementi strutturali corrispondenti, che possano far ritenere che in prossimità della fusoliera vi sia stata la detonazione di una testa di guerra.

Dei danni riportati dai tappeti si parlerà tra breve.

Non è stato possibile appurare l'origine dei frammenti di vetro rinvenuti nella centralina elettrica e definiti "anomali" dal DRA; l'Agenzia britannica ha però chiarito che il termine "anomalo" è stato utilizzato con riferimento alla composizione del vetro e non al suo possibile uso, tant'è vero che componenti analoghe possono trovarsi anche in bottigliette per profumi, di particolare pregio¹³⁸.

Non vi sono comunque elementi che consentano di attribuire i frammenti alla copertura della testa di ricerca di un ordigno missilistico.

X I. 17. 8. IPOTESI DI ESPLOSIONE A DISTANZA DELLA TESTATA E DI IMPATTO DEL CORPO DEI MISSILI.

Questa sostanziale assenza di elementi attribuibili ad esplosione esterna, *che deve essere considerato un dato di fatto*, viene spiegata con la possibilità che la testata di guerra del missile sia esplosa a distanza, a causa dell'angolo di avvicinamento alla fusoliera del DC9, e che quindi solo pochi frammenti abbiano colpito il DC9.

Già nel 1992, a recupero e ricostruzione del relitto non completi, PROTHEROE osservava:

"La ricostruzione del relitto a Pratica di Mare è stata esaminata molto attentamente per trovarvi eventuali tracce di danneggiamento provocato da frammenti di una testata a frammentazione o ad aste discrete o continue. Queste testate di guerra ad elevata energia generalmente producono danni chiari, molto caratteristici e facilmente identificabili. I danni provocati dalle aste o dai

¹³⁸ Nota a chiarimenti del DRA in data 29 novembre 1993.

frammenti a bassa energia di una testata di guerra, oppure dall'involucro del missile o da altri componenti, sulla struttura dell'aereo non lasciano tracce altrettanto univoche e facilmente identificabili, anche se sarebbero comunque evidenti ad un occhio allenato.

*Non sono state trovate tracce di danni provocati da un missile sui frammenti visibili della ricostruzione del relitto*¹³⁹.

E ancora, definitivamente:

"I danni di elevata energia prodotti da testate missilistiche generalmente mostrano tracce caratteristiche che sono abbastanza facili da riconoscere, ma eventuali penetrazioni a bassa velocità e danni provocati dal corpo del missile sono più difficili da differenziare dagli altri tipi di danneggiamento. Lo studio del relitto non ha rivelato le tracce tipiche del danneggiamento provocato da un missile - sia esso a frammentazione o ad aste discrete o continue.

Il danneggiamento provocato da missili con testata ad aste o a frammentazione assume la forma (all'incirca) di un cono, prodotto dalle traiettorie delle aste o dei frammenti mentre si irradiano verso l'esterno e in avanti dalla testata missilistica che avanza. L'angolo di questo cono, man mano che le parti della testata si propagano esternamente verso l'obiettivo (in questo caso, il DC9) viene controllato dal vettore risultante della velocità del missile rispetto all'obiettivo e della velocità di propagazione radiale delle aste o dei frammenti.

Le aste collegate dei missili con testata ad aste continue producono un cono con parete relativamente sottile, quando si espandono esternamente dalla testata del missile. Il cono prodotto dalle aste discrete o dalle testate a frammentazione è più spesso, con i frammenti o le aste che emergono in coni interni ed esterni e formano una fascia meno concentrata.

¹³⁹ Anche in questo caso appare necessario, oltre a citare ampiamente dalla traduzione, riprodurre il testo inglese: "The whole of the wreckage at Pratica di Mare was examined with some considerable care for evidence of possible missile damage caused by warhead fragments, discreet rods, or continuous rod. These high energy warhead elements typically produce clear and very characteristic damage signatures which are readily detectable. The damage produced by low energy warhead rod or fragments, or by missile casings and other missile parts impacting aircraft structure, does not leave such a clearly defined damage signature but such damage should nevertheless be evident to a trained eye.

No evidence was found of missile damage on the visible sections of wreckage reconstruction"
Rapporto 15 aprile 1992, pag. 15

E' improbabile che una testata a frammentazione possa aver prodotto danni sulla sezione mancante della fusoliera superiore della zona 3 senza aver lasciato anche tracce caratteristiche sulla struttura circostante, soprattutto le ali, le superfici della coda e le gondole dei motori. E' improbabile anche che il missile con testata ad aste continue possa aver prodotto simili danni, ma dato che la fascia delle aste continue é più pulita, il potenziale é anche maggiore rispetto ai missili a frammentazione.

Uno studio preliminare per mezzo di un modello CAD del DC9 e un missile ad aste continue tipo, facendo l'ipotesi dell'apertura del cono di 120°, suggerisce che potrebbe essere possibile per una testata ad aste tagliare la parte posteriore della fusoliera da sopra senza danneggiare i motori, le ali o la coda. Da questo studio molto limitato sembra che ciò possa succedere solo entro un intervallo molto limitato di vettori di intercettazione e di posizioni di lancio della testata - tutte relative ad un missile che si avvicina da davanti e da sopra il DC9. La fig. 11 mostra un diagramma con la visualizzazione di queste condizioni. Il diagramma mostra il cono che si sovrappone appena anche alle ali, oltre che alla fusoliera, ma se la testata dovesse detonare una frazione di secondo più tardi il cono intersecherebbe la sola fusoliera. A queste stadio delle analisi non sembra probabile che la traiettoria di avvicinamento del missile da dietro il DC9 possa evitare di produrre danni di sovrapposizione alle ali, alla coda o ai motori, che sarebbe evidente anche sulla ricostruzione del relitto. Non sono state ancora adeguatamente valutate altre traiettorie di avvicinamento, per esempio, da sotto il DC9.

Bisogna sottolineare il fatto che i giudizi espressi sopra sono preliminari e basati su una valutazione prevalentemente intuitiva dei parametri del cono della testata. Un'analisi più dettagliata potrebbe modificare queste conclusioni."¹⁴⁰

¹⁴⁰ "High energy damage produced by missile warheads tends to display highly characteristic signatures which are relatively easy to detect, but lower energy penetrations and damage from missile body parts are more difficult to differentiate from other types of damage. A study of the wreckage revealed no evidence of typical warhead damage - whether fragment, discrete rod or continuous rod.

The damage swath from rod or fragment missile types will take form (approximately) of a *cone of damage*, produced by the paths of the rods or fragments as they expand radially outwards and forwards from the moving warhead. The angle of this cone, as the warhead parts propagate outwards towards the target (the DC9 in this case), will be controlled by the vector resultant of the missile velocity relative to the target and the rod or fragment radial propagation velocity.

Continuous rod missiles produce a relatively 'thin walled' *cone of damage* as the linked rods expand outwards from the missile warhead. The *cone of damage* by discrete rods or fragmentation warhead is 'thicker', with the fragments or rods emerging within inner and outer cone boundaries, forming a less concentrated swathe.

La valutazione di PROTHEROE, basata sulla determinazione "intuitiva" del cono di frammenti, è stata in realtà confermata dai successivi approfondimenti, basati sulla formulazione di modelli di proiezione delle schegge, nelle più diverse configurazioni e con differenti modalità di moto relativo con il DC9.

Questa indagini sono state condotte sia dallo stesso PROTHEROE che nell'ambito delle perizie disposte dall'Ufficio che dai consulenti delle parti private. Non è stata individuata alcuna ipotesi di esplosione di una testata missilistica che potesse al contempo determinare i danni patiti dal DC9 e causare i danni (non) riscontrati sulla superficie esterna dell'aereo.

Della seconda serie di indagini peritali si darà conto in proseguo. Sin dal maggio 1992 fu esplorata la possibilità che un missile avesse abbattuto il DC9, senza lasciare tracce rilevabili sulle parti dell'aereo recuperate.

C. PROTHEROE, incaricato di questo accertamento, partì dalla constatazione dell'assenza di tracce sulle componenti recuperate ed utilizzò un programma di simulazione degli effetti di una testata bellica, al fine di individuare una geometria di scoppio e un angolo di approccio del missile, che potessero aver causato danni sulle parti mancanti, senza generarne in quelle rinvenute. Al tempo della simulazione, l'unica area che presentasse vaste parti mancanti era quella della fusoliera posteriore (zona 3 dell'aereo nella ricostruzione PROTHEROE). In realtà, le successive operazioni di recupero nelle zone E e F ha consentito di aggiungere altri frammenti,

It is unlikely that a fragmentation warhead could produce damage to the missing section of upper fuselage from zone 3 without also leaving characteristic damage on adjoining structure, particularly the wings, tail surface and engine cowls. It is also unlikely that continuous rod would produce such damage, but because the damage swath produced by continuous rods is *cleaner*, the potential to do so is greater than for fragmentation devices.

A preliminary study using a simple CAD model of the DC9 and notional continuous rod type missile with an assumed cone angle of 120 degrees suggest that it MIGHT be possible for a rod warhead to cut the rear fuselage from above without overlay damage to the engines, wings or tail. From this very limited study it would appear that this could only occur within a strictly limited range of intercept vectors and warhead trigger positions - all involving a missile approach from ahead and above the DC9. A diagram showing this condition is given in figure 11. This diagram shows the cone of damage just overlaying the wings as well as the fuselage, but if the warhead were to detonate fractionally later, the cone would intersect only the fuselage. At this stage of the analysis, it would not seem likely that a missile approach path from behind the DC9 could avoid producing overlay damage to the wings, tail or engine, which would be visible on the reconstruction. Other missile approach paths, eg from below, have not yet been fully assessed.

It must be emphasised that the above judgments are preliminary, based on a largely intuitive assessment warhead *cone* parameters. A more refined analysis may modify these conclusions"

Rapporto 15 aprile 1992 pag. 24.

alcuni dei quali di notevole dimensione, cosicché i risultati ottenuti dal tecnico britannico dovrebbero essere valutati con ancora minore possibilità.

Fu prescelto un tipo di testata che proiettasse i frammenti a "fascio chiuso", così da giustificare una localizzazione del danno e la mancanza di diffusione delle schegge. Sono state poi definite la velocità del missile e diverse ipotesi di angolo relativo con il DC9. È stato quindi costruito un modello di "cono" di proiezione dei frammenti.

Si illustrano in allegato le diverse ipotesi. *"I risultati mostrano che vi sono prospettive molto limitate perché un missile a fascio chiuso abbia danneggiato la parte mancante della fusoliera senza danneggiare anche altre parti dell'aeromobile, in particolare le ali le navicelle [cioè le gondole dei motori] e senza lasciare prove di tali danni. La possibilità di un coinvolgimento di un missile con testata a frammentazione è pertanto ancora più limitata"*¹⁴¹

Va esaminata però la possibilità che il missile non abbia lasciato tracce rilevabili dei suoi effetti. Essa, contrariamente a quanto rilevato dai Consulenti di parte civile, è stata approfonditamente esaminata dal Collegio peritale SANTINI sin dal 1991, come risulta dai verbali delle riunioni del Collegio e dai materiali di discussione predisposti per le riunioni.

In molti *drafts* si discute approfonditamente di tale ipotesi, cercando di ricostruire traiettorie del missile, geometrie di diffusione dei frammenti, traiettorie delle parti del missile residue, dopo l'esplosione della testata, compatibili con le caratteristiche di funzionamento dei sistemi di ricerca e guida del missile e con i danni riportati dal DC9.

Tale possibilità potrebbe dipendere:

- dall'esplosione di una testata di guerra in posizione tale che né i frammenti della testata né il blast abbiano colpito la struttura del DC9 in parti recuperate
- dall'impatto diretto del missile con la struttura dell'aereo
- da una combinazione dei due casi sopra indicati

Le diverse ipotesi sono anche state prospettate da Consulenti tecnici di parte, o per sostenerle o per contrastarle.

Benché, come si è visto, sin dal 1992 si fosse già approfondita la tematica, in particolare attraverso lo studio di PROTHEROE di cui s'è dato ampio conto, si è

¹⁴¹ Rapporto 2 maggio 1992, il cui apparato iconografico si allega.

ritenuto opportuno riesaminare quelle conclusioni alla luce anche delle prospettazioni di parte civile.

Il Collegio peritale SANTINI ha escluso che tutte queste ipotesi possano trovare fondamento negli elementi di fatto derivanti dall'esame del relitto. Questa conclusione è condivisa dei requirenti, per le ragioni che appresso si evidenzieranno.

I. 17. 9. L'IPOTESI SEWELL

Un esperto interpellato dai Consulenti di parte civile, SEWELL, ha ipotizzato che il DC9 sia stato colpito dal corpo di due missili, in sequenza, dopo che la testa di guerra era esplosa per azionamento della spoletta di prossimità. Questa ipotesi è stata ripresa, con sostanziali modifiche, dai Consulenti della parte civile ITAVIA.

Si tratterebbe di un evento rarissimo, sia per gli effetti che l'esplosione della testa di guerra ha sulle altre parti del missile (si vedano in proposito le osservazioni dei Ct di parte imputata), sia per il funzionamento della spoletta di prossimità, che dovrebbe escluderne l'attivazione quando la traiettoria è tale da determinare l'impatto diretto. Esso, poi, avrebbe dovuto verificarsi per entrambe i missili, rendendo la possibilità, già molto bassa, ancora minore.

Ciò nonostante è opportuno esaminare accuratamente la tesi prospettata, sia perché proviene da persona che - come attesta il curriculum presentato - ha una notevole esperienza in materia, sia perché è, insieme a quello innanzi esaminato, l'unico tentativo organico di superare gli elementi in contrasto con l'ipotesi di un evento esterno.

Trattandosi peraltro di un documento assai breve, esposto nella riunione peritale del 25 giugno 1993, e che non ebbe ulteriori sviluppi, lo si riproduce integralmente:

"Tutti gli elementi che ho potuto osservare durante le mie visite al relitto del DC 9 conservato nell'hangar Blatter dell'aeroporto di Pratica di Mare indicano che la principale causa del danneggiamento del velivolo è stata la detonazione di una o forse due testate missilistiche di grande potenza, detonazione avvenuta davanti alla parte anteriore della fusoliera, e la perforazione della fusoliera stessa da parte del corpo missile.

Nei relitti da me osservati non vi sono segni di impatto di schegge della testata sulla fusoliera. Simulazioni dell'attacco missilistico da me effettuate hanno mostrato che questo risultato è ottenibile con un opportuno orientamento del

missile e della posizione della testata al momento della detonazione. La probabilità di impatto delle schegge sul bordo di attacco dell'ala destra è piccola ma finita; la probabilità di individuare i fori di queste schegge sul bordo fortemente danneggiato dell'ala è molto piccola.

La direzione di impatto del missile pare essere circa perpendicolare alla linea di volo del DC 9 ed il punto di esplosione essere distante circa 5,5 mt. dalla fusoliera.

Il danno prodotto dalla testata alla fusoliera dell'aereo dipende da vari fattori, quali il tempo critico della superficie della fusoliera, l'angolo di incidenza dell'onda d'urto sulla fusoliera (Onda di Mach) e la geometria della testata esplosiva. Anche la velocità dell'aereo influenza il danno subito dalle parti di aereo che si muovono direttamente verso la sorgente della detonazione.

Un attento esame della fusoliera dovrebbe permettere di individuare sulla fusoliera i segni di penetrazione lasciati dalle alette di guida del missile; ulteriori segni possono essere individuati dalle lacerazioni subite dal tappetino.

L'aereo attaccante, in volo verso Sud su una rotta distante circa 20 Miglia da quella del DC 9 ed individuabile dalla traccia del radar di Fiumicino, vira verso Est ed effettua una manovra di lancio perfettamente compatibile con le prestazioni degli aerei in servizio negli anni 80. La "fattibilità" di un tale attacco è dimostrata dalle simulazioni da me effettuate.

Basandomi sui segni di impatto sulla fusoliera, sui danni che appaiono sul tappeto, sui plots radar, sulle simulazioni da me effettuate e sulla mia esperienza professionale, esprimo la meditata opinione che il DC 9 ITAVIA è stato colpito da almeno un missile e forse due lanciati dall'emisfero destro anteriore; le testate missilistiche sono detonate all'esterno dell'aereo a pochi metri dalla fusoliera"¹⁴².

L'elaborato dell'esperto statunitense è stato esaminato approfonditamente¹⁴³.

¹⁴² Nota dell' Ing. SEWELL del 29 giugno 1993.

¹⁴³ Si vedano ad esempio le note di G. LILJA del 13 e 15 luglio 1993 e poi dell'11 ottobre 1993, a seguito dell'esposizione orale del 9 ottobre 1993, da parte di SEWELL, delle sue conclusioni. LILJA ha infine raccolto le sue osservazioni nella nota in data 27 novembre 1993. Ciò va sottolineato, giacché non sembrano fondate le osservazioni critiche, spesso avanzate dai Consulenti di parte civile, circa una sorta di pregiudiziale rifiuto del Collegio SANTINI ad approfondire l'ipotesi missilistica.

Deve innanzitutto escludersi che vi siano sul relitto segni di alcun genere che possano essere attribuite all'attraversamento della fusoliera da parte di uno o più oggetti.

Certamente erronea è l'identificazione di un tale evento nella mancanza nella pelle dell'aereo di parti la cui sagoma appare corrispondente a quella delle alette stabilizzatrici di un missile. Essa infatti fu da SEWELL operata esclusivamente sulla proiezione su carta, da elaborazione magnetica, di un'ipotesi di ricostruzione del relitto, che però non aveva pretesa di descrizione accurata di ogni singolo pezzo. Sul punto è assai chiaro il Collegio peritale, sia nei verbali delle riunioni sia nella relazione conclusiva:

D'altra parte la linea di congiunzione tra i punti individuati da SEWELL come fori di entrata e di uscita del corpo dei missili attraversa parti del relitto che, quando recuperata, non recano alcuna traccia di danneggiamenti compatibili con l'ipotesi. Ad esempio, i tappeti della fusoliera sono stati quasi integralmente recuperati e la loro definitiva localizzazione¹⁴⁴ fa escludere che rechino tracce, quali quelle che sarebbe stato necessario invece rinvenirvi.

Da ultimo il 18 febbraio 1995 i Consulenti di parte civile hanno sottoposto al Prof. HELD, nel corso di una seduta per esperimento giudiziale, un'ipotesi di connessione tra i danni riscontrabili sui tappeti e l'impatto di parte di un missile, ma con esito negativo¹⁴⁵.

Per completezza va ricordato che una prima ricostruzione della posizione dei frammenti dei tappeti aveva fatto ritenere a SEWELL che i danni riportati costituissero una conferma alla sua ipotesi. Tuttavia, la ricostruzione infine operata dal Collegio appare convincente, soprattutto dopo le correzioni effettuate sulla base dei rilievi della parte civile. Si è dato ampiamente conto sia della correlabilità tra

¹⁴⁴ Nella riunione peritale del 26 novembre 1993, alla presenza dei Consulenti di parte privata, si procedette infatti a rivalutare la posizione dei frammenti dei tappeti, che furono quindi nuovamente "ricostruiti", secondo una nuova disposizione. Infine, nell'esperimento giudiziale del 7 febbraio 1995 si è proceduto a verificare la posizione dei tappeti indicata nella relazione della perizia SANTINI (parte IV, pag. 50), accertandosi che l'errata collocazione del *Galley* aveva influito sulla posizione relativa delle diverse parti dei tappeti. Si è dunque ipotizzata una parziale modifica nella loro disposizione, a partire dalla sezione 200 anziché 158.

¹⁴⁵ "Il Generale CINTI mostra al Prof. HELD i tappetini della moquette chiedendo se il buco esistente nel tappetino n. 3 possa essere stato prodotto da un motore di un missile che avrebbe poi prodotto anche lo strappo esistente sul tappeto n. 5 e inoltre se il taglio distante circa 1 metro, sempre sul tappeto n. 5, possa esser stato causato dall'ala del missile stesso. Il Prof. HELD risponde che il buco e lo strappo esistenti sui tappetini 3 e 5 potrebbero essere teoricamente stati prodotti dal motore di un missile, ma che il secondo strappo o taglio del tappetino n. 5 non è correlabile con i primi due".

loro delle diverse parti terminali dei frammenti, sia degli elementi ricavabili dalle scritte o dalle segnature esistenti sugli oggetti.

In ogni caso, quand'anche si ritenesse erronea tale ultima disposizione dei frammenti dei tappeti e si ritornasse a quella originaria, ciò non di meno dovrebbe escludersi che i danni evidenziati siano riconducibili all'attraversamento della fusoliera da parte del corpo di missili. Essi, infatti, presentano lacerazioni che appaiono compatibili con l'evento catastrofico e che in nessun caso possono venir poste in relazione, per continuità, vastità, direzione, con quelle che dovrebbero attendersi per l'attraversamento di oggetti di notevole massa e con alta velocità.

I piccoli fori con globularizzazione delle fibre, di cui s'è detto altrove, non possono certamente esser posti in correlazione con un'esplosione di una testata bellica: se ciò fosse avvenuto all'interno del velivolo, avrebbero dovuto riscontrarsi tracce degli effetti devastanti e non la mera globularizzazione di alcune fibre. Ma altrettanto negativa deve essere l'attribuzione dei fori e degli effetti sulle fibre a frammenti proiettati all'interno da un'esplosione avvenuta all'esterno: si è già visto che un'esplosione ravvicinata, tale cioè da poter proiettare minuscoli frammenti incandescenti all'interno dell'aereo, avrebbe comportato effetti macroscopici sulla fusoliera; un'esplosione a distanza di oltre 12 metri (e cioè oltre la lunghezza dell'ala, che non ne reca segni) non avrebbe potuto proiettare tali frammenti, la cui velocità sarebbe rapidamente decaduta e che comunque sarebbero stati bloccati dalla fusoliera, certamente integra al momento del loro impatto (giacché la velocità residua - inferiore ai 700 mt./sec. - del corpo del missile, unico oggetto che avrebbe potuto aprire varchi nella fusoliera, nella prospettazione data, è di molto inferiore a quella delle schegge accelerate dall'esplosione).

minuscoli
frammenti
incandescenti
bloccati

L'ipotesi SEWELL è stata esaminata, con la consueta accuratezza e apertura mentale, dal Prof. HELD¹⁴⁶.

HELD ha innanzitutto analizzato l'ipotesi di SEWELL, derivandone gli angoli dinamici conseguenti delle traiettorie dei missili e del DC9.

Considerata poi la velocità del DC9 (ipotizzata costante a 240 m/s) e quella dei missili (tra i 600 e gli 800 m/s), egli ha elaborato una tavola dell'"angolo azimutale statico" e dell'"angolo di elevazione statico" per l'impatto dei due ordigni.

"L'intersezione (angoli statici) per il primo missile secondo SEWELL dovrebbe avere un angolo azimutale di circa 40° e un angolo di elevazione di circa 15°; il secondo missile dovrebbe avere un angolo azimutale di circa 20° e un angolo di

¹⁴⁶ Relazione del 22 settembre 1993, pag. 35 e ss.

elevazione di circa 11°. Gli angoli inferiori per il secondo missile significano che l'aeromobile "nemico", il quale ha lanciato due missili uno dopo l'altro, dovrebbe avere conseguito con il secondo missile una situazione più antiparallela paragonata al primo missile.

La traiettoria dinamica del primo missile mostra che il missile avrebbe dovuto colpire anche il motore sinistro!"¹⁴⁷

L'ipotesi prospetta dall'Ing. SEWELL non è dunque sostenibile.

I. 17. 10. IPOTESI FONDATE SULLA DISTRIBUZIONE DEI REPERTI SUL FONDO DEL MARE.

Si è poi sostenuto che gli effetti dell'esplosione di una testata missilistica in prossimità della parte anteriore destra della fusoliera sarebbero comunque desumibili dall'esame della localizzazione di alcuni reperti.

In effetti, parti della fusoliera che, secondo l'ipotesi di separazione delle diverse componenti dell'aereo, avrebbero dovuto trovarsi insieme ai resti della parte anteriore e centrale della fusoliera, furono recuperate in zone diverse e tali da far ritenere che si fossero separate in volo.

Si condivide l'osservazione della parte civile circa l'impossibilità di considerare casuali tali rinvenimenti. Il presupposto dell'intera opera di ricostruzione del velivolo è che i singoli pezzi dell'aereo siano caduti in mare seguendo leggi fisiche note e ricostruibili, cosicché sia possibile ricostruire, attraverso la localizzazione sul fondo marino e la conoscenza di alcune circostanze esterne (vento, correnti marine, forma e peso dei singoli reperti, galleggiamento) anche la dinamica di caduta e quindi anche il punto approssimativo di separazione dal corpo dell'aereo.

Rinvenire un oggetto in una zona diversa da quella che sarebbe stata prospettabile sulla base di tali parametri impone l'individuazione delle cause che hanno determinato la diversa localizzazione.

Di alcuni di tali oggetti il Collegio peritale spiega le possibili cause di trasferimento in punto diverso del fondo marino, rispetto a quello ipotizzabile in considerazione del momento della separazione dall'aereo (ad esempio, l'estremità dell'ala sinistra). Di altri, invece, non è stato possibile dar conto e si sono ipotizzati errori nel corso delle operazioni di recupero.

¹⁴⁷ La ricostruzione è ben illustrata nelle figure 15, 16 e 17, allegate allo studio del Prof. HELD.

Si vedano i frammenti AZ32/A202 (fascia finestrini destra, stazione 280) AZ227 (parte di lamiera della fusoliera alla stazione 689)¹⁴⁸.

Il Collegio ha condotto un esame molto attento sui reperti AZ32, AZ204 e AZ227¹⁴⁹. "Infatti, notano i Periti, ... essi, pur appartenendo al rivestimento esterno della fusoliera del velivolo, sono stati recuperati in zona A, dove sono stati recuperati il tronco di coda e frammenti a esso appartenenti. Una possibile interpretazione di questa caratteristica di ritrovamento potrebbe essere che i tre frammenti si siano distaccati in volo a causa del danno prodotto dal missile (o dai missili) e siano rimasti poi intrappolati nel tronco di coda, anch'esso distaccatosi in volo, precipitando insieme a esso nella zona A."¹⁵⁰

Per il frammento AZ227 è facile però accertare che si trattò di un errore di etichettatura. Altrettanto non può dirsi per gli altri due frammenti, correttamente schedati. Nessuna ragionevole spiegazione è stata trovata del recupero dei due oggetti in un'area diversa da quella prevista e comportante una separazione dalla fusoliera in tempi antecedenti all'impatto dell'aereo con il mare.

Osservano però i Periti che tutti gli elementi circostanti ai due frammenti predetti sono stati recuperati effettivamente nella zona C e non recano segno alcuno di eventi riconducibili ad effetti di un missile¹⁵¹.

I Consulenti di parte civile dei familiari delle vittime, nell'elencare i reperti, provenienti dalle parti anteriore e centrale destra dell'aereo, che apparirebbero essersi separati prima dell'impatto dell'aereo con la superficie marina, evidenziano anche la possibilità di osservare su altri reperti delle medesime zone gli effetti di una pressione esercitata dall'esterno verso l'interno. Tali effetti sarebbero particolarmente evidenti su di un serbatoio di acqua. Secondo il Collegio dei Consulenti "questa pressione ha la sua zona di massima intensità

¹⁴⁸ Non devono invece esser considerati anomali i rinvenimenti di parti della fusoliera anteriore nella zona B, in quanto tale zona confina con la C e i rinvenimenti in questione [AZ39/B350 (fascia finestrini destra, stazione 430) AZ241/B2342 (fascia superiore destra finestrini, stazione 351), AZ308 (frammento lamiera di fusoliera, stazione 470) AZ74 (frammento di ordinata di fusoliera, stazione 544)] appartengono alla fascia di confine, solo convenzionalmente attribuita all'una piuttosto che all'altra zona; cfr. memoria dei Prof.ri CASAROSA e HELD in data 9 giugno 1995.

¹⁴⁹ Se ne veda la raffigurazione grafica sulla fusoliera del DC9 nella figura allegata, tratta dalla Perizia SANTINI, fig. III-17 parte IX, cap. 2.

¹⁵⁰ Relazione peritale SANTINI, parte IX, cap. 2.

¹⁵¹ Le indagini metallografiche e frattografiche e l'esame delle caratteristiche delle deformazioni porta anche ad escludere che il distacco possa essersi verificato per cedimento spontaneo; cfr. Relazione peritale SANTINI, parte IX, cap. 3.

lungo una linea situata poco al di sotto della zona dei finestrini e va rapidamente attenuandosi ... lungo la curva della fusoliera".

La perizia tecnica aveva concluso attribuendo la pressione, così come descritta innanzi, alle modalità di impatto del relitto dell'aereo sulla superficie del mare. Questa interpretazione non è condivisa dai Consulenti di parte, i quali osservano come i dati di rilevante pressione esterna si accordino con il numero di file di sedili che - a giudicare dalle intrusioni massive in circa trenta cuscini - potrebbero essere stati interessati dall'onda d'urto di un'esplosione esterna. Coordinando tali elementi ai reperti rinvenuti in zone non compatibili con l'impatto in mare del relitto e quindi separatisi in volo, se ne dedurrebbe che l'aereo fu investito da un'onda d'urto di un'esplosione esterna, che causò la separazione di alcuni pezzi, la proiezione di frammenti del rivestimento interno della fusoliera e le deformazioni sulla fusoliera.

Secondo i Consulenti di parte, tali effetti potrebbero esser stati causati da un ordigno esploso a circa 4 metri dalla fusoliera e con un angolo di circa 40°.

Resta però non controverso, anche per questa ricostruzione, che su nessun reperto vi è segno alcuno di esposizione ad esplosione (segnature da schegge o frammenti, penetrazioni ad alta velocità, *gas wash*, *pitting*, modificazioni microstrutturali). In particolare, nessuna segnatura di tal genere è riscontrabile né sui frammenti che si sarebbero separati anticipatamente, né sui moltissimi recuperati della fiancata destra, che ne hanno consentito la pressoché completa ricostruzione. Anche le intrusioni nei cuscini, senza verso preferenziale, sono nella quasi totalità non riconducibili a fenomeni esplosivi, con la sola eccezione dei frammenti 52m e 6-4m, di cui s'è a lungo detto.

Consapevoli della necessità di un coerente approccio critico al materiale di prova, la cui assenza avevano più volte rimproverata al Collegio peritale, i Consulenti di parte hanno ipotizzato che l'assenza di tali segnature derivasse dalle caratteristiche della testa, tale da generare un'onda d'urto, senza massiccia formazione di schegge. Questa ipotesi, però, non è stata sviluppata in successive indagini, che pure i Consulenti avevano anticipato. Non v'è dunque alcuna prova positiva che una siffatta testata, se esistente nel 1980, potesse determinare i danni sopra indicati.

In ogni caso, la ricostruzione del relitto rende evidente, persino al profano, gli effetti di danneggiamenti a fisarmonica sul lato destro e di completa frantumazione del lato sinistro, che correttamente - e senza adeguato contrasto - il Collegio peritale ritiene prova dell'impatto dell'aereo integro nella parte anteriore e centrale con il mare

Deve dunque concludersi che dall'esame del relitto e dei reperti non emergono elementi che possano far ritenere che l'aereo sia stato colpito nella parte anteriore della fusoliera dagli effetti dell'esplosione di una testata di guerra o dal corpo del vettore.

A ciò deve aggiungersi che la localizzazione dell'evento nella parte anteriore della fusoliera - luogo ove è ipotizzato che sia stato raggiunto dall'esplosione - non potrebbe in alcun modo spiegare le modalità di collasso della struttura del DC9, quali emergenti dall'esame dei reperti, dalla loro localizzazione al momento del recupero e da tutti gli altri elementi che si sono indicati nel paragrafo a tale aspetto dedicato e fatte salve le riserve che si sono già evidenziate.

I. 17. 11. IPOTESI DI ORDIGNO A GUIDA RADAR SEMIATTIVA

Particolare attenzione alla formulazione dell'ipotesi dell'abbattimento del DC9 da parte di missili è stata prestata dai Consulenti della parte civile ITAVIA, Mario CINTI e Luigi DI STEFANO. Essi, infatti, partono essenzialmente dall'ipotesi SEWELL, ma la modificano in punti non secondari al fine di superare le obiezioni che ad essa erano state mosse.

In un ampio contributo, depositato il 23 dicembre 1995, e in successive note di risposte ad alcune osservazioni critiche, i Consulenti hanno sviluppato gli elementi, sulla base dei quali dovrebbe affermarsi detta ipotesi, seguendo un percorso logico solo in parte coincidente con quello del Collegio dei Consulenti dei familiari delle vittime.

Essi partono da presupposti in parte diversi da quelli posti da HELD: innanzitutto ritengono che anche missili a guida IR avessero, nel 1980, capacità di attacco laterale. Indicano poi, per un esemplare di tal genere di missile, l'AIM9L SIDEWINDER, una portata utile molto superiore a quella stimata dall'esperto tedesco. Utilizzano parametri per il calcolo della diffusione delle schegge in parte diversi. Di ciò, tuttavia, non si terrà conto in quanto si ritiene che, anche accettando per veri i parametri indicati dalla parte civile, deve comunque giungersi alla conclusione che non vi siano prove dell'impatto di uno o più missili.

Va sottolineato che essi, replicando a osservazioni critiche rivolte loro da uno degli imputati, il Generale MELILLO¹⁵², contestano che l'ipotesi del missile possa venir formulata solo a partire dai dati radaristici, e in particolare dall'esame

¹⁵² Cfr. Osservazioni di G. MELILLO.

dei plots -17 e -12, e che la ricostruzione sia in realtà operata a ritroso, partendo da tali dati per individuare angoli di impatto e caratteristiche dell'ordigno con essi compatibili. Per la verità, quand'anche le critiche per tale ragione rivolte alla memoria dei Consulenti fossero fondate, non se ne vedrebbe l'aspetto negativo: è infatti del tutto ragionevole e corretto come procedimento logico che, a partire da un dato di fatto assunto come vero, si costruisca un'ipotesi di ricostruzione dell'evento con quel dato compatibile. Si tratterà, certamente, solo del primo passo, giacché l'ipotesi dovrà essere sottoposta a controllo e potrà essere accettata solo se non contraddetta, ma anzi corroborata da altri elementi.

Secondo i Consulenti, comunque, il ragionamento va ribaltato, giacché è proprio dal relitto del DC9 che si traggono i principali elementi di fatto a sostegno dell'ipotesi missilistica, mentre i dati radaristici non ne sarebbero che una corroborazione, non indispensabile¹⁵³.

In primo luogo, i Consulenti contestano la successione del collasso dell'aereo, per le ragioni che si sono già viste a proposito dell'ipotesi formulata dalla Perizia SANTINI. In sintesi, il rinvenimento di frammenti di parti anteriori del velivolo nella zona di recupero dei motori e l'esame del materiale ingerito dai motori indicherebbe che il velivolo è giunto integro all'impatto con il mare e che, in ogni caso, i due motori non si sono separati prima di questo evento. Sempre dall'esame della mappa dei ritrovamenti discenderebbe poi la localizzazione dell'originario varco nella fusoliera nella sua parte anteriore e non posteriore; tale esame viene condotto a partire dalla critica della distribuzione in mappa operata dal Collegio SANTINI, che non avrebbe tenuto conto dei rinvenimenti in passato schedati dal Collegio BLASI. Non sarebbe stato, in particolare, dato il dovuto peso al rinvenimento non solo di parti esterne (come ad esempio di parte del vano carrello anteriore) ma soprattutto del *trolley*, cioè del carrello per i rifiuti, situato nella *Galley* anteriore e rinvenuto nella zona a Nord dei reperti sul fondo marino: "il ritrovamento del reperto in quella posizione è una chiara indicazione che il danno al velivolo è avvenuto nella zona anteriore".

Essi riconsiderano, poi, le conclusioni cui era giunta la Perizia BLASI. Anche per questi aspetti si rinvia a quanto si è osservato in precedenza: alcune delle osservazioni dei Consulenti sono effettivamente di rilievo e non paiono adeguatamente contrastate dal Collegio Peritale. Tra queste, le caratteristiche delle schegge 64 M e 52 1M e il rinvenimento di esplosivo TNT e T4. Assai meno convincenti le rivalutazioni interpretative dei fori sul portellone o la riconduzione a qualche fattore, ma non si comprende quale, connesso con

¹⁵³ Memoria CINTI - DI STEFANO depositata il 10 giugno 1996

no - esterna

un'esplosione interna delle sferule rinvenute nell'ala del DC9; nessun elemento nuovo, poi, viene dalle osservazioni in tema medico - legale.

Il punto nodale è, in realtà, costituito dall'individuazione di danni sulla fusoliera anteriore, che vengono considerati effetto dell'impatto dei motori di due missili, esplosi a distanza dalla fusoliera del DC9. Si riprende, dunque, la tesi prospettata da SEWELL, ma con significativi approfondimenti e con sostanziali modificazioni.

I Consulenti ITAVIA indicano quindi le caratteristiche che dovette avere l'ordigno utilizzato dall'aereo attaccante, per rispondere contemporaneamente a tutti i fatti accertati: provenienza dell'aereo attaccante da rotta ortogonale rispetto al DC9; assenza di danni localizzati nei motori; assenza di danni diffusi derivanti da blast o da schegge; presenza all'interno dell'aereo di residui di esplosivo TNT e T4; vasto danneggiamento della parte anteriore della fusoliera.

Essi partono da un'attenta rassegna delle caratteristiche essenziali dei missili avioportati, in servizio nelle principali Forze armate nel 1980. Si tratta di un lavoro accurato, che analizza in primo luogo le possibili modalità di attacco e quindi i punti presumibili di impatto. Passa poi ad esaminare i danni che è ragionevole aspettarsi, in considerazione di alcuni parametri: "detti danni saranno diversamente localizzati a seconda del tipo di guida del missile (IR - infrarosso - o SARH - guida radar), a seconda del sistema di puntamento del missile ("curva del cane", "proporzionale" o "punto futuro") e saranno variamente estesi a seconda della dimensione del missile (teste di guerra da circa 10 Kg. per i missili da dogfight o teste da 30 Kg. in poi per i missili più grossi) e a seconda della distanza alla quale il missile è esploso dall'aereo civile, cioè se si è avuto un colpo diretto o l'esplosione della testa di guerra è avvenuta nelle vicinanze a seguito dell'attivazione della spoletta di prossimità".

Posta questa premessa i Consulenti ricostruiscono rotte e posizioni relative del DC9 e dell'aereo attaccante, ipotizzando di conseguenza che al momento del disastro quest'ultimo si trovasse a 10 Km a ovest del DC9, con velocità al suolo di circa 330 mt/sec.. Assegnata al missile una velocità media al suolo di 700 mt./sec., il punto di lancio del missile viene stimato a circa 14 Km. di distanza dal punto di localizzazione del disastro. Il tempo di volo del missile fu di 20 secondi. Di conseguenza, al momento del lancio il DC9 (che volava alla velocità di 240 mt./sec.) si trovava di 5 mila metri arretrato rispetto a detto punto.

I consulenti utilizzano questo modello, pur consapevoli delle forti possibilità di variazioni derivanti dai margini di errore dei dati radar in azimuth, al fine di

descrivere un quadro di massima, a partire dal quale effettuare quel controllo di compatibilità di cui si diceva innanzi: essi infatti ipotizzano le diverse condotte che avrebbero dovuto tenere missili dotati di diversi sistemi di guida, in considerazione delle posizioni reciproche tenute dagli aerei, sia nella fase di scoperta e di acquisizione del bersaglio, sia in quella di vero e proprio attacco.

Le conclusioni del Collegio sono, a nostro parere, molto rilevanti, giacché contribuiscono a porre dei punti fermi, per esclusione. La disamina attenta e onesta sgombra il campo da numerose ipotesi, consentendo che la discussione si concentri sui punti di effettivo disaccordo interpretativo.

Esclusi subito i missili di tipo IR di vecchia generazione, le possibilità si focalizzano in un primo momento su missili a guida IR avanzata e su missili a guida radar semiattiva. I primi sono, come notano i Consulenti, di assai improbabile uso con le modalità di attacco ipotizzate, giacché le tecniche usualmente utilizzate comportano l'immediato disimpegno dell'aereo, subito dopo il lancio, giacché - a differenza degli ordigni a guida radar - non è necessario che il bersaglio resti illuminato dal radar dell'attaccante. Questa manovra evasiva non viene effettuata nel caso di specie, giacché la rotta individuabile a partire da -17 e -12 prosegue, attraversando quella originaria del DC9.

Ma il sistema di guida a raggi infrarossi va escluso per un più radicale motivo: sia ipotizzando un sistema di puntamento e guida a "punto futuro di impatto", che quelli detti "curva del cane" e "proporzionale", la fonte principale di calore, verso la quale si sarebbe indirizzata la testata autocercante, sarebbe rimasto il motore destro. Sarebbe certamente cambiato l'angolo e la direzione di impatto: nel primo caso infatti il missile avrebbe raggiunto l'aereo con direzione avanti - dietro, mentre negli altri due casi con direzione di inseguimento e quindi dietro avanti. Comunque ciò non avrebbe modificato il punto di impatto, determinato dalla fonte principale di calore (motore destro). A questo proposito i Consulenti esaminano anche, per escluderli, possibili effetti di cattura del sistema di puntamento, derivanti dalla riflessione del sole sui finestrini e sulla superficie della fusoliera, per escluderli.

"In caso di impatto di missile a guida IR avanzato dovremmo trovare i danni nell'interno del motore destro, con il verso prima descritto".

Nettamente diverso verrebbe essere il punto di impatto di un missile a testata radar, lanciato con le modalità che si sono viste. In questo caso il sistema di puntamento è attratto non dal calore, ma dalla superficie riflettente. Secondo i Consulenti, nel caso di attacco laterale, la parte posteriore dell'aereo,

caratterizzata da superfici con angoli diversi, avrebbe una capacità riflettente molto inferiore rispetto a quella della fusoliera, costituita da un tubo e quindi con proprietà riflettenti assai superiori. In questo caso, dunque, il missile avrebbe seguito una traiettoria sostanzialmente analoga a quelle descritte in precedenza (dipendendo ciò dal sistema di elaborazione del dato associato a quello di guida) ma con punto di impatto del tutto diverso: la parte anteriore della fusoliera.

In conclusione, ipotizzando un missile di tipo SARH "dovremmo trovare i danni nella zona di fusoliera compresa tra l'attaccatura delle ali e la cabina di pilotaggio, con entrata sul lato destro e uscita su quello sinistro", con angoli e direzioni diversi a seconda del sistema di elaborazione.

Poste queste premesse, i Consulenti stabiliscono anche i parametri di funzionamento della spoletta di prossimità, indicando una distanza dal bersaglio di 10 metri (ottenuta convenzionalmente, per media delle distanze di 5/15 metri alle quali vengono abitualmente tarate le spolette) e considerando che i sensori delle spolette sono indirizzati radialmente, in corrispondenza con l'angolo di proiezione delle schegge.

I Consulenti determinano poi il peso effettivo ipotizzabile delle cariche esplosive (dedotto, dal peso complessivo delle testate, quello delle altre componenti) e ciò al fine di calcolare il diametro dell'onda esplosiva (*blast*)¹⁵⁴.

Sulla base dei parametri suddetti (velocità e direzione del missile, diametro del *blast* ecc.) essi affermano che i sensori della spoletta di prossimità - nell'ipotesi di attacco laterale - sarebbero attivati dall'estremità dell'ala destra, che sarebbe la prima parte del DC9 a entrare nel cono di attivazione del sistema. Poiché l'ala si protende dalla fusoliera per circa 12 metri, nelle ipotesi considerate (ed escludendo qui quella di diretto impatto con l'ala) il missile sarebbe dovuto

¹⁵⁴ Il Generale MELILLO ha sottoposto a una serrata critica anche la scelta del complesso dei parametri suddetti e soprattutto delle caratteristiche dei missili, utilizzate per la esemplificazione del modello di ricostruzione. Come si vedrà, le conclusioni dei Consulenti ITAVIA non sono condivisibili neppure quando si utilizzino i parametri indicati nel loro stesso elaborato. In sintesi, MELILLO contesta che esistessero nel 1980 missili aria - aria che avessero contestualmente le caratteristiche prese a riferimento: portata superiore a 14 chilometri, guida radar semiattiva o ad infrarosso con capacità di attacco laterale e peso della testata di 10 chilogrammi. I missili con tal peso di testata, infatti, appartengono a classi con portata utile assai inferiore a quella stimata dai Consulenti; alla portata superiore ai 10 km. corrispondono missili di rilevante dimensione, con adeguata testata bellica, nell'ordine delle decine di chilogrammi. Ciò naturalmente influenza in maniera notevole la valutazione degli effetti dell'esplosione sulla struttura dell'aereo - bersaglio e in particolare il calcolo degli effetti del *blast* e della proiezione delle schegge, oltre a quello della massa del corpo del missile dopo la detonazione della testata. Cfr. MELILLO, memoria del 23 dicembre 1995

esplodere a 12 metri dalla parte posteriore della fusoliera, nel caso di missile IR, e a 14 metri dalla parte anteriore della fusoliera, nell'ipotesi di testata SARH. In un'accurata ricostruzione grafica i Consulenti determinano anche la posizione, nelle due ipotesi, e di conseguenza calcolano i possibili effetti del *blast*, per i pesi delle testate di guerra sopra ipotizzati.

Secondo i Consulenti, le posizioni così calcolate dei due punti di esplosione non avrebbero in ogni caso dovuto determinare rilevanti effetti sulle strutture del DC9, ma al più sulla sua "pelle" (*skin*).

Più complessa è invece la verifica dei danni che avrebbero dovuto esser indotti dalle schegge e dalle componenti residue del missile. I Consulenti elaborano infatti un modello tridimensionale del DC9, sviluppandone le parti ricostruite e quelle mancanti e applicando a tale modello le ipotesi di impatto di un missile che si sono innanzi descritte.

Per ciò che concerne le schegge, il modello ricostruttivo proposto dai Consulenti concentra la possibilità di impatto sul DC9 esclusivamente nella parte posteriore e nell'estremità dell'ala destra, per entrambe le ipotesi di guida del missile. Infatti la spoletta di prossimità sarebbe attivata a distanza tale dall'aereo che la geometria di proiezione delle schegge determinerebbe un cono che escluderebbe la quasi totalità dell'aereo. Di conseguenza, secondo questa ricostruzione, sul DC9 dovrebbero essere rilevabili esclusivamente effetti secondari del *blast* e un quantitativo non precisato di schegge nelle due parti indicate.

E' singolare che non sia prospettata, in una così accurata ricostruzione, anche una quantificazione statistica delle schegge nelle zone interessate. MELILLO, in una sua memoria, completerà questa parte dell'analisi, indicando una distribuzione presumibile delle schegge incompatibile con i danni rilevabili sull'ala e sulla fusoliera.

Sta di fatto che l'esame delle parti interessate, secondo i Consulenti ITAVIA, dà un risultato che dovrebbe esser considerato negativo e che avrebbe dovuto portare a considerare l'ipotesi "falsificata": infatti i Consulenti non riescono a individuare che due possibili fori. Uno però è un foro di uscita, nella parte sinistra ed è indicato come prodotto da una scheggia esclusivamente perché con petalatura verso l'esterno.

Anche le ricerche, proseguite anche con un'apposita nuova ispezione del relitto che ha avuto luogo il 15 ottobre 1996, di fori o tracce di impatti sulle parti alte della deriva e dei piani posteriori ha avuto esito negativo.

L'unico foro che potrebbe esser effettivamente ricondotto a penetrazione di un oggetto esterno al DC9 è quello individuato sul flap dell'estremità dell'ala destra, che ha formato oggetto di specifico accertamento peritale, attraverso la sottoposizione di un quesito al Collegio metallografico - frattografico. La conclusione del Collegio peritale è in termini che questo Ufficio non ritiene compatibili con l'ipotesi che a causarlo sia stata una scheggia proveniente dalla testata di guerra di un missile. Va ben tenuto presente, infatti, che in questo caso non vi sarebbe dubbio circa la necessità di attribuire la scheggia non al corpo del missile o a elementi di copertura della testa, ma ai frammenti appositamente costruiti per cagionare effetti letali. La velocità di proiezione di questi frammenti, alla distanza minima dall'esplosione derivante dalla localizzazione nell'estremità dell'ala e quindi nel punto più vicino a quello di detonazione, avrebbe dovuto esser superiore a quella ("medio - alta") indicata nella perizia. Non va poi sottovalutato che il Collegio non ha potuto affermare con certezza nemmeno che le velocità fosse medio - alta, limitandosi a una valutazione probabilistica.

E' opportuno citare l'intero brano della relazione peritale:

"Sulla lamiera dorsale e su un flap sono stati individuati i segni di due fori causati da oggetti presumibilmente provenienti dall'esterno dell'ala stessa. ... Il foro sul flap ... è stato sottoposto ad analisi particolari dai componenti del Collegio. Il reperto, individuato col nr. 627, mostra che il foro ha una superficie di frattura prevalentemente normale alla superficie esterna. molto liscia, probabilmente dovuta a tensione tangenziale; si può ipotizzare l'azione di un oggetto a velocità medio-alta"¹⁵⁵

Particolarmente significativa è l'individuazione delle caratteristiche della frattura, sia per la direzione ("prevalentemente normale alla superficie esterna") che per il modo di propagazione della frattura (appartenente al c.d. MODO III, descritto nella relazione di perizia frattografica¹⁵⁶). Tali caratteristiche appaiono incompatibili con quelle che sarebbe logico aspettarsi in considerazione dei punti di esplosione della testata, individuati dai Consulenti e che, peraltro, almeno nel caso di quello anteriore, è anche l'unico compatibile con l'impatto del corpo del missile con la fusoliera, che costituisce l'ulteriore passaggio della ricostruzione dei tecnici della parte civile.

¹⁵⁵ Relazione depositata il 30 luglio 1994, datata 29 luglio 1994

¹⁵⁶ "La frattura è un processo di nuove superfici per distacco di due lembi di un manufatto la cui propagazione si schematizza secondo uno dei modi illustrati nella figura seguente [si allega la figura tratta da pag. 19 della relazione peritale]." Rel. ul. cit.

Per questo aspetto i Consulenti si basano sull'ipotesi di ricollocazione dei diversi frammenti recuperati dell'aereo, formulata dal Collegio peritale e che ha portato alla ricostruzione sia su mappa che in simulacro del DC9. A tale ricostruzione è stato applicato il modello tridimensionale di cui s'è detto, che evidenzia, le parti mancanti della fusoliera e quindi i possibili varchi aperti dall'impatto con il corpo del missile, che si ipotizza abbia proseguito la sua corsa dopo l'esplosione della testata di guerra.

Delle due traiettorie considerate, quella che attinge la zona posteriore (corrispondente a un missile a guida IR avanzata) viene scartata, per l'assenza di danni compatibili con l'impatto del missile.

La seconda, invece, corrisponderebbe a danni rilevabili sulla fusoliera e che il modello tridimensionale consentirebbe di meglio riconoscere.

Si possono "isolare due probabili zone di impatto, localizzate la prima (chiamata d'ora in poi IM1) nella parte anteriore fra le stazioni 200 e 313, la seconda (IM2) più arretrata, vicino all'attaccatura delle ali, fra le stazioni 380 e 489.

- IM1 corrisponde all'impatto di un missile in arrivo perpendicolare alla radiale della fusoliera, dal basso, con un angolo di 20°
- IM2 corrisponde all'impatto di un missile in arrivo perpendicolare alla radiale della fusoliera, dal basso, mentre il DC9 ha mutato il suo assetto e sta salendo o ruotando verso sinistra o tutte e due le cose contemporaneamente".

I Consulenti notano che lo schema utilizzato da SEWELL è completamente diverso e che non se ne comprende la giustificazione; in realtà SEWELL utilizzò, per la formulazione della sua ipotesi, solo una trasposizione provvisoria dei frammenti sulla proiezione del DC9, che fu poi radicalmente mutata.

L'ipotesi di correlazione delle zone di impatto con due missili sarebbe confortata da tre elementi:

1. L'assenza di segni di impatto sulle altre parti della fusoliera del DC9
2. La compatibilità della velocità degli oggetti che avrebbero impattato contro il velivolo, risultante da detta ricostruzione, con quella residua di un missile lanciato alla distanza di 14 Km.
3. la "coerente similitudine fra le dimensioni e le forme delle zone di impatto rispetto alle dimensioni e le forme del modello di missile proiettato che, se anche potrebbe esser definita causale in un caso, difficilmente lo può essere nei due casi" (e cioè per entrambe le aperture correlate ai due missili).

Va però osservato che l'elemento sub 1. non può essere portato a corroborazione dell'ipotesi, giacché è semplicemente un elemento negativo per l'ipotesi di impatto in altre zone, ma nulla ci dice positivamente circa la possibilità che i varchi individuati nella zona anteriore siano generati dal corpo del missile. Per tale aspetto dell'accertamento si tratta dunque di un elemento neutro, irrilevante.

Il secondo punto è stato oggetto di rilievi critici da parte dell'imputato MELILLO. I Consulenti hanno replicato indicando i parametri utilizzati per calcolare la velocità residua di un missile, della classe in esame, dopo 20 secondi dal lancio e presupponendo una velocità della piattaforma quale desumibile dalla estrapolazione dei dati radaristici. Tali parametri, sottoposti all'unico controllo che può competere all'A.G. in sede di valutazione di argomenti tecnici, potrebbero però esser in contrasto con altri elementi acquisiti.

Infatti, benché la pubblicazione specializzata Jane's, presa a riferimento dai Consulenti di parte civile, accrediti il SIDEWINDER AIM9L di una portata di 18 chilometri, lo studio del Prof. HELD indica un raggio di azione di 7.5 chilometri¹⁵⁷. Ciò si rifletterebbe anche sui calcoli sulla velocità residua al momento dell'esplosione della testata. Tale valore, peraltro, è indicato nell'originario elaborato delle parti civili in 700 m/s., mentre nella memoria di replica alle osservazioni dell'imputato si utilizza un parametro differente (400 m/s.).

In sostanza, non si hanno elementi certi per valutare appieno tale aspetto dell'ipotesi ricostruttiva.

Tale controllo ha invece esito certamente negativo, a parere dei requirenti, per ciò che concerne il punto 3. Appare davvero insostenibile ipotizzare che possano essere individuati - con pretesa di fondatezza, correlazioni tra la forma e la dimensione dei varchi e quelle del missile. Tra l'altro, questa pretesa contraddice il presupposto da cui era partita l'indagine dei Consulenti ITAVIA e cioè che l'indicazione di un particolare tipo di missile fosse finalizzata esclusivamente alla esemplificazione. E infatti nel corso dell'esposizione vengono considerati diversi modelli di missile, senza che sia effettuata un'opzione circa l'effettivo missile utilizzato nel caso reale (SIDEWINDER, di varie serie, SPARROW, APEX, MATRA S530, ATOLL SARH)

Anche quest'aspetto è stato oggetto di osservazioni critiche da parte del Generale MELILLO. I Consulenti hanno replicato proponendo un modello di generazione dei varchi e delle deformazioni delle lamiere, desunto dall'esame del disastro di

¹⁵⁷ Cfr. le tabelle allegate alla relazione "Missili antiaerei" del 22 settembre 1993, che si allegano.

Lockerbie. Particolare rilievo viene dato agli effetti della decompressione esplosiva nella determinazione di estroflessioni nel varco di uscita. Tali deformazioni peraltro caratterizzerebbero anche i montanti della porta anteriore sinistra di accesso dei passeggeri, criticandosi la mancanza di specifici accertamenti frattografici sul punto.

Questa critica è del tutto infondata, perché fu proprio il Collegio frattografico a indicare, già nel verbale delle operazioni peritali del 17 gennaio 1992, come oggetto degli accertamenti proprio le "zone di rottura e di deformazione delle travi che formano il telaio della porta passeggeri". La relazione peritale¹⁵⁸ dà conto delle indagini svolte proprio sul telaio della porta passeggeri, le cui deformazioni vengono accuratamente descritte e anche documentate fotograficamente e per le quali si individua un'"azione di direzione avanti - dietro" e quindi incompatibile con l'ipotesi prospettata dai Consulenti di parte

Anche queste osservazioni, tuttavia, non reggono al vaglio critico. Andrebbe infatti dimostrato che i gravissimi danni cagionati nella parte destra della fusoliera dall'impatto sequenziale di due corpi di missili, con devastanti conseguenze sulla integrità di tale parte della parete, potessero comunque consentire il permanere nella fusoliera di un valore di differenza di pressione rispetto all'esterno tale da determinare effetti da decompressione esplosiva sul lato sinistro. Nel parallelo con Lockerbie, a questo proposito, non vanno confusi i danni da decompressione esplosiva, conseguenti alla rapida depressurizzazione causata dall'apertura di un varco, con quelli della canalizzazione dell'onda esplosiva nei condotti di areazione e nelle intercapedini, che sono poi quelli che hanno causato la rapidissima decomposizione del 747.

Ma molte altre sono le ragioni che portano ad escludere che la ricostruzione proposta dai Consulenti di parte ITAVIA possa essere accettata.

1. E' arduo immaginare che entrambe i missili abbiano colpito il DC9, dopo l'esplosione della testata. Si tratta infatti di un evento raro, anche se non eccezionale, e di conseguenza la probabilità che si reiteri casualmente in immediata successione appare immediatamente assai poco ragionevole.

2. Il modello proposto è statico, per la parte relativa all'approccio dei missili al DC9, mentre diviene dinamico nella parte relativa alla valutazione dei danni: la compatibilità dei varchi individuati con l'impatto del corpo del secondo missile è infatti condizionata alla rotazione e all'innalzamento dell'aereo, subito dopo il primo impatto. La modificazione del modello avrebbe però imposto che si

¹⁵⁸ Relazione di perizia metallografica - frattografica del 29 luglio 1994, depositata il successivo 30 luglio.

calcolasse anche la residua compatibilità in termini temporali, di angolo e direzione di impatto, di localizzazione degli effetti primari e secondari dell'esplosione (*blast*, schegge ecc.) di tali repentini mutamenti di assetto del DC9. Tanto più che si ipotizza che le due armi siano state lanciate in tempi molto ravvicinati.

3. Come approfondimento del punto 2, dovrebbe poi accettarsi che tra il momento di impatto del primo missile e quello del secondo (che sono indicati come ravvicinatissimi, tanto che si asserisce che avrebbero prodotto addirittura la medesima impronta, se non vi fosse stata una variazione di assetto del DC9) si sia potuto verificare detto mutamento di assetto, causato evidentemente dalla perdita di peso e dalla modificazione delle caratteristiche aerodinamiche del velivolo, oltre che dalle forze direttamente agenti sull'aereo, a causa dell'impatto trasversale. Appare, poi, veramente non accettabile che la strumentazione del missile abbia potuto percepire la variazione di assetto e seguirla, così come è necessario ipotizzare per giustificare la relazione tra il punto di entrata del missile e quello individuato come foro di uscita¹⁵⁹.

4. Non sono stati rinvenuti segni dei danni che l'attraversamento dei due oggetti avrebbe dovuto causare agli arredi del DC) (ad esempio dei tappeti, che sono stati rinvenuti nella loro quasi totalità) e ciò benché si ipotizzi che uno almeno dei missili abbia attraversato il pavimento.

5. La traiettoria interna dei due oggetti non è in grado di giustificare la repentina interruzione dei circuiti elettrici¹⁶⁰ (tale da impedire la registrazione dell'evento sul CVR) e l'arresto dei motori; anche questo, peraltro, deve essere avvenuto in tempi brevissimi, giacché gli oggetti ingeriti non hanno causato danni rilevanti alle turbine e non sono stati, a loro volta, oggetto di danni da elevata temperatura e da tritramento.

6. L'esplosione della carica a 14 metri di distanza dalla fusoliera e quindi ben oltre gli effetti del *blast* rende ancora più arduo ritenere che particelle incombuste possano essere state portate all'interno del DC9, sia con il meccanismo della nube esplosiva, sia con quello della adesione a frammenti del missile. La localizzazione dell'esplosivo (in bagagli e in punti interni dei sedili) è incompatibile con tale dinamica.

¹⁵⁹ "Dalla proiezione ottenuta nel disegno impatto 1, si ha l'indicazione che questo secondo missile sia arrivato sull'aereo civile quando questo aveva mutato il suo assetto rispetto al volo livellato. L'indicazione è relativa a un assetto in salita e a una traiettoria del missile anch'esso in salita, a seguire l'aereo civile" Memoria CINTI - DI STEFANO depositata il 10 giugno 1996.

¹⁶⁰ Non può certo considerarsi esaustiva in proposito l'osservazione che "l'interruzione totale dell'energia elettrica sia stata dovuta all'azione del primo missile che può avere interrotto i cavi elettrici e/o danneggiato la centralina di controllo".

7. Del tutto privi di spiegazione restano i fenomeni rilevabili su alcuni oggetti recuperati, primo tra tutti il vestito di bambola. Esso risulta attraversato da frammenti ad alta velocità, che hanno provocato la fusione delle fibre, insieme ai noti fenomeni di globularizzazione, visibili anche su altri reperti. Anche in questo caso, la distanza di detonazione e la geometria delle schegge sono tali da escludere qualunque possibilità che frammenti conservanti alta velocità e temperatura possano aver superato la "pelle" dell'aereo e quindi attraversato gli oggetti citati.

A questi elementi, strettamente legati alla diretta critica dell'ipotesi proposta, altri se ne aggiungono di non minore spessore, attinenti alle caratteristiche delle deformazioni patite dalla parte anteriore destra della fusoliera, che indicano che tale parte doveva essere integra al momento dell'impatto con il mare. Si è poi già detto come altri elementi, che pure i Consulenti riprendono quali corroborazione dell'ipotesi, siano invece non utilizzabili come tali. Tra questi occorre solo ricordare i due fori sul portello porta bagagli, per aggiungere a quanto già osservato che deve escludersi la compatibilità tra la posizione e la direzione di penetrazione dei frammenti che li avrebbero prodotti, e il punto indicato come quello di possibile detonazione della testata dei missili. E ciò a tacere che nella ricostruzione della proiezione dei frammenti, la parte anteriore della fusoliera era del tutto esclusa.

Valgono qui, dal punto di vista opposto, le osservazioni critiche che furono avanzate a proposito della relazione della Perizia collegiale: non è possibile esaminare separatamente i diversi dati di fatto, attribuendo loro significato oppure negandolo, senza coordinarli con tutti gli altri.

In conclusione, una disamina serena del materiale probatorio, così come letto dai Consulenti ITAVIA, non solo porta ad escludere che siano riscontrabili segni di impatto di missili o di loro componenti sul DC9, ma anche che l'ipotesi che vi sia stata la detonazione di ordigni senza che ne restasse traccia sia sostenibile.

Il lavoro dei Consulenti, proprio per l'accuratezza e l'onestà che lo contraddistingue, costituisce - a parere dei requirenti - un ulteriore elemento di smentita dell'ipotesi che a causare la perdita dell'aereo sia stato un missile. Oltre, infatti, all'eliminazione dal novero dei possibili ordigni di una serie di missili, per il loro sistema di guida, resta accertato che non vi sono geometrie di impatto (o meglio di attivazione della spoletta o di prossimità o ad impatto) che possano causare la perdita dell'aereo senza lasciare signature di schegge almeno sulla parte posteriore e sull'estremità dell'ala.

I. 17. 12. CONCLUSIONI SULL'IPOTESI DI ABBATTIMENTO PER MEZZO DI MISSILI.

Queste notazioni esimono dall'affrontare diffusamente il tema dello scenario nel quale avrebbe potuto inserirsi l'attacco missilistico (si intende qui non quello di carattere politico, ma dei necessari supporti di natura tecnica). Questo approfondimento sarebbe infatti necessario qualora gli elementi di fatto raccolti circa i danni patiti dal velivolo rendessero ipotizzabile l'abbattimento da parte di un missile.

Va qui solo osservato che non possono non essere condivise le perplessità avanzate in proposito dall'imputato MELILLO, in una sua memoria di replica alle osservazioni dei Consulenti di parte. Il tema dello scenario non può essere affrontato e risolto in termini semplicistici, quasi si trattasse di un argomento non più tecnico, aperto alle più diverse valutazioni. Anch'esso è legato non solo - come ogni affermazione che abbia spazio in un procedimento penale - a rigidi meccanismi di prova in fatto, ma anche a valutazioni di carattere strettamente tecnico, oggetto di indagine peritale. In altri termini, anche le dinamiche di scoperta ed acquisizione del bersaglio, di guida dell'intercettore, di condotta evasiva, di rapporto con Enti (basati a terra, o su navi o su altri aerei) in grado di dirigere e guidare l'aereo attaccante, necessiterebbero del medesimo grado di approfondimento e di accuratezza tecnica, richiesto per affermare come veri altre parti del giudizio peritale.

Degli aspetti relativi alle comunicazioni tra Siti radar, della presenza di navi e aerei appartenenti ad altre Nazioni, di possibili obiettivi che abbiano determinato l'aberrazione del colpo si parlerà in altra parte delle requisitorie, quando si affronterà il tema della complessità dello scenario radar e delle condotte dei militari addetti al controllo dello spazio aereo. Si può anticipare che:

1. risulteranno effettivamente in volo aerei che, per codice SIF e sulla base di altre informazioni, possono essere ritenuti del tipo AWACS e cioè dotati di strumenti di scoperta e di conduzione di altri aerei.
2. vi sono elementi di vario genere che fanno ritenere possibile la presenza di una nave portaerei nella zona d'interesse, di nazionalità non accertabile con sicurezza.
3. nelle comunicazioni tra i Centri della Difesa aerea vi sono comunicazioni attinenti a traffico militare sconosciuto.
4. il materiale documentale in proposito è incompleto e in parte manipolato.
5. vi era una situazione di forte tensione internazionale, particolarmente acuta tra Italia, Stati Uniti e Libia, che coinvolgeva anche altri Paesi.
6. vi sono ragioni per dubitare che il MIG 23 recuperato il 18 luglio 1980 sia in realtà caduto in una data antecedente.

Ma deve affermarsi anche che, focalizzando l'indagine di carattere generale sugli aspetti direttamente correlabili con l'intercettazione,

In primo luogo, va escluso che l'aereo o gli aerei attaccanti possano avere scoperto e acquisito il bersaglio (costituito dal DC9 o da ciò che dietro l'aereo si nascondeva) senza l'assistenza di altri aerei o di controllori basati a terra o su navi. Se infatti si accetta l'ipotesi che la traccia segnata da detto aereo sia costituita in parte dai punti -17 e -12, deve anche dedursene che il DC9 si trovava circa 13 - 14 Km. dietro l'aereo attaccante, nel momento in cui si sarebbe verificata la modificazione di rotta, per convergere su quella del DC9. Né può ragionevolmente supporre che la scoperta del bersaglio possa essere avvenuta in precedenza, nell'ipotesi che i punti suddetti possano essere ricollegati alle tracce c.d. PR, perché ciò avrebbe dovuto comportare una geometria d'attacco completamente diversa, come indicato da tutte le fonti acquisite nel procedimento, e cioè non ortogonale ma di coda.

Del tutto infondata è poi l'ipotesi che il DC9 ITAVIA possa essere stato confuso con il volo Air Malta, giacché questo era in una posizione completamente diversa, pur percorrendo la medesima rotta.

Possono dunque essere tratte alcune conclusioni provvisorie, limitatamente agli elementi desumibili dall'esame del relitto e con riserva di affrontare in seguito altri aspetti.

L'esame particolareggiato di ogni frammento recuperato del DC9 esclude che vi siano segnature di impatto di schegge di missile o di frammenti del missile e della sua testa di guerra.

L'esame della fusoliera esclude che vi siano tracce macroscopiche di tali impatti.

Non vi sono nemmeno tracce riconducibili agli effetti di *blast*.

Deve anche escludersi che all'interno della fusoliera e negli oggetti in essa contenuti vi siano tracce riconducibili agli effetti della detonazione di una testa di guerra o all'impatto con il corpo del missile o con suoi frammenti.

Unici elementi di, sia pur modestissima, incertezza sono costituiti dal rinvenimento di tracce di TNT e T4 e dalle schegge 6-4Mii e 52-1M.

L'ipotesi che il DC9 sia stato colpito da missili è dunque priva di supporto probatorio, per ciò che concerne gli elementi desumibili dall'esame del relitto (e salvo quindi quanto si dirà appresso circa i dati radaristici).

I. 18. QUASI COLLISIONE.

L'ipotesi della quasi - collisione, come causa del disastro viene formulata nel corso delle indagini peritali nel 1992 e compiutamente illustrata per la prima volta in una riunione del Collegio peritale il 13 maggio 1993. Essa nasce dalla necessità di contemperare le modalità di collasso della struttura e quindi di un evento che in uno spazio di tempo brevissimo ha portato al distacco del motore di destra e poi a quello di sinistra, con la difficoltà di situare in un punto della fusoliera prossimo a detto motore un'esplosione, con caratteristiche tali da causare effetti così devastanti. A ciò si aggiunga uno scetticismo più radicale sull'attendibilità delle indagini tecniche condotte in passato (e in particolare di quelle dei Laboratori dell'Aeronautica Militare o su reperti trattati dai detti Laboratori), così da non ritenersi accettabile la prova dell'essersi comunque verificata un'esplosione.

Punto di partenza della formulazione dell'ipotesi è costituito dal fatto che l'estremità dell'ala sinistra (*tip*) fu recuperata a molta distanza dagli altri reperti che ad essa si ricollegano cosicché può darsi per accettato che una frattura dell'ala di sinistra, con la separazione della sua estremità, non si verificò al momento dell'impatto con il mare, ma in un momento di molto antecedente e mentre il velivolo era ancora ad alta quota.

La distanza (circa 10 Km.) dal luogo ove si trovano i resti del relitto principale del velivolo indicano che il *tip* si separò dall'ala nelle primissime fasi dell'evento catastrofico (sul punto è concorde anche il Consulente di parte imputata, il quale però indica un brevissimo periodo di tempo *dopo* l'evento¹⁶¹).

Non è rilevante il fatto che la semiala di sinistra sia stata trovata più a sud (zona F) anche del punto ove dovrebbe essere avvenuto il distacco e dove sono stati trovati gli elementi separatisi in quella fase: giocano fattori aerodinamici e idrodinamici e in più la possibilità di galleggiamento, in considerazione della struttura a nido d'ape dell'ala, che ne comporta un lento affondamento (Cfr. Perizia SANTINI, pag. VIII 8/9).

¹⁶¹ Memoria del 25 maggio 1994, par. 14, pag. 2

Particolarmente rilevante è poi il fatto che la rottura della semiala appare essersi determinata con flessione verso il basso. Ciò può essere attribuito a un'inversione del carico alare, causata da un "fenomeno di interferenza che generi una distribuzione di carico asimmetrico sulle due ali".

Questa distribuzione può esser stata effetto del passaggio a breve distanza del DC9 di un altro aereo, con rotta a esso parallela.

La sequenza degli eventi, causa del collasso, dovrebbe così esser descritta:

- a) "Accelerazione angolare di rollio inizialmente derivante dalla distribuzione di carico asimmetrico sulle semiali e, successivamente, dalla perdita di parte della semiala sinistra.
- b) Conseguente velocità angolare di rollio acquisita dal velivolo negli istanti successivi all'incidente.
- c) *Pitch Up* [beccheggio verso l'alto] inizialmente dovuto alla distribuzione di carico asimmetrico e, successivamente, alla perdita dell'estremità della semiala sinistra.
- d) Conseguente variazione di angolo di incidenza con incremento di portanza e, quindi, di fattore di carico.
- e) Accelerazione angolare di imbardata derivante da asimmetria di resistenza sulle semiali e dagli effetti della velocità angolare di rollio.
- f) Conseguente variazione di angolo di *sideslip* [scivolo, scorrimento laterale]"¹⁶²

Questo movimento di rollio accompagnato da un movimento a cabrare non sarebbe però stato sufficiente a determinare la rottura dei vincoli del motore destro, in quanto uno studio condotto con un apposito programma di simulazione ha accertato che l'aereo non raggiunge valori critici del fattore di carico.

E' dunque necessario ipotizzare che il movimento anomalo dell'aereo sia stato accentuato dalla reazione del pilota, determinata dall'effetto di sensibile accelerazione verso il basso, dovuta alla brusca variazione delle forze di portanza.

Così ricostruisce l'ipotesi la relazione del Collegio SANTINI:

- "a) Prima dell'evento, il velivolo procedeva equilibrato nelle previste condizioni di volo, con autopilota inserito.
- b) A seguito dell'evento e delle iniziali *cues* [imbeccate, suggerimenti] accelerometriche positive, i piloti sono stati allertati e possono aver assunto il controllo manuale del velivolo per azzerare le accelerazioni stesse (guà ?)"¹⁶³.

¹⁶² Relazione peritale IX, pag. 112.

c) Al momento della rottura della semiala, le *cues* accelerometriche si sono immediatamente trasformate da positive in negative e l'intervento del pilota, inizialmente 'previsto' a picchiare, si è trasformato in intervento a cabrare, per contrastare questo ultimo tipo di accelerazione".

In questa ipotesi, il programma di simulazione ha indicato che si incrementa sensibilmente il valore del fattore di carico, fino a divenire critico: il massimo valore si raggiunge dopo 0.8 sec. dall'inizio degli eventi.

La sequenza di eventi sopra descritta può generare condizioni di sovraccarico su tutta la struttura del velivolo e in particolare sulla sezione di attacco dei motori:

"Il motore di destra, durante i primi istanti del moto, a causa dell'accelerazione angolare indotta dagli eventi esterni, è sottoposto a un fattore di carico superiore a quello cui è sottoposto il motore di sinistra. Di conseguenza, è possibile ipotizzare che gli attacchi del motore di destra possano aver raggiunto le condizioni di collasso prima di quelli del motore di sinistra".

Da questo momento, la sequenza del collasso del velivolo si ricollega pienamente a quella in generale ipotizzata dal Collegio SANTINI: il motore di destra, separandosi, determina una serie di reazioni a catena in parti vicine della fusoliera; contemporaneamente interrompe l'energia al CVR fino a che non entra in azione il *cross tie relay* che sposta l'alimentazione sul motore di sinistra, che però immediatamente si distacca a sua volta. Segue la separazione della coda e l'impatto della restante parte della fusoliera e della ali con il mare.

I. 18=1. DEFINIZIONE DI "SITUAZIONE DI INTERFERENZA". CONCLUSIONI.

Perché tutto questo si determini, è necessario che si verifichi una situazione di interferenza.

Ciò è descritto accuratamente dal Collegio Peritale, ipotizzandosi casi di aerei a diverse distanze dal DC9. Anche per questa parte del lavoro si è proceduto a verificare l'ipotesi attraverso programmi di simulazione. Si è quindi accertato che, per una rottura verificatasi come nel caso di specie a circa 8.5 metri dalla radice dell'ala, "già per distanze verticali dell'ordine dei 4 metri si possono avere valori del momento flettente prossimi a quelli di collasso in precedenza calcolati. Per

¹⁶² Il riferimento è evidentemente al fonema di difficile interpretazione di cui si è a lungo discusso in altra parte di queste requisitorie.

distanze verticali tra le due superfici di circa 2 metri si hanno momenti flettenti almeno tre volte superiori a quelli di collasso".

Va però considerato che questo fenomeno risulta anche esser fortemente condizionato dal tempo per il quale si verifica l'interferenza (o più propriamente, con il Collegio peritale: "riveste un effetto dominante il parametro τ che indica la durata dell'impulso aerodinamico agente sull'ala e determinato dall'effetto d'interferenza").

Si sono condotti studi approfonditi anche per tali aspetti e si è ritenuto che il cedimento della struttura può avvenire solo per velocità relative tra i due velivoli inferiori ai 250 m/s.

Da tale circostanza è stata dedotta dai Consulenti di parte imputata l'implausibilità dell'ipotesi, considerandosi che le velocità relative del velivolo proveniente da ovest e del DC9 dovevano esser di molto superiori a quelle minime stimate. Ma in realtà l'ipotesi di quasi collisione si fonda sulla possibilità di individuare un aereo nella scia del DC9, diverso quindi da quello che avrebbe dato origine ai punti -17 e -12. Sul punto si dirà appresso.

Superabile appare anche l'osservazione critica circa la mancanza di qualsiasi registrazione delle modificazioni di assetto nei registratori di bordo. Occorrerebbe ipotizzare che la separazione del motore destra, avvenuta a seguito della torsione dell'aereo derivante dall'inversione del carico alare, sia stata così repentina che l'interruzione di corrente sia intervenuta prima che gli strumenti potessero registrare le predette modificazioni. Il Collegio ha però ampiamente affrontato questo aspetto, rilevando che i tempi e gli spazi di registrazione sul FDR erano tali che "prima dell'interruzione, al massimo una marcatura può trovarsi a valori 'sospetti' di fattore di carico, forse difficilmente identificabile nella confusione di tracce presenti nella zona di arresto del nastro"¹⁶⁴.

Non coglie nel segno la memoria dei Consulenti tecnici di parte imputata quando rileva che "l'effetto principale di un evento siffatto (quasi - collisione) è la assoluta mancanza di evidenza" (memoria depositata il 19 aprile 1994, p. 44), giacché esso non viene dedotto per mera esclusione delle altre cause, ma

¹⁶⁴ Relazione peritale IX, pag. 115. La velocità di registrazione del FDR era di circa 6 inches/ora (0.04 mm/sec.) con una cadenza di marcatura della traccia dell'accelerazione verticale di 0.1 sec. (10 marcature per secondo). L'intera sequenza, dal momento in cui inizia il movimento anomalo dell'aereo all'interruzione della corrente, dovrebbe esser durata 0.4 secondi, per quanto risultante dalle simulazioni. Di conseguenza, l'elemento scrivente dovrebbe aver impresso 4 marcature nello spazio di 0.016 mm. e quindi, praticamente, sulla stessa linea verticale. Le prime due o tre marcature dovrebbero poi trovarsi a valori inferiori a 1g.

attraverso l'esame dei danni riportati dal relitto, posti in relazione con i dati ricavabili dal tracciato radar. L'osservazione dei Consulenti è condivisibile solo se limitata alla constatazione che, per sua natura, questo tipo di evento non lascia tracce di collisione e non comporta necessariamente la contestuale perdita dell'aereo interferente.

Correttamente, invece, il Collegio peritale SANTINI enumera gli elementi di prova raccolti nelle altre fasi delle indagini peritali e che appaiono in contrasto con l'ipotesi della quasi collisione.

Essi sono costituiti dai frammenti sui quali sono state rilevate deformazioni che non possono essere ragionevolmente attribuite alle "elevate e complesse sollecitazioni che certamente hanno agito sulla parte di struttura considerata al momento del suo collasso e frammentazione in volo". Si tratterebbe dei reperti AZ534, AZ497 e (sorprensamente) AZ558, che "presentano invece caratteristiche di deformazioni e improntature specificamente consistenti con fenomeno esplosivo".

Nell'ultimo reperto citato vi è certamente un errore, giacché si tratta del lavandino, sul quale le conclusioni del Collegio furono in realtà diverse.

Per gli altri, si osserva - richiamando quanto già detto nella parte di queste requisitorie a tale aspetto specificamente dedicata - che i due frammenti della porta posteriore possono forse essere "consistenti" (e cioè compatibili, non in contrasto) con l'ipotesi di un'esplosione esterna, ma certamente non ne costituiscono prova, essendo possibili le medesime spiegazioni in termini di sollecitazioni che si sono accettate per gli altri reperti.

Piuttosto, l'ipotesi in esame sarebbe nettamente in contrasto con il rinvenimento di esplosivo e con i frammenti 6-4Mii e 52-1M, per i quali si rinvia a quanto già detto: se si accetta che essi possano esser ricondotti al DC9 e non siano frutto di manipolazioni involontarie, costituiscono di per sé indizio di esplosione.

Va poi considerato che si tratterebbe di un evento assolutamente inusuale e del quale gli esperti non hanno rinvenuto precedenti.

A favore dell'ipotesi vi è, però, anche un elemento che non sembra esser stato valutato dal Collegio: l'ingestione nel motore sinistro di un pezzo proveniente da una parte dell'ala (flap); circostanza che starebbe a indicare che la rottura dell'estremità dell'ala ha preceduto la separazione del motore di sinistra.

In conclusione, dall'esame del relitto emergono elementi contrastanti, ma l'ipotesi non può essere esclusa.