

PARTE SECONDA

ELEMENTI SULLE CAUSE DEL DISASTRO DESUMIBILI DAI DATI RADAR

II. Premessa.

Riassumendo quanto si è sin qui osservato in tema di analisi dei reperti del DC9, può affermarsi:

1. Le operazioni di recupero del DC9 hanno consentito di raccogliere un ampio materiale di indagine; non vi sono specifiche indicazioni da cui si possa trarre la convinzione che dalle parti ancora mancanti possano derivare informazioni risolutive o, quanto meno, particolarmente utili.
2. Non vi è alcun elemento che indichi un cedimento strutturale.
3. Non vi è alcun elemento che indichi un'esplosione esterna (missile), ad eccezione di due frammenti recanti segnature di vicinanza ad esplosione.
4. Vi sono elementi compatibili con un'esplosione interna (bomba), ma essi sono in se' non decisivi e sono in contrasto, ciascuno di essi, con elementi di segno opposto. Inoltre alcuni di essi (tracce di esplosivi, schegge, globularizzazione di fibre) sono considerati in sé non certi.
5. Vi sono elementi compatibili con la *quasi collisione* con altro velivolo; essi sono però in contrasto con quanti, tra quelli indicati sub 4, sarebbero attribuibili esclusivamente a un'esplosione.

Occorre dunque esaminare se dai dati di contesto è possibile trarre elementi che possano trasformare in certezza, positiva o negativa, le diverse ipotesi.

Il primo e più importante di questi dati è costituito da ciò che i radar videro, sia del momento in cui si verificò il collasso del velivolo, sia delle fasi antecedente e successiva.

Occorre tenere ben presente che anche questi dati concorrono, *con pari dignità*, con quelli desumibili dal relitto per l'individuazione delle cause della perdita del DC9.

E' noto, però, che la loro interpretazione è resa particolarmente difficile da una serie di circostanze concomitanti.

Innanzitutto non si dispone di tutte le informazioni che avrebbero potuto essere raccolte. Il punto è trattato in altre parti delle requisitorie.

Qui basti rilevare che sono incompleti i dati dei radar militari e che quelli dei radar civili sono stati oggetti di profonde divergenze, non solo valutative, ma anche circa le condizioni effettive in cui i due apparati si trovavano al momento del sinistro. Sui radar militari si tornerà tra breve.

In secondo luogo, i radar di Fiumicino - Ciampino erano affetti, alla distanza in questione, da notevoli imprecisioni; essi, inoltre, avevano capacità di detenzione diverse non solo in distanza, ma anche in altezza, cosicché non sempre le capacità di scoperta dei due apparati risultavano coincidenti.

I dati del solo radar Marconi evidenziavano ad ovest della rotta del DC9 alcuni echi di solo primario, prima dell'ultimo *plot* combinato. Gli echi successivi a quest'ultimo, inoltre, apparivano di assai difficile interpretazione e avevano dato luogo alle diverse ipotesi di cui s'è già detto.

Gli esiti delle indagini sul relitto, che non consentono da sole una risposta definitiva al quesito sulla causa del disastro, hanno imposto un più approfondito riesame dell'intero aspetto radaristico, tanto che si è sentita la necessità di conferire un nuovo, specifico incarico peritale.

Questo ha riguardato i radar militari (e sul punto si tornerà) e le possibili interpretazioni delle anomalie riscontrabili su una parte della traccia del DC9 nonché dei *plots* di solo primario e della molteplicità di ritorni successivi a quello 0.

Si è dunque fatto un notevole sforzo per individuare con la maggior precisione possibile le modalità effettive di funzionamento dei due radar "civili", nel giorno del disastro.

Tale opera è stata non solo molto complessa e difficile, ma anche non esente da forti ragioni di perplessità, tuttora persistenti. =

Si ricorderà, infatti, che all'origine della necessità di reinterpretare i dati radaristici Marconi e Selenia vi è l'attestazione di una diversa modalità di funzionamento (e quindi di differenti parametri nell'interpretazione del dato) venuta nel 1990 dalla stessa società (e in parte anche dalle stesse persone) che avevano predisposto la relazione del 1980. Tale ultima relazione era stata a base del lavoro non solo della Commissione BLASI, ma anche di tutti coloro che a vario titolo avevano interpretato i tracciati di Ciampino.

Sin dalle primissime investigazioni (giudiziarie e di inchieste tecniche) era apparso che non tutti i *plots* successivi a quello 0 potevano trovare spiegazione nel relitto o in suoi frammenti. Alcuni dei *plots* di più difficile interpretazione, secondo le modalità di funzionamento dei radar all'epoca note, potevano essere facilmente letti come echi derivanti da un aereo intersecante la rotta del DC9 in un punto e in un momento approssimativamente coincidente con quello del disastro. Tale interpretazione sembrava avvalorata dalla semplice spiegazione, che da essa poteva derivare, dei ritorni - 17 e - 12, come parti della traccia del secondo aereo.

Un secondo aspetto, emerso invece solo a seguito di più accurate analisi dei tracciati del DC9, è costituito da anomalie che secondo alcuni sarebbero individuabili nel tracciato del DC9 a partire dal momento del sorvolo della Toscana e che dovrebbero poter essere interpretate come interferenze generate da un terzo aereo, che vola a breve distanza del DC9 e che si nasconde nella sua scia.

Naturalmente, queste interpretazioni verrebbero a cadere nel momento in cui fosse possibile ricondurre ciascuna delle anomalie, precedenti e successive al punto 0, a cause note, diverse dalla presenza di altri aerei. Ciò rafforzerebbe in maniera decisiva l'ipotesi di un'esplosione a bordo dell'aereo; è vero che la possibilità di ricondurre a tali cause gli echi anomali non implicherebbe necessariamente che esse abbiano effettivamente generato i *plots*: la mera compatibilità non varrebbe infatti ad escludere un'altra serie causale, pure compatibile con il complesso dei dati. E' però ovvio che l'opzione tra le due serie causali, entrambe accettabili, dovrebbe avvenire ponendole in relazione con gli altri dati fattuali raccolti.

Si è poi visto che la sequenza di collasso della struttura del velivolo, quale ipotizzata nella relazione peritale, ha un momento di importante controllo nella localizzazione dei reperti nelle prime operazioni di soccorso o sul fondo del mare.

Si è anche visto come minore forza abbiano le congetture sulle cause dell'evento da cui ebbe origine il collasso e come ciò renda ancora più rilevante l'interpretazione degli echi radar nella fase antecedente e successiva al punto del sinistro.

La possibilità di interpretare tutti gli echi anomali come prodotti di particolari modalità di funzionamento degli apparati sarebbe dunque risolutivo per l'accertamento delle cause del disastro e dovrebbe portare a escludere qualunque evento esterno. Al contrario, il permanere di dati non altrimenti giustificabili porterebbe a una situazione di incertezza probatoria, che richiederebbe ulteriori elementi per esser risolta.

Tale opera di rilettura del dato radaristico ha portato ad approcci diversificati, che hanno fortemente interagito tra loro e che non è facile mantenere separati. Ad esempio, la misurazione teorica degli effetti di spostamento in distanza ed angolo è stata ricavata dalle modalità di funzionamento degli apparati, quale si è attestato fosse nel 1980, ed è stata verificata sperimentalmente; essa però è stata anche fortemente condizionata dalla reinterpretazione dei dati esistenti.

Nelle pagine che seguono si cercherà di dar conto delle valutazioni di questo Ufficio in relazione ad alcuni passaggi particolarmente delicati di questa interpretazione.

1. Innanzitutto la correlabilità tra *plots* e relitti, cosicché sarà necessario tornare su di un punto già esaminato, ma questa volta sotto un differente profilo.

Per questo esame sono necessarie due premesse: la esatta collocazione spaziale del punto del disastro; l'accettazione di limiti negli spostamenti azimutali e in distanza della collocazione dei *plots* rispetto agli oggetti reali che li hanno generati.

2. In secondo luogo, la ricostruzione della traccia del DC9 sin dalla sua origine, finalizzata alla individuazione di presenze estranee.

3. Infine, la riconducibilità dei *plots* -17 e -12 a falsi echi oppure a oggetti reali.

Occorre sottolineare ancora una volta che si parte dal dato di fatto che i radar civili registrarono alcuni *plots*, precedenti e successivi all'ultima risposta del *trasponder* che possono essere tra loro e con altri collegati a dar vita alla traccia di un aereo interferente con il DC9 al momento del sinistro.

Dato di fatto è anche che la traccia radar del DC9 presenta una somma di anomalie, tale da non aver riscontro in nessuna altra traccia nel cielo radar di quella sera.

Un altro dato di fatto è che il numero, il tempo e la distanza dei *plots* successivi all'ultima risposta del *trasponder* non sono coerenti né con le condizioni di visibilità dei radar e il tempo stimato di permanenza in quota dei relitti, né con la localizzazione sul fondo del mare di quelli recuperati.

Si tratta di dati di fatto incontestabili. Così come incontestabile è che - se ci si limitasse a una loro lettura sulla base delle condizioni di funzionamento dei radar attestate da coloro che li costruirono, che li installarono e che ne

curarono la manutenzione, essi indicherebbero univocamente la presenza di almeno un secondo aereo, con rotta trasversale rispetto a quella del DC9.

E in effetti tutti coloro che esaminarono questi dati, a partire dagli stessi esperti dell'Aeronautica la notte stessa del 27 giugno, conclusero concordemente in tal senso, dividendosi poi solo per le conseguenze che ne trassero: chi riferendo alle Autorità politica e giudiziaria, chi negando e occultando.

E' però anche possibile giungere a un'interpretazione diversa, che escluda la presenza di un secondo aereo. Ciò però presuppone che vengano riconsiderati tutti i parametri di funzionamento degli apparati radar.

E ciò a partire persino dalla loro localizzazione geografica!

II. 1. Considerazioni sul rapporto tra la posizione nello spazio del DC9 e la ricostruzione delle modalità di collasso del velivolo

La determinazione del punto in cui l'aereo si trovava al momento dell'incidente è di notevole importanza. Da esso, infatti, dipende in maniera assai ampia la possibilità o meno di interpretare gli echi successivi al momento dell'incidente come generati da parti del relitto, oppure se alcuni di essi debbano invece essere attribuiti alla presenza di uno o più aerei estranei.

Mentre la determinazione in coordinate geografiche del punto dell'incidente non è rilevante per la correlazione dei *plots* tra di loro, lo diviene per la possibilità di stabilire una relazione tra i *plots* e i luoghi di ritrovamento di componenti dell'aereo. Questi, infatti, sono individuabili con precisione in coordinate geografiche; se viene modificato sensibilmente il riferimento nelle medesime coordinate del punto di inizio della caduta dei diversi oggetti, le correlazioni tra oggetti e *plots* vengono sostanzialmente alterate.

In altre parole, la determinazione della esatta localizzazione spaziale del velivolo nel momento in cui si ebbe l'ultimo ritorno radar con secondario (e quindi in prossimità del momento dell'incidente) e poi dei *plots* di solo primario successivi a tale momento è di notevolissima importanza, giacché la conseguente determinazione del punto dell'incidente viene assunta come punto di inizio nel calcolo delle traiettorie dei gravi in caduta libera, utilizzato per costruire un modello del moto dei frammenti. Come notano i Consulenti di parte civile, "esso rappresenta quindi l'elemento di raccordo tra due tipi di osservazioni molto diverse (radar da un lato, posizione dei relitti ritrovati, dall'altro). D'altra parte la corretta definizione dello scenario radar al momento dell'incidente nasce evidentemente dal confronto di queste due serie di osservazioni." (memoria depositata il 23.11.1994).

In realtà, la necessità di riconsiderare il reale punto dell'incidente e, di conseguenza, il funzionamento dei radar civili era emersa sin dal momento in cui fu evidenziata una difficoltà a considerare tutti i *plots* successivi a quello 0 come generati esclusivamente da parti del relitto, pur dopo avere ipotizzato modalità diverse di funzionamento degli apparati radar.

L'individuazione delle aree su cui far svolgerè le ricerche sul fondo marino del relitto era infatti avvenuta attraverso un accurato studio delle tracce rilevate dai radar Marconi e Selenia, poste in relazione con i punti ove erano avvenuti i primi

recuperi di oggetti sulla superficie del mare e con quelli di recupero di parti dell'aereo dal fondo marino (Operazioni Ifremer I e II).

Attraverso un complesso studio preliminare, che si avvaleva anche delle esperienze accumulate in precedenti disastri aerei, era dunque stato possibile ipotizzare che gli oggetti (o i gruppi di oggetti) aventi determinate superfici riflettenti e caratteristiche aerodinamiche e che avevano determinato possibili sequenze di echi primari, avrebbero dovuto trovarsi in aree sufficientemente delimitate.

In queste aree fu dunque effettuata una prospezione a seguito del cui esito positivo ebbero luogo le operazioni di vero e proprio recupero.

L'esame dei luoghi, le cui coordinate geografiche erano individuate con precisione, in cui furono ritrovati i diversi oggetti portò però il Collegio peritale a riconsiderare i calcoli effettuati, giacché essi risultavano spostati in maniera significativa rispetto alle ipotesi di partenza.

Fu dunque effettuata una verifica accurata dei parametri utilizzati nella formulazione dell'ipotesi e fu tenuto conto degli elementi che non potevano essere conosciuti al momento della sua prospettazione: e cioè la localizzazione effettiva e le caratteristiche aereo e idrodinamiche dei relitti.

Tale verifica appariva di notevole rilievo giacché da essa potevano ragionevolmente trarsi elementi utili per l'individuazione del punto ove aveva avuto inizio la frammentazione e quindi quello reale di verifica dell'evento. Ripercorrendo a ritroso l'ipotesi di partenza, ma questa volta utilizzando gli elementi di maggior certezza, costituiti dai relitti recuperati, si poteva cioè partire dai punti di dispersione per raggiungere il luogo spazio - temporale in cui questa aveva avuto inizio.

Il Collegio peritale ha accuratamente descritto, sia nella relazione definitiva che nel materiale di studio, le metodologie seguite. Esse però sono state oggetto di specifiche contestazioni da parte di Consulenti delle parti civili.

Questa ricostruzione è molto importante. Essa, infatti, avrà riflessi anche sulla individuazione delle modalità di funzionamento dei radar Marconi e Selenia e quindi sull'interpretazione dei ritorni radar antecedenti e successivi al punto 0 e che possono tra loro essere correlati, dando luogo a tracce significative.

La necessità di riconsiderare la localizzazione effettiva del punto dell'incidente è emersa nel corso delle operazioni finalizzate a raccordare gli echi successivi al disastro con i relitti.

Si è innanzitutto proceduto a una stima (regressione lineare) negli ultimi 180 secondi di volo, con riferimento ai soli echi primari. Si è ritenuto che gli andamenti azimuth - tempo / distanza - tempo fossero ben approssimabili con leggi lineari. Sono quindi state ricavate "leggi", attraverso cui stimare gli spostamenti che i due apparati radar avrebbero dovuto produrre nella determinazione della posizione dell'istante dell'incidente in coordinate polari. Queste sono quindi state trasposte in coordinate geografiche, operando le correzioni necessarie, sulla base delle condizioni di funzionamento note dei due radar civili, ottenendosi così le seguenti posizioni del punto dell'incidente:

Marconi: 39° 42' 40" N - 12° 54' 32" E

Selenia: 39° 42' 26" N - 12° 53' 17" E

Si osservava però una differenza di circa 4 Miglia verso Ovest tra la posizione dei *plots* del radar Marconi (non solo della traccia del DC9) e quelle rilevate dal radar di Marsala. Tale "scostamento" era confermato, secondo i Periti, alla conversazione radio TBT tra Ciampino controllo e il DC9 (IHS70) delle ore 18.50.

Il Collegio analizzava quindi gli echi che il sole al tramonto aveva generato nel radar Marconi il 27 giugno e, anche in questo caso, operava una "regressione lineare" dei dati, correlando la retta così ottenuta con quella congiungente il centro del radar con la posizione (nota) del sole. Da tale correlazione (e dalle ulteriori correzioni rese necessarie per la valutazione degli errori già valutati nella configurazione del radar) risultava che l'antenna del radar Marconi non era orientata esattamente verso il Nord geografico, ma verso Ovest di circa $2.25^\circ \pm 0.07^\circ$.

→ Si accertava poi, attraverso le deposizioni dell'Ing. LABOZZETTA e l'acquisizione della relativa documentazione¹⁶⁵, che nel 1982/83 il radar Marconi era stato allineato al Nord geografico e che in quella occasione erano state effettuate delle misurazioni preliminari, da cui era risultato - secondo la relazione

¹⁶⁵ Relazione Di Stefano e altri *Analisi di Allineamento al Nord geografico del Rara Sistema ATCAS - DRSC/SIS/n. 27* del 16 maggio 1983. Il Direttore della Divisione Manutenzione e Assistenza della Ciset, Piero IMBASCATI, esaminato il 7 febbraio 1992, affermava che i radar erano stati allineati al Nord magnetico e non geografico e che periodicamente gli operatori dovevano tenere conto, nella predisposizione delle mappe video, del variare della declinazione magnetica.

peritale - uno spostamento per il radar Marconi di 1.5° (l'errore del radar Selenia era invece valutato in circa 2.29°).

Nella perizia si afferma che le misurazioni effettuate per il Selenia furono più accurate di quelle del Marconi e che questo risulterebbe dalle dichiarazioni rese dal LABOZZETTA. Questi, per la verità, si limitò a dire di essersi occupato esclusivamente dell'allineamento del Selenia e di non sapere come fosse stato condotto quello per il Marconi, aggiungendo peraltro che nell'allineamento si utilizzò il sintetico dell'ATCAS e che quindi nella misura furono ricompresi anche gli "effetti di elaborazione tra l'antenna e l'utilizzazione finale" (che invece, se non si è mal compreso, sono stati dal Collegio peritale sommati agli errori derivanti dall'allineamento al Nord geografico, per la determinazione dell'errore totale).

Neppure può accettarsi per vera l'affermazione che l'allineamento geografico fosse uguale per i due radar. La misura accertata dell'errore nel 1982 è diversa, né si comprende perché esso debba necessariamente essere uguale per i due radar: il fatto che entrambi fossero allineati al nord magnetico non implica che questo allineamento non possa esser stato mal misurato. D'altra parte, che vi fosse un disallineamento tra Marconi e Selenia risulta dalla comparazione dei *plots* estratti dai due radar¹⁶⁶ ed è affermato anche dalla famosa relazione GIACCARI del 1990, che indica un disallineamento di circa $0.2 - 0.3$ gradi (che, sommati a quelli di disallineamento al Nord geografico del Marconi - $1.42 / 1.5$ - portano con buona precisione al valore di disallineamento del Selenia: $2.13 - 2.29$).

Dalla relazione del 1983 non risulta né che i due apparati avessero il medesimo allineamento (che anzi risulta il contrario), né che le misure effettuate sul Marconi fossero state meno accurate di quelle del Selenia. Risulta, invece, che l'errore di disallineamento in azimuth dei due radar fu stimato in quantità, sia pure modestamente, diverse da quelle indicate in perizia: in questo elaborato, infatti, si fa sempre riferimento ai valori massimi stimati, ma in realtà furono indicati anche

X ¹⁶⁶ La non congruenza tra le traiettorie radar SELENIA e MARCONI del DC9 si spiega perché "il diverso valore di polarizzazione angolare tra i due radar in funzione dell'intensità del segnale provoca un disallineamento non controllabile tra le misure angolari dello stesso oggetto fornite dai due radar. Tale disallineamento, che si aggiunge a quello naturale dovuto al non perfetto allineamento al Nord geografico dei due radar, rende più critica la congruenza delle misure di posizione angolare dello stesso oggetto. A causa di ciò quando si riportano su uno stesso sistema di riferimento le misure dei due radar, le due traiettorie (dello stesso oggetto) costruite singolarmente con i plot dei due radar possono essere non perfettamente sovrapponibili" (supplemento Perizia BLASI, Vol. 1°).

valori minimi e cioè, rispettivamente per il Selenia e per il Marconi, di - 2.13 e di - 1.42 gradi.

A ciò si aggiunga che dalla conversazione TBT citata emerge uno spostamento con le rilevazioni di Marsala di circa 4 Miglia verso Ovest, che appare - alla distanza in questione - corrispondente a uno spostamento in angolo inferiore a quello accettato.

Va dunque rilevato che, indipendentemente dalle osservazioni, di cui si dirà, dei Consulenti di parte civile, lo spostamento verso Ovest del radar Marconi non è determinabile con sicurezza nell'entità indicata nella relazione peritale.

Osservano poi i Consulenti di parte innanzitutto che non è corretto adottare un modello lineare (che sarebbe in astratto adeguato a rappresentare il moto di un aereo, rappresentabile da segmenti lineari) per interpretare l'andamento temporale di *range* e *azimuth* (espresso in coordinate polari - distanza e angolo - e quindi non più lineari). L'adozione di questo modello avrebbe quindi introdotto approssimazioni evitabili con procedure differenti.

La regressione lineare, inoltre, dovrebbe essere utilizzata per ridurre le fluttuazioni aleatorie con valore medio nullo. Nel caso del radar Marconi, invece, sarebbe accertata una fluttuazione aggiuntiva derivante dall'integratore e in funzione del livello del segnale; nel caso di segnali deboli, infatti, si verificherebbe un decremento medio dell'angolo osservato di circa 0.6^{167} . Tale disturbo, peraltro, sarebbe particolarmente rilevante proprio nella fase terminale della traccia del DC9, approssimandosi l'oggetto ai limiti di visibilità del radar.

L'esistenza di fluttuazioni con valore sempre negativo (e non nullo) introduce quindi ulteriori approssimazioni nella regressione lineare, non valutate per la determinazione dell'effettivo spostamento.

Tale circostanza influirebbe negativamente anche sull'attendibilità delle misure effettuate a partire dagli echi causati dal sole al tramonto. Trattandosi di segnali molto deboli, lo spostamento in angolo determinato dall'estrattore dovrebbe alterare significativamente il valore medio degli spostamenti azimutali e quindi avrebbe dovuto esser valutato nella regressione lineare operata per individuare la retta congiungente il radar al disco solare.

¹⁶⁷ Perizia Tecnica, parte V, pag. 31. Tale valore è peraltro contestato dai Consulenti di parte civile, che ritengono che l'errore di polarizzazione derivante dall'integratore debba essere quantificato in 0.36° .

Infine, nella conversione in coordinate geografiche delle coordinate polari riferite al radar sarebbe stato utilizzato un metodo non sofisticato, con la conseguente introduzione di ulteriori approssimazioni non necessarie.

A queste osservazioni non vi è stata replica nelle risposte ai quesiti a chiarimenti, che pure la presupponevano, quanto meno nei quesiti 24 e 25.

Anche in questo caso, così come per il funzionamento degli estrattori, si è cercato di ricostruire la situazione di fatto esistente nel 1980 attraverso i documenti.

Le serie documentali di possibile utilità avrebbero dovuto essere relative:

- all'installazione dei due radar
- alle operazioni di manutenzione periodica e straordinaria
- alla gestione del sistema operativo, tenuto conto dei rilevanti errori nella posizione reale degli aerei, rispetto a quella risultante a Ciampino (fino a 8 Miglia).
- all'allineamento al nord geografico operato nel 1983

In particolare, la documentazione relativa all'ultimo punto avrebbe dovuto essere rinvenuta sia presso le società incaricate della specifica operazione (Selenia) e della manutenzione (CISSET) che presso gli Enti che deliberarono la complessa e costosa operazione (Aeronautica Militare, in particolare ITAV e II Regione aerea, e poi CRAV, dopo la "civilizzazione")¹⁶⁸.

In realtà, a seguito dei provvedimenti di sequestro, ben poco materiale è stato esibito. Nulla circa l'installazione e solo qualche sporadico documento per la modifica del 1983¹⁶⁹.

Tuttavia, possono dirsi accertati i seguenti fatti:

1. Nel 1982 fu misurato uno spostamento verso Ovest nell'allineamento del radar Marconi di almeno 1.4°

¹⁶⁸ IMBASCIAITI, esaminato il 26 settembre 1990, afferma che "in merito alle varianti di configurazione del sistema, il Centro regionale di Ciampino, precisamente gli organi locali responsabili dell'Aeronautica Militare, istituì una procedura ad hoc per uno scrupoloso controllo della configurazione del sistema. Tale procedura è stata sempre seguita fino al subentro della nuova amministrazione, ma comunque se modifiche sono state effettuate, risultano documentate agli atti".

¹⁶⁹ Rapporto del Reparto Operativo di Roma dei Carabinieri in data 28 settembre 1990 e allegati.

2. Conferma di tale spostamento, in misura non pienamente determinabile, per via delle osservazioni dei Consulenti di parte, viene dall'osservazione dei *plots* generati dal sole al tramonto
3. E' rilevabile un disallineamento tra i dati del radar Marconi e quelli del radar di Marsala, nella medesima direzione
4. Vi sono conferme testimoniali di questo spostamento
5. L'accettazione dell'ipotesi dello spostamento consente di interpretare i ritorni radar successivi al momento dell'incidente in maniera che appare congruente con i ritrovamenti di relitti sul fondo del mare.

Quest'ultima considerazione si presta, naturalmente, a essere confutata essendo, in parte, costituita dalla stessa premessa che si intendeva dimostrare.

Deve dunque essere ben valutato che l'interpretazione della correlazione dati radar / relitti è condizionata all'accettazione di uno spostamento dell'allineamento del radar rispetto al Nord geografico nella maniera massima ipotizzabile. Ciò dovrà, a sua volta, esser posto in relazione al fatto che l'interpretazione di tutti i *plots* successivi a quello 0 come generati da relitti è condizionata all'accettazione di spostamenti in azimut al limite massimo ipotizzabile (sul punto si veda quanto si afferma nel paragrafo ad esso dedicato).

Va però osservato che nella relazione peritale del 1994 si legge che "fondamentale ... è stata la nuova stima della posizione geografica del velivolo al momento in cui si è verificato l'evento iniziale. Tale stima ... risulta circa 4 Miglia a Est rispetto all'analoga posizione stimata dalla Commissione BLASI. Con tale spostamento vengono a cadere eventuali dubbi sul significato di tracce radar attribuite a corpi ad alta densità e bassa resistenza rimaste visibili per un certo tempo al di sopra della quota di "detettabilità" del radar MARCONI" (124).

In altre parole, poiché è spostato a Est il punto dell'incidente, i calcoli fatti da IMBIMBO, LECCE e MIGLIACCIO circa l'incompatibilità dei ritorni radar dopo l'incidente con oggetti separatisi dal DC9 e privi di portanza, perderebbero rilievo. Non si riesce a seguire il ragionamento dei Periti.

Poiché la valutazione del Collegio BLASI non aveva riferimento alla localizzazione al suolo degli oggetti, ma esclusivamente ai ritorni radar, nulla è relativamente cambiato: anche i singoli *plots* debbono infatti essere spostati a Est di quattro Miglia e resta incomprensibile come possano esser rimasti visibili per un così lungo tempo e a distanze così rilevanti dal punto della separazione.

Tale fatto avrà sicuramente una risposta, che non è però quella dello spostamento della posizione geografica del radar.

} **II. 2. Corrispondenza *plots* - relitto**

Si è già detto dell'importanza della possibilità di interpretare tutti gli echi successivi all'ultima risposta del radar secondario come generati dal relitto o da sue parti.

Tale possibilità inciderebbe fortemente sulla interpretazione dei ritorni -17 e -12, che potrebbero essere considerati isolati e non ricollegabili a successivi *plots*, cosicché ne verrebbe rafforzata l'attribuzione a fenomeni di malfunzionamento dell'apparato.

Nel caso che tale interpretazione non fosse possibile, per converso, si rafforzerebbe l'ipotesi della presenza di un secondo aereo, interferente con la rotta del DC9.

La possibilità teorica di associare i *plots* con il relitto era già stata esaminata nel corso della perizia supplementare Blasi, come si è già visto.

Le perplessità che in quella sede furono avanzate devono considerarsi in buona parte superate sulla base del lavoro di definizione dei presupposti, operato dal Collegio SANTINI e con l'integrazione delle osservazioni delle parti. Si deve dunque ritenere che sia possibile formulare ipotesi, sottoponibili a corroborazione, di correlazione; naturalmente occorrerà anche tener conto che i presupposti fattuali del calcolo sono a loro volta fondati su di un complesso lavoro di definizione, che può portare ad approssimazioni anche marcate.

Si è già visto come la precisa individuazione del punto di inizio del collasso dell'aereo, così importante per tutte le conseguenti valutazioni, sia condizionata da quella dell'allineamento dei radar rispetto al Nord geografico e come quest'ultima operazione non sia esente da critiche.

Un secondo, fondamentale passo è quello della definizione dei parametri da utilizzarsi per la caduta dei gravi.

Sono note le caratteristiche dei diversi pezzi recuperati; naturalmente per molti di essi non vi è certezza circa ulteriori frammentazioni, verificatesi al momento dell'impatto con il mare o durante le prime fasi del volo. Tale situazione è

accertata per la parte anteriore - centrale della fusoliera, le cui deformazioni sono indicative di una frammentazione successiva e conseguente all'impatto con il mare. Per altri frammenti questa valutazione non è possibile.

Sono note anche, con sufficiente precisione, le condizioni metereologiche alle diverse altezze e quelle del mare, ivi comprese le correnti alle diverse profondità.

Questi elementi sono stati ritenuti sufficienti dal Collegio peritale, attraverso l'applicazione di metodi consolidati, per ricostruire le traiettorie e i tempi di caduta dei diversi oggetti. Naturalmente non si è in grado di valutare né se tale procedura sia in sé corretta, né se essa sia stata applicata in maniera corretta e senza errori.

Come al solito, ci si limita a sottoporre sia il procedimento logico che le conclusioni a un controllo di coerenza interna e con i presupposti di fatto accettati, nonché con gli altri elementi emergenti dal procedimento. In particolare, si cercherà di fare un'attenta valutazione delle osservazioni delle parti private e degli elementi di fatto da queste introdotti.

In particolare, si è osservato che il Collegio peritale ha utilizzato, senza apparente ragione, parametri diversi per l'indicazione della velocità del vento, contraddittoriamente asserendo in una parte della relazione che tale velocità era comunque irrilevante e in altra parte indicandola tra i fattori di errore.¹⁷⁰

Più radicali critiche metodologiche sono state avanzate in una memoria di Giovanni Melillo; poiché essa si dirige verso la ricostruzione dello scenario operata dai Consulenti di parte se ne parlerà in tale sede, anche se essa si riflette anche sull'elaborato peritale, che muove da metodologie non dissimili.

4 II. 3. I limiti di visibilità del radar Marconi in altezza.

Sono poi stati individuati i limiti di visibilità del radar Marconi dei gravi in caduta libera, tenendo conto del diagramma di copertura del radar, di fenomeni fisici che potessero condizionarla, degli effetti della curvatura del globo e di ostacoli interferenti (edifici ecc.).

La questione della visibilità in altezza alla distanza dell'evento è di notevole importanza. Da essa discende, infatti, in parte la possibilità di interpretare tutti i

¹⁷⁰ Analisi dello scenario fornito dai dati radar di Fiumicino, memoria dei Consulenti di parte civile Algostino e altri, depositata il 24 ottobre 1995, pag. 18.

plots successivi al punto 0 come generati da frammenti del DC9, portati dal vento: quanto più si ampliano i limiti di visibilità verso il basso, tanto maggiore è il tempo di volo degli oggetti e la distanza che essi possono percorrere nel letto del vento.

La copertura effettiva del radar, in relazione ai diagrammi forniti dal costruttore, è determinata da una serie di elementi, tra cui la curvatura dell'orizzonte e le caratteristiche del bersaglio. Si è compreso che particolarmente importante a quest'ultimo proposito è il "modello di *Swerling*" e cioè "modelli radar del bersaglio, ovvero della distribuzione della probabilità di valori della RCS del bersaglio", "secondo cui vengono normalmente modellizzati i bersagli per la determinazione della probabilità di detezione"¹⁷¹.

Ora nel diagramma di irradiazione di antenna rappresentando nella Perizia SANTINI nella figura 2.3.b alla distanza di 130Mn si indica una quota minima di avvistamento di circa 25.000 piedi (÷ 8.000 metri) per un bersaglio di tipo *Swerling 1*.

Il diagramma viene ricalcolato in figura 9.3.1 per un "bersaglio non fluttuante", cui conseguirebbe un guadagno di 5db rispetto al modello applicato nel diagramma fornito dal costruttore, si giunge a una quota di visibilità di ÷ 5.000¹⁷².

Si è compreso che un aereo in volo regolare è un bersaglio non fluttuante, rispetto a oggetti che si presentano rispetto al fascio radar con superfici riflettenti in continua mutazione. Non si è compreso, però, perché si è passati dal modello 1 ad altro non specificato, posto che nell'elaborato innanzi citato il modello 1 viene utilizzato per valutare la probabilità di detezione di un MIG ed è dunque ragionevole presumere che anch'esso riguardi un bersaglio non fluttuante¹⁷³.

Comunque sia, questa scelta non è motivata e non è quindi possibile sottoporla a ragionata verifica.

Va dunque sottolineato che, come si verificherà anche per altre, importanti questioni, per poter ricostruire l'intera serie di ritorni radar come proveniente dal DC9 e da suoi relitti è necessario forzare i parametri determinati nelle premesse tecniche ai loro limiti massimi e anche oltre tali limiti.

¹⁷¹ "Valutazione della RCS di aereo tipo "MIG 23 Flogger E", IDS Ingegneria dei Sistemi SpA. Allegato 41 del 27 novembre 1991 alla Perizia CASAROSA e altri sul MIG 23.

¹⁷² Relazione Peritale SANTINI, pag. V - 101.

¹⁷³ Si veda la relazione "Valutazione della RCS ..." citata.

Occorrerà infatti considerare, nella valutazione delle conclusioni cui giunge il Collegio, che esse si fondano su di un'ipotesi di funzionamento del radar anche sotto l'aspetto della visibilità verso il basso, *sostanzialmente diversa da quella attestata nei documenti ufficiali* circa le caratteristiche standard del radar.

Anche poi aderendosi all'impostazione seguita dal Collegio, si osserva che il limite individuato dei 5.000 metri è quello minimo ipotizzabile.

Accettando, comunque, la ricostruzione ipotizzata dal Collegio, si afferma che alla distanza di 130 NM un oggetto di *cross section* di 10 m² era visibile solo ad altezze superiori a 5 mila metri circa.

Si è quindi cercato di definire le presumibili superfici radar equivalenti degli oggetti separatisi dal DC9. Si è già osservato che oggetti anche di piccole dimensioni possono avere una visibilità per il radar maggiore di quella di un aereo. Per di più, anche le modalità di presentazione dell'oggetto rispetto al radar possono modificare in maniera molto rilevante la visibilità. Questo comporta che *plots* successivi possono non essere stati generati dal medesimo oggetto, ma da oggetti diversi presentatisi di volta in volta con orientamenti, rispetto al fascio radar, diversi e quindi che danno o meno luogo a detezione.

Il complesso di queste considerazioni consente al Collegio peritale di concludere che "il radar avrebbe dovuto consentire la visibilità di relitti di dimensioni tali da corrispondere a un'area geometrica dell'ordine del m² a quote superiori a ~5 Km."

Possiamo quindi dare per accertati tempi e traiettorie di caduta dei diversi oggetti nonché i loro limiti di visibilità. Di conseguenza, operando a ritroso dai luoghi di rinvenimento - accuratamente segnati nel corso delle operazioni di recupero dal fondo marino e approssimativamente ricavabili per quelli recuperati sulla superficie del mare nelle primissime fasi di soccorso - è possibile ipotizzare i punti in coordinate geografiche nei quali essi hanno cominciato a cadere perché separatisi dal corpo del DC9.

9 II. 4. I presupposti della verifica di corrispondenza *plots/relitti*: le effettive condizioni di funzionamento degli apparati radar.

E' dunque possibile effettuare una prima verifica di corrispondenza tra queste traiettorie e il punto in coordinate geografiche, ottenuto riportando in tali coordinate i riferimenti polari del radar Marconi.

Il Collegio SANTINI effettua tale verifica a partire dal punto Pm determinato a seguito della correzione delle coordinate geografiche derivante dall'ipotizzato allineamento al Nord del radar Marconi.

X Questa verifica - considerati i possibili errori derivanti dalle incertezze nella determinazione dei presupposti di cui s'è detto (ad esclusione di quelle derivanti dall'eccessiva dislocazione verso Ovest dell'allineamento del Marconi, rilevata da questo Ufficio e quindi non valutata dal Collegio) - è positiva per le zone B e C mentre per le zone A, F ed E lo è solo limitatamente ai reperti rinvenuti nelle parti di esse più a nord.

Il Collegio ipotizza, dunque, che gli oggetti recuperati nei settori meridionali delle suddette zone si siano separati progressivamente, durante i primi secondi di volo del relitto successivi all'evento distruttivo.

I Consulenti di parte civile contestano invece questa ipotesi di ricostruzione dello scenario successivo al momento 0.

Occorrerà ritornare su questo punto, dopo aver esaminato la questione della localizzazione spaziale degli oggetti che hanno dato luogo ai ritorni radar. Basti qui rilevare che sembra più rispondente ai margini di incertezza esistenti già nella individuazione della effettiva localizzazione geografica del punto dell'incidente, per non parlare poi dell'individuazione degli effetti causati dall'interferenza tra diversi oggetti nella medesima cella di risoluzione o in quelle vicine, seguire la metodologia proposta dai Consulenti di parte civile e rappresentare il luogo dell'incidente non in maniera puntuale, ma attraverso un'area di compatibilità, cui ricollegare analoghe aree, costruite a partire dai margini accettabili di spostamento azimutale e in distanza dei singoli *plots*.

Questi ultimi vengono individuati attraverso una puntuale ricostruzione delle modalità di funzionamento degli apparati radar, a partire dalle attestazioni della Selenia, di cui s'è più volte detto.

Può apparire singolare che un apparato finalizzato a disciplinare il traffico degli aerei possa tollerare le ampie divergenze tra il dato rappresentato e quello reale, che risulta al termine delle operazioni peritali. E' infatti, per un profano, difficile accettare che un radar addetto al controllo del traffico possa non discriminare oggetti che si trovano tra loro anche a chilometri di distanza o che possa rappresentare le loro posizioni in maniera difforme dalla realtà anche per più Miglia. E' però un dato di fatto che tali divergenze esistano. D'altra parte, occorre considerare che il traffico civile opera rispettando distanze minime di sicurezza

anch'esse nell'ordine di chilometri, cosicché le imprecisioni derivanti dalla scarsa accuratezza del radar non dovrebbero pregiudicare la normale operatività del radar ai fini del controllo del traffico.

La taratura dei radar civili per operare in condizioni di traffico normale comporta poi che più difficile risulta la lettura dei dati, quando essi sono generati da oggetti che si trovano all'interno di quell'area di separazione di cui si diceva. Ed è appunto quello che si verifica per i ritorni successivi a quello del disastro, quando numerosi frammenti del DC9, alcuni dei quali anche con notevole superficie radar equivalente, interferiscono tra loro e con il relitto principale del DC9, trovandosi tutti in uno spazio ristretto e separandosi con velocità relative diverse. Ciò determina quegli effetti "imprevedibili" che si è invece cercato di individuare e di sottoporre a "leggi" che ne consentissero l'interpretazione.

Si sono già sommariamente descritte le modificazioni apportate al segnale grezzo dai diversi apparati finalizzati a elaborare il dato e a presentarlo all'utilizzatore. Il Collegio SANTINI ritenne necessario sottoporre ad accurata verifica l'effettivo funzionamento nel 1980 di tali apparati, anche attraverso prove sperimentali.

Premessa degli esperimenti era, naturalmente, l'identità nelle condizioni operative di riproduzione dell'esperimento con quelle effettivamente esistenti nel 1980. Ciò appariva particolarmente difficile, giacché i radar avevano subito importanti modificazioni nel tempo, soprattutto a seguito dell'introduzione della funzione *multiradar tracking (MRT)* negli anni 1982/83. In questa occasione si dovette risolvere il problema costituito da un non perfetto allineamento dei dati del radar primario con quelli del secondario, che rendeva complicata la procedura di estrazione. Si intervenne quindi sul circuito di integrazione escludendo il collegamento di integrazione e quindi anche il circuito di *enhancement*¹⁷⁴.

Si è dunque ripristinata la funzione predetta, al fine di operare nelle condizioni del giugno 1980, o almeno a quelle simili quanto più possibile. Ciò ha consentito di valutare il funzionamento del sistema nelle diverse condizioni e di accertare che l'integratore limita l'allungamento azimutale dei segnali forti a 1.8 - 2 gradi.

¹⁷⁴ Si tratta di un circuito agente sul segnale video normale (che è quello di maggiore interesse alla distanza dal radar in cui avvenne l'incidente, in considerazione delle modalità operative del circuito *video gate* che mescola segnali MTI a distanze inferiori alle 80 NM a segnali video normali alle distanze superiori): quando il segnale, in uscita dal circuito integratore, supera la soglia prefissata, il circuito di *enhancement* posiziona tutti i bit al livello massimo (1).

Si è già visto che la funzione del circuito *antijitter* è di evitare che un oggetto che rinvia un segnale debole a cavallo di due celle possa non essere identificato come tale dal sistema, per la suddivisione degli 1 logici indicanti la presenza tra le due celle adiacenti, a causa di "sfarfallio" (*jitter*, testualmente, nervosismo) del segnale, come ad esempio fluttuazioni. Il sistema quindi determina l'istante in cui si verifica il superamento della soglia: se tale istante è nella prima metà della cella, viene posta a 1 la prima cella; se l'istante è nella seconda metà, anche la cella successiva viene posta a 1. Tuttavia la lettura della distanza avviene sullo *sweep* corrispondente al superamento della prima soglia della finestra mobile. Quindi ai fini della misurazione della distanza l'inserimento del circuito è ininfluente. Quando però vi sono più oggetti interferenti in distanza nella medesima cella o in quelle adiacenti, il circuito *antijitter* determina la cancellazione o la cattura del secondo oggetto, con la conseguenza che nel primo caso la distanza viene calcolata dal primo oggetto (e il secondo scompare) e nel secondo si ha la rappresentazione di un unico *plot* alla distanza media tra i due.

Si è predisposto un simulatore in grado di generare due bersagli indipendenti, che è possibile regolare in:

- posizione azimutale
- larghezza azimutale
- posizione in distanza
- velocità radiale
- livello del segnale di ciascun bersaglio
- livello comune

Una volta operate le tarature del simulatore (accuratamente descritte nella relazione peritale) si è proceduto a una serie di prove sperimentali simulate finalizzate a ottenere indicazioni su:

- risoluzioni e accuratezze in distanza
- accuratezze in azimuth
- risoluzioni in azimuth
- effetti del mascheramento

✓ A seguito delle prove (che venivano anche replicate, in accoglimento dei suggerimenti dei Consulenti di parte imputata) si giungeva a determinare un'accuratezza in distanza di 0.059 NM per il radar Marconi e di 0.106 NM per quello Selenia¹⁷⁵.

¹⁷⁵ Anch'essi molto diversi dai valori attestati nelle relazioni redatte dalla SELENIA.

La soppressione dell'impulso radar in distanza per circa INM, finalizzato a impedire che l'oggetto appaia "allungato", può determinare un effetto indesiderato di *splitting*, analogo a quello che si può verificare quando più oggetti interferiscono: l'impulso è talmente lungo da superare la zona di soppressione e quindi da dar luogo a un secondo eco in distanza. Tuttavia questo effetto non dovrebbe in nessun modo verificarsi nella zona ove si verificò il disastro, perché caratteristico delle brevi distanze¹⁷⁶.

Molto più complessa (e controversa) la determinazione di accuratezza e risoluzione in azimuth. Per il primo aspetto, l'analisi basata sulle caratteristiche degli apparati del radar Marconi fa ipotizzare che, nella zona in esame, vi fosse nel 1980 un errore angolare di polarizzazione che può variare da 0.5° a 0.9° e un errore per sensibilità di 0.2°. Di conseguenza sarebbe ipotizzabile un errore complessivo nell'accuratezza angolare di circa un grado (V-21). Tale errore sarebbe indipendente dalla qualità del segnale (V-22).

Tale risultato è stato sottoposto a controllo sperimentale, attraverso l'apparato di simulazione.

Un effetto dell'integratore, e in particolare dell'allungamento azimutale o *stretching* è poi costituito, secondo i Periti, dalla perdita di risoluzione azimutale. Ne consegue che è ipotizzabile che due bersagli posti a distanza azimutale anche rilevante possono essere presentati a opera dell'estrattore come un unico bersaglio; tale effetto sarebbe, in ipotesi, condizionato anche dai livelli relativi del segnale dei due bersagli.

Per controllare anche questa ipotesi si procedeva a prove di simulazione, individuandosi i casi nei quali tale effetto si verifica e definendosi il potere risolutivo in azimuth secondo alcuni parametri.

Infine, si effettuavano una serie di prove sperimentali per cercare di individuare gli effetti indotti dal mascheramento. Si tratta delle prove che hanno portato i risultati più significativi, innovando fortemente le precedenti convinzioni. Si è infatti accertato che l'interferenza tra oggetti, tale da determinare il fenomeno del mascheramento, induce non solo i salti azimutali e gli spostamenti in distanza ipotizzati, ma anche casi in cui viene generata una terza detezione, diversa quindi dai due bersagli interferenti. In altre parole, in alcuni casi l'avvicinamento dei due bersagli simulati ha dato luogo a un terzo *plot*, non corrispondente ad alcun bersaglio reale e situato in una posizione (azimuth e range) diversa da quelle dei

¹⁷⁶ Argomenta da Perizia V-33.

bersagli reali. Questo fenomeno è definito come *splitting* ed è analogo a quello che può verificarsi in range alle brevi distanze per l'allungamento dell'impulso.

II. 5. Le osservazioni critiche della parte civile. Proposizione di metodologie alternative.

Sia il metodo seguito dal Collegio SANTINI che le conclusioni così raggiunte sono radicalmente contestate dalla parte civile, con un'articolata memoria depositata il 24 ottobre 1995. Per la parte che qui si esamina, sostengono, infatti, i Consulenti che più approfondite analisi della logica di funzionamento dell'integratore e dell'estrattore avrebbero consentito una Migliore lettura dei dati radar; è infatti possibile, a dire dei Consulenti, analizzare l'algoritmo utilizzato dall'estrattore per stimare la posizione angolare del bersaglio e per ricavare l'indice di qualità; le volte che tale indice si è rivelato inferiore a 15 è stato possibile ricavare ulteriori informazioni sulla struttura della risposta radar. Tutto ciò sarà poi utilizzato (e lo si vedrà) dai Consulenti, insieme alle valutazioni di cui s'è già detto circa il diverso posizionamento del punto di caduta, per giungere a risposte diverse da quelle del Collegio SANTINI circa la correlabilità dei *piots* con i relitti.

Si tratta quindi di un punto cruciale del giudizio. Anche su questo nessuna seria risposta è venuta dal Collegio SANTINI, benché le diversità di vedute sul metodo e le conclusioni difforme fossero state anticipate in un elaborato dell'anno precedente e del quale si sarebbe quindi dovuto tener conto nella risposta ai quesiti a chiarimenti.

Ancora una volta, non si è in grado di fare una netta opzione tra le due alternative. Si deve però sottolineare che il lavoro dei Consulenti si riflette anche in osservazioni puntuali su alcune contraddizioni presenti nell'elaborato peritale e in particolare sulla individuazione dei limiti accettabili degli errori nelle diverse condizioni, che ciò nonostante, finiscono in qualche caso per essere comunque superati.

Innanzitutto i Consulenti osservano che anche nel caso della valutazione quantitativa di alcune caratteristiche dell'estrattore si è utilizzato un modello lineare, che assume cioè che i singoli valori siano omogenei, con valore medio nullo; non si tiene quindi conto né della limitazione a sei bit del segnale all'ingresso dell'integratore, né della limitazione a otto bit del segnale all'interno del loop dell'integratore¹⁷⁷. La prima limitazione è rilevata nella relazione

¹⁷⁷ La Perizia SANTINI descrive sia l'esistenza che la ragione di queste limitazioni: la prima è dovuta alla necessità di ridurre l'allungamento azimutale dei segnali forti, ottenuta riducendo la dinamica di ingresso nel circuito integratore; la seconda deriva dal fatto che il segnale video è digitalizzato a 8 Bit.

SANTINI, ma non se ne trarrebbero le conseguenze sotto il profilo della non adottabilità di un modello lineare.

L'adozione del modello lineare porta i Periti a quantificare l'errore di polarizzazione dovuto all'estrattore nel valore di $0.5 \sim 0.9^\circ$, poi stimato in 0.6° per la determinazione dell'errore complessivo. Tale errore sarebbe sovrastimato, perché il modello lineare non consentirebbe di tener conto delle limitazioni indotte dall'integratore. L'adozione di un modello più sofisticato, a dire dei Consulenti, li porta a valutare l'errore di polarizzazione come inferiore a 0.36° . Di conseguenza, l'errore azimutale del Marconi si ridurrebbe da 1 a 0.6 gradi.

Sono evidenti le relevantissime conseguenze di questa diversa valutazione: cambia radicalmente la possibilità di ricondurre molti dei *plots* - non solo della fase successiva al disastro, ma anche di quella antecedente e cioè della rotta del DC9 - alle normali fluttuazioni del radar. Su questi aspetti si tornerà.

Analoga approssimazione sarebbe costituita dall'adozione di un modello rettangolare per il diagramma di irradiazione di antenna, che non sarebbe realistico rispetto all'effettivo funzionamento dell'antenna e che condizionerebbe l'attendibilità delle misure delle simulazioni.

Da queste osservazioni, che qui si richiamano sommariamente, ma che sono ampiamente argomentate nell'appendice all'elaborato dei Consulenti, questi ricavano due importanti conclusioni:

- "Si può ritenere che le simulazioni possano essere valide dal punto di vista *qualitativo*, nel senso che permettono di verificare l'esistenza di fenomeni particolari (quali il *blanking* o la *cattura* ecc.)
- Per quanto riguarda invece i risultati *quantitativi*, l'utilizzazione degli stessi per l'interpretazione dei dati radar appare discutibile, per i motivi sopra detti, soprattutto per quanto concerne gli aspetti legati alle valutazioni azimutali".

A ciò si aggiunga che l'interpretazione del Collegio SANTINI si fonda essenzialmente sui dati ricavabili dall'estrattore 3 Marconi.

L'osservazione critica dei Consulenti appare in sé giustificata. Si vedrà se effettivamente dall'utilizzazione di queste informazioni aggiuntive possono effettivamente essere ricavati elementi di valutazione ulteriori rispetto a quelli resi disponibili dall'estrattore 3.

Di notevole importanza, nella prospettazione dei Consulenti di parte, è poi la possibilità di utilizzare i dati di qualità, ricavabili dagli estrattori e collegati al numero di bit 1 analizzati dalla *Moving Window* in relazione al valore di qualità. Il valore di qualità indica per quanti *sweep* la MW è rimasta nella condizione di detezione (e cioè con un numero iniziale di bit 1 superiore a 7 - soglia di detezione- e finale uguale a due - fine bersaglio).

Tuttavia il Marconi è tarato per un valore massimo di qualità pari a 15 (e cioè il valore del campo qualità viene saturato a 15 e quindi, anche se l'oggetto viene rivelato per un numero di *sweep* maggiori, ciò non viene registrato). Di conseguenza, se il valore della qualità è inferiore a 15, vi sarà un dato rilevabile come distribuzione dei bit 1 all'interno della finestra mobile; se invece è uguale o superiore a 15 vi sarà la saturazione e quindi in ogni caso si avrà un indice uguale a 15 e non vi saranno informazioni utili, diverse da quella generica che il bersaglio è esteso per un numero di *sweep* almeno pari a 15.

In assenza di saturazione, l'indice di qualità può dare, a detta dei Consulenti, informazioni molto utili, soprattutto in relazione al fenomeno del mascheramento. Sarebbe infatti possibile ricostruire l'interferenza reciproca di oggetti che hanno dato luogo a segnali mascherati, attraverso la lettura della dislocazione dei bit.

Con questo argomento si entra in pieno nella questione della correlabilità tra i *plots* e i relitti. Prima di affrontare la complessa questione, può in sintesi affermarsi che sono stati individuati - senza sostanziali obiezioni - alcuni fenomeni connessi con il funzionamento dell'apparato radar e che influiscono in maniera anche rilevante sia sull'accuratezza delle misure e delle risoluzioni in distanza, sia su quelle in azimuth.

Inoltre, oggetti che vengono a trovarsi nelle medesime celle di risoluzione o in quelle adiacenti determinano effetti di mascheramento, cattura, spezzamento, *splitting*.

Non vi è invece concordia sulla quantità degli spostamenti azimutali e in distanza che da tali fenomeni possono derivare.

II. 6. Corrispondenza *plots* / relitti (segue): applicazione dei parametri indicati dal Collegio SANTINI.

Poste queste premesse, si può cercare di ricostruire il percorso logico operato dai Periti per attribuire ai singoli *plots* relitti del DC9.

Il primo passaggio è costituito dall'applicazione al caso concreto delle regole individuate circa gli errori del radar alla distanza data e gli effetti delle interferenze di più oggetti in uno spazio ristretto; da esse è ragionevole attendersi:

- una fluttuazione nella posizione azimutale, causata dall'errore angolare (*accuratezza*) e quindi generata dal relitto singolo, nell'ordine del grado¹⁷⁸
- che un oggetto posto a breve distanza davanti a un oggetto con maggiore superficie riflettente può mascherare (*blanking*) questo secondo oggetto, sia determinandone uno spostamento azimutale, sia anche cancellandolo del tutto¹⁷⁹
- che due o più oggetti posti alla stessa distanza ma con diverso azimuth, se sufficientemente vicini, possono determinare la detezione di un'unica impronta, apparendo quindi come un singolo oggetto (*cattura*)
- che due oggetti contigui in *range* possano determinarne la visione di uno solo, o alla distanza media dei due oggetti (*cattura*) oppure a quella del più vicino (*cancellazione*)¹⁸⁰
- che due oggetti contigui in *range* possono anche determinare la visione di due *plots*, che però possono apparire spostati nella misura massima di $-2^\circ / +1^\circ$ nella direzione opposta al senso corrispondente al movimento dell'antenna
- che due o più oggetti nella stessa cella di risoluzione in distanza possono dar luogo a scintillazione angolare (*glint*), anche se con probabilità assai bassa, nell'ordine del $\sim 1 - 2\%$

Si è quindi ipotizzato il collasso della struttura nel punto Pm, identificato sulla base delle nuove valutazioni circa l'allineamento del radar al Nord magnetico anziché geografico¹⁸¹. E' stata quindi osservato che la localizzazione degli oggetti recuperati in zone B e C e per quelli recuperati nelle zone superiori di A, F ed E è

¹⁷⁸ Si ricorderà che questa stima è considerata errata per eccesso dai Consulenti di parte civile. Non dovrebbero invece verificarsi fenomeni connessi con l'interferenza di oggetti in celle adiacenti, visto che alla distanza di 130 NM la cella di risoluzione azimutale corrisponde a circa 9NM, compreso l'errore di polarizzazione; tale valore, peraltro, è ricavato considerando un errore di polarizzazione di un grado, cosicché al valore di 2.1° della larghezza del fascio vengono aggiunti 2 gradi per l'errore di polarizzazione. La cella in distanza resta invece pari a 0.26 NM e quindi è presumibile che più oggetti cadano in celle attigue.

¹⁷⁹ Tale effetto e il successivo non sono espressamente indicati in tale parte della relazione peritale, ma sono comunque ricavabili dal contesto e utilizzati per la spiegazione degli spostamenti azimutali di alcuni *plots*, rispetto all'errore standard

¹⁸⁰ Questo effetto è determinato dal circuito *antijitter*.

¹⁸¹ Non infodatamente osservano però i Consulenti di parte civile che assumere il punto Pm (e cioè quello di ultima risposta del trasponder) quale punto di collasso introduce un'ulteriore, inutile approssimazione nelle valutazioni. Infatti tale punto non corrisponde a quello individuato, per altra via, dallo stesso Collegio peritale, situato dopo l'ultimo plot combinato.

compatibile con le traiettorie ipotizzate, con modesti errori ascrivibili ad errori nella stima del punto Pm e anche in quella della velocità del vento.

Si è quindi verificata l'associazione tra i relitti e i *plots*, sotto il profilo della corrispondenza temporale; si sono dunque applicati i parametri relativi alla visibilità radar e al tempo stimato di caduta dei gravi. In altri termini, si è comparato il tempo che i relitti - di cui si sono ipotizzati i parametri R¹³² - devono avere impiegato per scendere al di sotto della quota minima di visibilità del radar, con quello dei rilevamenti di *plots*, considerati anche i possibili errori azimutali.

I primi otto *plots* (di cui uno, - il 2 - doppio) sono stati ritenuti compatibili con gli oggetti recuperati nelle zone B e C (motori e fusoliera anteriore) e A (coda). Per i ritrovamenti della sezione alta delle zone E ed F (cioè quelle per le quali le traiettorie erano compatibili) vi è compatibilità, ipotizzandosi i fenomeni di errore angolare e di *cattura* o *cancellazione* di cui s'è detto in premessa.

Per giustificare i ritrovamenti nelle zone inferiori di E ed F, in associazione con *plots*, si è poi ipotizzato che i pezzi in quelle aree rinvenuti si fossero separati in un momento successivo rispetto al punto di rottura del velivolo. Sono quindi state operate alcune verifiche su ipotesi esemplificative, assumendo un relitto principale, da quale si separano progressivamente relitti secondari, dei quali sono stati calcolati i parametri R in grado di giustificare la visibilità radar ai tempi dei diversi *plots*. Con approssimazioni successive si è giunti alla conclusione che una corrispondenza tra molti dei *plots* esaminati e i parametri sopra individuati possa ottenersi ipotizzando che una parte principale dell'aereo avesse continuato il suo moto, dotato quindi di portanza, mentre si determinavano nuove separazioni di altri pezzi.

La ricostruzione proposta ha il pregio di esser coerente con l'ipotesi delle modalità di collasso del velivolo, cui si era giunti per altra via e cioè esaminando la localizzazione dei reperti (senza correlarla al punto P e ai *plots*) e gli elementi desumibili dall'esame delle parti recuperate.

Essa però si presta ad osservazioni critiche. La prima, sulla quale però si tornerà in seguito, è che essa non fornisce alcuna giustificazione della formulazione originaria dell'ipotesi che aveva portato alle ricerche nella zona D e quindi al recupero del serbatoio di un aereo militare.

Gli stessi Periti osservano, per gli altri aspetti, che alcuni dei *plots* mostrano, quando inseriti nella ricostruzione ipotizzata, errori angolari rilevanti.

¹³² Il parametro R definisce le principali caratteristiche di un corpo, che possono influenzare l'andamento della sua traiettoria di caduta. Esso viene illustrato nella Perizia SANTINI, VI. parte III.

Il forte spostamento angolare del *plot* 1 viene giustificato alternativamente con una improvvisa diminuzione del segnale, dovuta a variazione di assetto del velivolo oppure all'esaltazione dell'errore angolare causato dalla presenza nella stessa cella di più oggetti (e cioè dei motori distaccatisi).

Il Collegio evidenzia anche che circa 60 secondi prima dell'incidente erano state osservate escursioni azimutali analoghe; l'argomento, potrebbe rilevarsi, prova troppo, giacché è utilizzato dai Consulenti di parte a sostegno della presenza di un secondo aereo nella rotta del DC9. Su questo, oltre.

Non si comprende, invece, come la variazione di assetto dell'aereo possa dar luogo - nella situazione data - a diminuzione del segnale; dovrebbe infatti ragionevolmente attendersi che una variazione quale quella desumibile dai danni riportati dall'aereo (frattura per flessione dell'estremità dell'ala sinistra, causata da inversione del carico alare) portasse l'aereo ad esporre al fascio radar una sezione molto più ampia di quella derivante dalla precedente posizione (di coda e radiale rispetto al fascio).

Sui *plots* 2b, 3a, 9a, 12, 13a e 19 si dirà in seguito, a proposito di quelli -17 e -12.

Basti qui rilevare che anche dalla ricostruzione offerta dal Collegio peritale e sulla base delle premesse da questo utilizzate, *prima ancora quindi di valutare se le osservazioni critiche dei Consulenti di parte siano fondate*, emerge che sono proprio i *plots* che avevano dato origine all'ipotesi della traccia interferente a non trovare agevole spiegazione e costringere a forzature interpretative.

Non si tratta di un esito scontato. Il fatto che in origine tali *plots* non trovassero spiegazione non implica affatto che essi dovevano restare di difficile interpretazione anche in seguito.

Una volta mutati i riferimenti essenziali su cui operare (localizzazione geografica del radar, dinamiche di funzionamento degli apparati, ipotesi di progressione del collasso) era ragionevole attendersi che gli echi singolari trovassero una spiegazione piana o che magari mutassero quelli non interpretabili.

Ciò non si è verificato e permane quindi forte il dubbio che il protrarsi dell'incertezza derivi dalla possibilità di una spiegazione meno articolata e cioè che essi corrispondano a un oggetto reale, dotato di moto proprio.

II. 7. Corrispondenza *plots*/relitti: le correzioni suggerite dai Consulenti di parte.

I punti essenziali su cui si basano le osservazioni critiche dei Consulenti di parte sono costituiti, oltre che da quanto già indicato specificamente nelle premesse al calcolo di corrispondenza *plots* / relitti, in generale:

- dal mancato utilizzo delle informazioni ottenibili dagli estrattori Marconi 1 e Selenia 2 e 4
- dal mancato utilizzo delle informazioni desumibili dalla qualità degli echi di primario, tutte le volte che essa è inferiore a 15.

Nella stima della posizione del velivolo al momento dell'incidente vengono introdotti correttivi nella regressione lineare degli ultimi *plots* antecedenti a quello 0, sia eliminando quelli affetti da errori angolari particolarmente elevati, sia considerando anche gli elementi desumibili dal Selenia (ma accettando la quantificazione del disallineamento del radar Marconi rispetto al Nord geografico per 2.50 gradi¹³³). Di conseguenza, non viene individuato un riferimento puntiforme, ma un'area di incertezza che, in considerazione delle diverse accuratèzze in azimut e in distanza, è di circa 460 m. in latitudine e di circa 1.500 metri in longitudine; quest'area corrisponde all'individuazione dell'ultima risposta del trasponder. Per calcolare il punto effettivo dell'incidente, certamente successivo a tale risposta, si è calcolata un'ulteriore area di incertezza, corrispondente al tempo di un giro d'antenna.

Per individuare con precisione l'istante dell'incidente, i Consulenti hanno quindi ricostruito a ritroso la traiettoria di due serie di reperti che, per la loro localizzazione, apparivano essersi distaccati tra i primi e cioè i motori e le componenti della toilette. Le *curve delle origini* di questi oggetti si intersecano tra loro all'interno del poligono sopra determinato e precisamente sulla rotta ricostruita con regressione lineare, dopo l'estrmissione dei *plots* con rilevante errore angolare. Ciò porta i Consulenti a indicare tale ipotesi di ricostruzione della rotta come la più adeguata e a individuare il punto dell'incidente a 3.6 s dopo l'ultima risposta del trasponder.

Tale rotta viene convenzionalmente indicata come M2 e il punto su tale rotta nel quale si intersecano le curve delle origini con X.

¹³³ La stessa misura sembrerebbe esser adottata anche per operare la regressione lineare del radar Selenia, che invece era certamente affetto da un errore molto minore, come fu accertato in occasione del riallineamento. Si veda in proposito quanto osservato innanzi.

X In coordinate geografiche tale punto appare molto vicino a quello stimato dai Periti sulla base della ricostruzione della caduta dei relitti, ma divergente da quello stimato sulla base dei dati radar (il punto Pm).

Anche tale ricostruzione consente di raccordare i punti di caduta dei motori e della toilette, ma non di altre parti del velivolo, che apparirebbero essersi separate in un momento successivo a quello del collasso. Di conseguenza, anche i Consulenti tecnici ipotizzano che l'evento iniziale sia stata la separazione dei motori e di parti posteriori della fusoliera, mentre il relitto principale continuava a mantenere una residua capacità di veleggiamento, perdendo via via le parti, poi ritrovate.

In analogia con il metodo utilizzato per individuare il punto corrispondente all'istante dell'incidente, i Consulenti seguono nella determinazione della corrispondenza tra *plots* e relitti un metodo in parte differente da quello utilizzato dal Collegio peritale. Essi infatti più che ipotizzare traiettorie comprendenti i singoli *plots*, associandole a relitti, individuano poligoni comprendenti le aree di incertezza, causate dagli errori azimutali (non considerando quelli in distanza, di assai minore rilievo), e le pongono in relazione con oggetti che abbiano valori di R compatibili con la visibilità radar ai tempi dei diversi *plots*¹⁸⁴. Si tratta quindi di

X ¹⁸⁴ I Consulenti così descrivono il metodo proposto:

"In alternativa, si può seguire un procedimento analogo a quello sviluppato nei paragrafi precedenti, che consiste nel costruire anche in questo caso le *curve delle origini*. A tale scopo occorre:

- Individuare un particolare plot P che si vuole studiare;
- Poiché l'errore più rilevante nella stima radar è quello azimutale, si possono costruire gli estremi dell'intervallo di incertezza considerando due punti P' e P'' che hanno lo stesso range del punto in esame ed azimuth pari all'azimuth del plot in esame incrementato o decrementato dei massimi spostamenti azimutali; tali spostamenti sono ricavati nell'Appendice A e valgono rispettivamente +0.56° e -0.63°
- Per ciascuno dei due punti P' e P'' così ricavati si possono determinare le *curve delle origini* al variare di R, cioè i punti da cui sarebbe dovuta iniziare una traiettoria che portasse, dopo il tempo richiesto, ai punti stessi. Ovviamente, si considereranno soltanto i valori di R che forniscono, dopo il tempo richiesto, una quota superiore a quella di visibilità radar, che assumeremo qui, in accordo a quanto indicato nella RPU, pari a 3000 m.
- Le due *curve delle origini* individuano approssimativamente in questo modo un poligono, che racchiude, tenuto conto delle incertezze azimutali del rilevamento radar, tutti i punti che possono essere assunti come inizio di una traiettoria di un oggetto che può produrre il plot oggetto di studio.
- Se questo poligono racchiude, al suo interno, il punto di inizio X, allora si può ritenere che il plot in esame possa essere stato originato da un frammento del DC9 che si muove secondo le

una procedura per esclusione, che individua gli echi radar che, per localizzazione spaziale e temporale, non sono compatibili con alcun valore di R. In altri termini, che si trovano, rispetto alla zona presumibile di distacco individuata come sopra si è detto, in un tempo o in una posizione spaziale che non può essere causata da relitti¹⁸⁵.

Per i *plots* che non è possibile interpretare, utilizzando come riferimento il punto P, si utilizzeranno i dati così ricavati per individuare un diverso punto di distacco.

Le prime conclusioni cui arriva l'elaborato dei Consulenti di parte sono le seguenti:

- "Sono interpretabili come echi di frammenti originati al punto X i *plot* 2a, 4, 6, 8b, 13b, 15, 16, 18. Va notato tuttavia che il punto 13b si trova ai limiti della fascia di incertezza, per cui la sua interpretazione come frammento va intesa con qualche cautela.

- I *plot* 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 presentano un poligono delle origini che, pur non includendo il punto X, attraversa la retta di regressione M2 in un punto temporalmente successivo ad X, e quindi è pensabile siano interpretabili come frammenti distaccatisi successivamente. Una tale situazione sarà indagata in seguito.

- I rimanenti *plot* 1, 2b, 3, 5, 7, 8a, 9a, 9b, 10, 11, 12, 13a, 19 non sono interpretabili come frammenti originati in X"

Come si vede i risultati cui giungono i Consulenti differisce sostanzialmente da quelli della Perizia SANTINI. Si può però notare sin d'ora che gli echi definiti "singolari" in tale ultimo elaborato e che cioè non trovavano una possibilità di spiegazione, se non a prezzo di forzature nei parametri utilizzati, sono ricompresi nella categoria più vasta dei *plots* non interpretabili come frammenti secondo la ricostruzione proposta dai Consulenti di parte.

leggi di caduta dei gravi in atmosfera, avendo iniziato la sua traiettoria di caduta proprio al punto X.

- In caso contrario, questa interpretazione non può essere accettata.

Questa seconda procedura alternativa presenta il vantaggio, nell'ipotesi che il *plot* non possa essere interpretato come frammento partito da X, di fornire indicazioni per la ricerca di un punto di partenza diverso"; Consulenza parte civile del 24 ottobre 1995, pag. 58 e s.

¹⁸⁵ Le immagini tratte dalla Consulenza di parte (figure 5) sono ben esplicative della procedura e dei risultati ottenuti e anche della maggiore flessibilità del metodo rispetto a quello consistente nell'individuare le traiettorie presumibili di caduta dei gravi a partire dal punto P. Si allegano le figure da 5.1 a 5.34 della Consulenza di parte citata.

Questi ultimi costruiscono, quindi, un'ipotesi di individuazione dei *plots* interpretabili come frammenti originati in punti della traiettoria del velivolo successivi a X, sulla rotta M2, utilizzando come riferimento un punto di origine presunta indicato come Y, corrispondente a quello di distacco del tipo dell'ala sinistra e della coda e distante da X circa 2s.

Tale ipotesi è ben rappresentata dalle figure allegate¹³⁶, da cui segue che:

1. "I *plot* 20 e 22 sono interpretabili come frammenti distaccatisi in punti intermedi fra X ed Y
2. I *plot* 17, 21, 23, 24, 25, 27 sono interpretabili come frammenti distaccatisi in Y
3. I *plot* 26, 28, 30, 31 sono interpretabili come frammenti distaccatisi in punti successivi al punto Y, ma relativamente vicini a esso (circa 2s)
4. Per il *plot* 29 si può adottare un'interpretazione analoga, ma assumendo un istante di distacco ritardato rispetto a Y di 4 - 5 secondi"

Solo gli echi indicati sin qui sono dunque cagionati da frammenti in caduta libera. Di essi viene poi tentata la correlazione con le zone di recupero dei reperti. Va segnalato che nessuna associazione appare possibile per la coda del velivolo, ritrovata in zona A, che invece avrebbe dovuto esser rilevata dal radar, in considerazione dell'ampia superficie riflettente.

Restano dunque esclusi dalla possibilità di correlazione con frammenti in caduta libera i *plots* 1, 2b, 3, 5, 7, 8a, 9a, 9b, 10, 11, 12, 13a, 19. Questi *plots* sono rappresentati nella figura allegata¹³⁷. Essi possono corrispondere o a parti di aereo che conservano residue caratteristiche di aerodinamicità e quindi cadono seguendo leggi diverse da quelle della caduta libera dei gravi, oppure da altri aerei.

II. 8. L'interpretazione dei *plots* 1 e 2b.

Secondo i Consulenti, mentre l'opzione per quasi tutti i *plots* richiede ulteriori elementi di valutazione, almeno i *plots* 1 e 2b non possono che essere ricondotti ad altri oggetti autopropulsi.

La ricostruzione di tale valutazione è di particolare interesse.

¹³⁶ Da 5.35 a 5.37, tratte dalle pagine 78 ss. dell'elaborato dei Consulenti di parte.

¹³⁷ Figura 5.49, a pag. 87, della Consulenza citata.

Considerando il punto 1, si nota che, applicandosi nella misura massima lo spostamento azimutale verso Ovest, secondo i parametri accettati nelle premesse, si avrebbe una distanza dal punto presumibile dell'incidente (che però, si ricorderà, è diversamente stimato dai Consulenti e dai Periti) di circa 1.600 metri, con una conseguente velocità di spostamento di 800 m/s.

Per il punto 2b i Consulenti sottopongono ad articolata critica l'interpretazione proposta dal Collegio peritale. Questo aveva concluso nel senso che non fosse possibile chiarire se, a determinare i due *plots*, fosse stato un unico oggetto oppure due diversi oggetti, in considerazione dei possibili effetti del circuito *antijitter*. In caso di mascheramento (o *blanking*) che determini la frammentazione di un unico bersaglio in due, il circuito *antijitter* può causare uno spostamento anche in distanza del secondo *plot*, giacché il rilevamento viene esteso alla cella successiva.

Osservano i Consulenti che la differenza di distanza tra le due parti della detezione (rappresentate dai due *plots*) originata da un unico bersaglio, oscurato, frammentato e spostato, deve essere necessariamente inferiore ad un determinato limite (3.86 μ s). Ora, se si considera esclusivamente il dato presentato dall'estrattore 3, si è certamente all'interno di detto limite (3/16 NM = a una differenza di tempo pari a 3 periodi del Nautical Mile Clock - NMC - corrispondenti a 2.316 μ s. I due *plots* sono però visti anche dall'estrattore 1 e questa volta con una distanza di 6/16 NM, pari a 4.632 μ s e quindi ben oltre il limite teoricamente stabilito.

Utilizzando, dunque, anche i dati provenienti dall'estrattore 1 è possibile accertare definitivamente che i due echi sono generati non da un unico bersaglio, oscurato parzialmente da un oggetto più vicino e che non ha raggiunto la soglia di detezione, ma da due distinti bersagli.

Ne consegue, secondo i Consulenti, che il *plot* 2b non è in alcun modo riconducibile a frammenti del DC9.

I Consulenti di parte sviluppano poi una complessa analisi¹³⁸ sui *plots* che non è stato possibile ricondurre a relitti, utilizzando le "impronte" che sono state lasciate dai segnali, quando l'indice di qualità è inferiore a 15 (e quindi, non essendo il sistema automaticamente saturato, è possibile ricavare la dislocazione degli 1,

¹³⁸ L'Appendice A *Analisi di alcuni elementi del processore radar*, allegata alla memoria depositata il 31 ottobre 1995, illustra in maniera molto chiara la possibilità di utilizzare questa informazione aggiuntiva e contiene osservazioni molto utili anche circa le misure - in parte divergenti da quelle della Perizia SANTINI - degli spostamenti azimutali e in distanza, effetto delle diverse logiche di funzionamento degli apparati radar.

utilizzando il "catalogo delle impronte" dell'estrattore Marconi). Comparando le impronte desumibili dai due estrattori (che operano sul medesimo segnale e le cui differenze sono quindi dovute agli effetti del ponte radio). Questi dati vengono poi integrati e confrontati con quelli desumibili dagli estrattori del Selenia.

Da questa analisi emerge una ricostruzione delle possibili interferenze reciproche dei relitti del DC9 e una ipotesi di più precisa collocazione spaziale di essi e degli echi che, in nessun caso, a tali relitti possono esser attribuiti. Al termine della scomposizione delle impronte nei possibili oggetti che le hanno generate, è risultata una rappresentazione del cielo radar presumibile più articolata rispetto a quella risultante dagli echi effettivamente presentati dagli estrattori; infatti sono stati evidenziati dai Consulenti anche gli oggetti che hanno - nell'ipotesi ricostruttiva accettata - oscurato i bersagli principali senza essere visualizzati (perché con eco inferiore a quella minima o perché mascherati) o che sono stati congiunti o separati.

Sulla base di questo lavoro, che ha portato alla individuazione di oggetti più numerosi rispetto agli echi generati, i Consulenti tecnici hanno proposto una correlazione tra alcuni di essi, tale da rappresentare tracce di aerei che procedono ortogonalmente rispetto al DC9. Tale ipotesi di correlazione è in parte diversa da quella formulata dal Collegio SANTINI (sia pure per considerarla residuale e quindi oscurata dalla possibilità di riconnettere ogni singolo *plot* al relitto o a sue parti che si riteneva avesse l'ipotesi principale).

Una delle traiettorie individuate è associabile alla parte principale del velivolo, ormai priva di propulsione, ma ancora in grado di veleggiare, per una residua portanza.

Altre due traiettorie ipotizzabili sarebbero da ricongiungere ai *plots* -17 e -12, dando così luogo a una traccia originariamente unica, che si separa successivamente in due diverse tracce: " Si può pertanto ipotizzare la presenza di due velivoli di tipo militare che viaggiano di conserva su una rotta circa parallela al DC9; i rilevamenti -17 e -12 potrebbero esser dovuti al fatto che in corrispondenza di essi i due velivoli, che singolarmente danno dei ritorni radar insufficienti per la loro visibilità, danno luogo a un ritorno radar combinato di entità maggiore, tale da produrre i rilevamenti in questione"¹³⁹.

In realtà i Consulenti individuano anche una possibile traccia di un terzo aereo estraneo, originariamente volante nella scia del DC9 e al quale sarebbero dovuti alcuni errori azimutali particolarmente rilevanti, osservabili lungo l'intera rotta dell'aereo.

¹³⁹ Memoria dei Consulenti di parte del 24 ottobre 1995, depositata il 31 ottobre 1995, pag. 166.

Si tratta di un'analisi assai complessa, sulla quale nulla è osservato da parte del Collegio peritale. Radicali critiche sono invece state prospettate in una densa memoria di Giovanni MELILLO, sulla quale si tornerà tra breve, quando si esaminerà l'ipotesi dell'aereo - remora.

In conclusione, sembra che si possa affermare con ragionevole sicurezza che anche utilizzando metodologie diverse¹⁹⁰, una serie di echi restano di assai difficile interpretazione, giacché *la loro riconduzione al relitto o a suoi frammenti è possibile solo a prezzo di forzare gli strumenti di indagine fino al loro limite, e a volte anche oltre.*

In ogni caso, è certo che alcuni di questi *plots* possono essere correlati tra loro e con quelli - 17 e - 12, a formare la traccia di uno o più aerei intersecanti la rotta del DC9 in prossimità dell'istante del disastro.

II. 9. Le tracce PR.

Prima di affrontare il punto degli echi -17 e -12 è però necessario esaminare se altri *plots*, risultanti dal radar Marconi e che appaiono in relazione spazio / temporale con il DC9, siano frutto di oggetti reali oppure se essi debbano essere interpretati come generati da mal funzionamento del radar.

Era stato infatti rilevato dal Collegio SANTINI che nel cielo radaristico era possibile individuare sequenze di soli primari, correlabili tra loro secondo

¹⁹⁰ Non completamente attendibile è invece, a parere di questo Ufficio, la comparazione tra i dati in nostro possesso e quelli ricavabili dall'incidente di Lockerbie. Tale comparazione è svolta dai Consulenti di parte civile nella memoria del 1995, più volte richiamata. Il presupposto è la comparabilità dei dati. Esso è certamente rispettato per ciò che concerne le condizioni meteorologiche, la direzione relativa del vento e la sua velocità, le caratteristiche presumibili del relitto ecc., una volta operate le opportune correzioni. Non altrettanto può dirsi delle dinamiche di funzionamento dell'apparato radar. Nessuna informazione in proposito è data avere circa le caratteristiche del radar che osservò il disastro di Lockerbie e non è possibile quindi valutare se anch'esso fosse affetto dagli errori e dalle anomalie che caratterizzavano invece i radar di Fiumicino e in particolare il Marconi. Il confronto con Lockerbie, come i Consulenti definiscono il criterio utilizzato per la comparazione, fornisce certamente un'indicazione di massima circa la visibilità di oggetti separatosi dall'aereo, circa il tempo della loro permanenza a quote tali da consentirne la detezione e circa l'entità della deriva determinata dal vento in quota. Può desumersi un ulteriore elemento di valutazione a riprova dell'impossibilità di interpretare i *plots* successivi al punto 0, nel caso di Ustica, se non utilizzando particolari strumenti interpretativi, basati sul malfunzionamento del radar. Non sembra però possibile andare oltre e attribuire al confronto un valore di positivo accertamento.

parametri corrispondenti a tracce di aerei. Alcune di queste "tracce" potevano essere effettivamente generate da aerei, non essendo possibile individuare meccanismi noti di funzionamento del radar che potessero darvi luogo, oppure essendo possibile individuare fatti di riscontro (ad esempio, la contemporanea visione, anche parziale, dell'oggetto da parte di più radar).

Alcune di queste tracce saranno esaminate a proposito delle interferenze con il DC9, nella parte di queste requisitorie in cui si cercherà di ricostruire la rotta dell'aereo e le anomalie rilevabili nei tracciati radar, coordinando le informazioni dei radar "civili" con quelle dei militari. Si cercherà anche di fornire qualche indicazione circa lo scenario complessivo del cielo radar, nei limiti di utilità ai fini della decisione del Giudice.

Di particolare interesse ai fini della questione che ora ci occupa sono però alcune sequenze di echi, registrate nei pressi del DC9, e che potrebbero esser interpretate come tracce. Gli echi suddetti hanno dato luogo a interpretazioni completamente divergenti: mentre il Collegio SANTINI e i Consulenti di parte imputata li ritengono allarmi generati dai lobi laterali del radar Marconi, il Collegio radaristico e i Consulenti di parte civile escludono siffatta evenienza e affermano trattarsi di echi reali.

Si tratta di un punto molto importante. Le tracce suddette potrebbero infatti essere poste in relazione tra loro e con i punti - 17 e -12 e contribuire all'affermazione della presenza di uno o più aerei, intersecanti la rotta del DC9 in coincidenza con il punto 0.

Non si può condividere l'affermazione del Collegio radaristico, nella risposta ai quesiti "a chiarimenti" richiesti da questo Ufficio, secondo cui è necessario partire dal dato di fatto, costituito dall'esistenza di una sequenza di *plots* correlabili in una traccia, da interpretarsi secondo il comune accadere e solo in caso di impossibilità di tale immediata interpretazione ricorrere a spiegazioni più complesse e meno evidenti.

In realtà dei dati di fatto fa parte anche il costante sincronismo tra gli echi di solo primario, con differenze angolari costanti e con raggio costante, e gli echi generati dal DC9.

Così come dei dati di fatto fa parte anche la constatazione che è il solo Marconi, e non anche il Selenia, a vedere gli echi che danno luogo a queste particolari tracce.

Vediamo, dunque, se è possibile dirimere il contrasto interpretativo.

Una prima traccia, che viene definita PR6, inizia alle ore 18.43.20 e termina alle 18.44.22; essa segue una rotta grosso modo parallela al DC9, con divaricazione verso Est e con velocità media di 467 nodi. La probabilità di rivelazione è del 50%.

La traccia PR7 inizia alle ore 18.45.56 e termina alle 18.46.51; ha rotta analoga a quella della PR6, velocità di circa 401 nodi e probabilità di rivelazione del 100%.

Mancano i ritorni tra le ore 18.44.22 e le 18.45.56. Tuttavia le caratteristiche di rotta e velocità della PR6 sono tali da poter essere considerata ragionevolmente l'antecedente della PR7.

Essi sono quindi tra loro correlabili in una sequenza temporale e spaziale tale da costituire una traccia, secondo gli standard interpretativi del radar¹⁹¹. Tale traccia, se idealmente continuata, può essere posta in relazione con gli echi - 17 e - 12.

Questi echi non sono descritti nelle Relazioni della Perizia Blasi.

La Perizia SANTINI, invece, ne offre una spiegazione che questo Ufficio aveva ritenuto convincente. Il Collegio peritale era partito infatti dalla constatazione della corrispondenza in raggio e azimuth dei singoli echi primari con echi primari e secondari del DC9. Rimanendo costante la distanza angolare tra i *plots* delle due serie, a ogni ritorno del DC 9 corrispondeva un ritorno primario avente il medesimo raggio.

Da questa constatazione il Collegio aveva tratto la conclusione che i *plots* primari non erano altro che l'effetto dei lobi laterali del radar Marconi: nel caso dei *plots* situati a ovest della traccia reale, il DC9, colpito dal lobo laterale dopo essere stato illuminato dal fascio principale, rimandava una nuova eco che, per il meccanismo di funzionamento dell'estrattore del dato grezzo, veniva automaticamente posizionato nel punto ove in quel momento si trovava la direzione del fascio principale e alla distanza effettivamente percepita. La distanza angolare sarebbe quindi corrispondente a quella della direzione del lobo laterale rispetto a quella del fascio principale.

Le conclusioni del Collegio apparivano ragionevoli e ben argomentate. Esse, per di più, sembravano dare conto della presenza di echi anomali (molti dei quali certamente non associabili a oggetti reali), distribuiti su tutto il cielo radar, anche se concentrati in maniera maggiore in alcune zone (tra cui quelle nelle quali era

¹⁹¹ Si allegano le figure E48/E50, tratte dal programma elaborato dal Collegio radaristico e allegate alla relazione peritale.

possibile individuare ben precisi disturbi, come gli effetti del sole al tramonto). Spiegavano anche la ragione per la quale il solo radar Marconi e non anche il Selenia avessero raccolto gli echi di solo primario.

Le osservazioni dei Consulenti di parte civile, prima, e le valutazioni del Collegio di esperti radaristici Dalle Mese, Donali, Tiberio hanno invece proposto un'interpretazione completamente diversa.

Il Collegio radaristico infatti nega che le sequenze di *plots* tra loro correlabili secondo parametri di velocità e relazione spaziale corrispondente a quelli che sono generalmente da attribuirsi ad aerei reali possano esser causate da disturbi del radar, per l'effetto dei lobi laterali.

Il presupposto che fa da sfondo all'intera argomentazione è che il radar è progettato e costruito per rivelare oggetti, indicandone la posizione nello spazio; i lobi laterali sono ben conosciuti e l'intero apparato è costruito in modo tale da impedire che i bersagli possano dar luogo a riflessioni rivelate dai lobi laterali del fascio radar.

La dimostrazione di questo assunto si articola nella ricostruzione del meccanismo di funzionamento del radar e dei suoi accessori, finalizzati appunto a contrastare questi effetti.

Particolarmente convincente sarebbe, poi, l'osservazione del carattere "deterministico" (termine utilizzato evidentemente per rappresentare una ricorrenza determinata da meccanismi causali noti e che dovrebbero dar luogo a costante ripetizione) del disturbo rilevato. Se effettivamente la capacità di detezione del lobo laterale fosse così ampia, quale si ricaverebbe dall'osservazione degli echi riflessi dalla traccia del DC9, tale disturbo dovrebbe essere rilevato per molte delle detezioni di oggetti similari e in condizioni analoghe (e cioè *quantomeno* per aerei di analoga superficie riflettente, alla medesima quota e distanza, aventi il medesimo azimut). Per altro verso, qualora questa ricorrenza fosse accertata in numeri sufficientemente alti di casi, dovrebbe - aggiungiamo noi - doversene dedurre che il disturbo è effettivamente causato dal meccanismo ipotizzato.

Ora, secondo il Collegio radaristico, nessuno degli aerei che precedette o seguì il DC9 causò riflessi attribuibili a lobi laterali. Poiché il DC9 percorreva un'aerovia e poiché tipo e caratteristiche degli aerei precedenti e seguenti sono noti (e uguali o simili a quelli del DC9) non vi è una plausibile spiegazione delle ragioni per le quali il lobo laterale dell'antenna Marconi non abbia percepito anche gli altri aerei, alla stessa quota, in tempi molto vicini e con la medesima rotta e superficie riflettente.

Il deposito, recentissimo, della risposta ai quesiti a chiarimento, richiesti da questo Ufficio, consente poi di aggiungere all'elemento logico un'attenta disamina dei fenomeni sull'intero cielo radaristico. Da questa indagine, condotta anche con un programma informatizzato di correlazione dei *plots* secondo parametri assai ampi (più ampi di quelli che sarebbe stato necessario assumere, tenendo conto degli effettivi angoli di interferenza dei lobi laterali), non emergerebbe la ricorrenza di disturbi da lobi laterali, in nessuna parte delle registrazioni.

A questi argomenti, vanno poi aggiunte le considerazioni concernenti gli angoli rilevabili nelle posizioni dei *plots* in esame rispetto alla corrispondente posizione del DC9 e quindi, in ipotesi, rispetto al lobo principale; questa analisi porterebbe ad escludere che vi sia un'effettiva ricorrenza della medesima differenza angolare, cosicché verrebbe a cadere il presupposto da cui muoveva l'ipotesi dei lobi laterali.

Le argomentazioni del Collegio radaristico sul punto in questione non sono, nel loro complesso, condivisibili.

II. 10. I falsi echi da lobi laterali.

I Consulenti di parte imputata hanno fornito un importante contributo alla chiarificazione della questione dei lobi laterali, che ha fornito supporto alle perplessità che questo Ufficio aveva manifestato immediatamente, sin dal deposito della relazione del Collegio radaristico, con la richiesta di chiarimenti, cui il Giudice aveva aderito, formulando i quesiti del 28 luglio 1997.

Si osservava allora:

".. Risulta evidente che il punto centrale dell'indagine peritale è ora costituito dalla interpretabilità della traccia PR come dovuta alla rifrazione dei lobi laterali del radar Marconi. Questa discussione è ancora, nella Perizia TIBERIO, insufficiente a dar conto della complessità dell'esame che fu effettuato dal Collegio SANTINI. E' vero che nell'Appendice 2 vi è un'ampia discussione del tema, che appare convincente.

Occorre però partire dal dato di fatto che originò quella interpretazione e cioè la ricorrenza in più ritorni radar di distanze uguali a quelle di *plots* originati dal DC9, ciò che appariva incompatibile con ritorni causati da un oggetto reale. Le Appendici 1 e 2 danno conto delle ragioni per le quali si ritiene che tali echi non

possano esser attribuiti ai lobi laterali dell'antenna, ma non individuano una spiegazione del fatto che 'molti di questi *plots*, ad istanti corrispondenti ai *plots* della traccia del DC9, appaiano alla stessa distanza dal radar di Fiumicino dei suddetti *plots* corrispondenti del DC9'.

Va inoltre spiegato quali possono essere le ragioni (con riferimento alla rilevazione normalmente riscontrabile) per le quali solo il radar Marconi abbia osservato le tracce PR.

D'altra parte, occorre comprendere quali siano le condizioni che determinano il comparire dell'effetto da lobi laterali. E' infatti certo che solo in rari casi si ha riflessione di impulsi da lobi laterali; sembra anche che tale fenomeno non sia rilevabile sulle tracce degli aerei che precedettero o seguirono il DC9 nella medesima rotta. E' possibile, nella prospettiva indicata dal Collegio SANTINI, individuare ragioni tecniche del diverso comportamento del radar o anche in questo caso ci si deve accontentare della rilevazione della casualità?"

Si chiedeva quindi che fossero rivolti al Collegio radaristico quesiti a chiarimenti, in particolare concernenti:

1. Le possibili spiegazioni alternative all'effetto dei lobi laterali dei ritorni di solo primario di cui s'è detto.
2. L'illustrazione delle ragioni per le quali il Selenia possa non aver visto i bersagli che invece sarebbero stati rivelati dal Marconi.
3. Un'analisi comparativa delle tracce assimilabili a quella del DC9, per verificare se anche in queste fosse possibile osservare fenomeni analoghi.

Sul punto della mancata percezione dei primari da parte del Selenia, le argomentazioni del Collegio radaristico sono poco convincenti. Si comprende che la diversa detezione dei medesimi oggetti possa dipendere dalle diversità di struttura e funzionamento dei due radar. Sarebbe stato necessario però che questa affermazione venisse sostanziata da una indagine comparativa sulla capacità di vedere del Selenia e del Marconi, alle quote e per le rotte date. E' vero che questa indagine sarebbe comunque stata incompleta, non essendo nota la superficie radar equivalente dell'aereo che si ipotizza aver tracciato la PR6 - PR7. Essa avrebbe comunque potuto portare elementi utili di valutazione. Vi è altrimenti il rischio che l'affermazione appaia tautologica: le tracce sono meno viste perché il radar le vede di meno.

Va osservato che dall'esame della traccia PR4 - PR5 risulterà una situazione non dissimile, pur non contestandosi da nessuno che la traccia suddetta rappresenti un

oggetto reale e cioè un aereo in fase di avvicinamento e atterraggio a Pratica di Mare, privo di trasponder. Anche in quel caso l'aereo è visto in parte dal solo Selenia, in parte da entrambe i radar e nella parte terminale del volo solo dai Marconi.

Più in generale, nelle argomentazioni del Collegio radaristico vi è una sorta di inversione metodologica: dall'affermazione in linea generale delle modalità di funzionamento del radar come "deve essere", si deduce l'impossibilità che abbiano luogo i rilevamenti da lobi laterali. Ciò però lascia inesplicito il fenomeno osservato. Si dimentica, poi, che la congettura improbabile, se corroborata, ha un potere esplicativo molto più ampio di quella probabile perché dedotta. Se effettivamente il fenomeno della rivelazione da lobo laterale potesse essere osservato in casi analoghi, questo si rifletterebbe necessariamente anche sulla "legge" presupposta del funzionamento del radar e non viceversa, a meno di non trovare una sottoformulazione dell'ipotesi originaria che le consenta di sopravvivere.

Era appunto ciò che si chiedeva al Collegio radaristico, di modo che potesse esser affermata con certezza, o negata con la medesima forza, l'esistenza dell'effetto da lobi laterali. Un contributo in questa direzione viene dalle elaborazioni delle parti private.

Preliminare è accertare se *plots* con caratteristiche analoghe a quelle che potrebbero derivare da lobi laterali può essere riscontrato in casi diversi da quelli delle tracce intorno al DC9, giacché una risposta positiva a questa domanda avrebbe come conseguenza quella di approfondirne le possibili cause. La risposta negativa, invece, porterebbe ad aderire all'impostazione del Collegio radaristico.

Il Collegio SANTINI aveva stimato in 434, attribuibili a 47 tracce di aerei reali, i *plots* con suddette caratteristiche. Per poterli discriminare dagli tipi di *plots* anomali si ricorse alla correlabilità a tracce note di *plots*, secondo i seguenti parametri:

- *range* (distanza) simile, con un errore contenuto entro 0.5nm
- tempo di registrazione entro 3 secondi (in considerazione del giro dell'antenna)
- differenza in azimuth maggiore di 3° e minore di 60° (angolo entro il quale si riteneva che potesse verificarsi l'effetto dei lobi laterali).

Già da questa prima selezione, non elaborata, risulta che le differenze in distanza sono molto modeste e che è possibile suddividere quelle in azimuth in misure ricorrenti.

Il Consulente tecnico di parte imputata ha sottoposto a un'analisi più accurata questi risultati¹⁹², esaminando anche specificamente alcune tracce reali, alcune già osservate in passato e altre solo ora individuate, dalle quali potevano esser stati generati *plots* con le caratteristiche sopra ricordate, e ne ha estrapolato le differenze in distanza e angolari.

Il complesso di queste elaborazioni porta a selezionare i medesimi valori di distanza angolare, con un errore massimo (rispetto a questi valori) di 0.66° se si considerano solo le tracce valutate dal Collegio radaristico e che diventa addirittura di 0.19° se si considerano anche quelle individuate dal Consulente GIUBBOLINI.

I *plots* interpretabili come tracce correlabili a tracce reali si dispongono, rispetto a queste e nella grande maggioranza dei casi, nei seguenti angoli ricorrenti: -43.35° , -27.07° , -13.19° , 25.31° e 39.78° .

Immaginare che ciò possa dipendere dal caso è che vi siano un numero così elevato di aerei che procedano con rotte correlabili secondo i parametri suddetti ad altri aerei non è ragionevole; non è cioè ragionevole ipotizzare che più aerei compaiano e scompaiano dal radar allo stesso orario e che per il periodo di detezione mantengano la stessa velocità dell'aereo di riferimento e angoli costanti rispetto a questo, per di più coincidenti in numerosi casi analoghi¹⁹³.

Occorre dunque riconoscere, come dato di fatto, che i lobi laterali del radar Marconi causano detezioni degli oggetti rivelati da quello principale e che tali detezioni avvengono sui lobi aventi gli angoli sopra indicati rispetto a quello principale.

Ciò porta ad escludere dal novero delle tracce reali tutte le tracce PR, ad eccezione di quella PR4 / PR5, generate dall'aereo in atterraggio a Pratica di Mare.

I Consulenti di parte confutano quindi, con argomenti che appaiono seri e ben argomentati, le prospettazioni del Collegio radaristico circa il funzionamento del radar e in particolare circa l'asserita necessaria simmetria delle detezioni da lobi laterali, circa il guadagno di questi rispetto al lobo principale, circa gli apparati di controllo del guadagno.

¹⁹² Relazione GIUBBOLINI in data 28 novembre 1997, depositata in data 1° dicembre 1997.

¹⁹³ Esemplicativamente si allegano le figure, tratte dalla relazione GIUBBOLINI, che rappresentano le tracce relative al DC9 (Fig. 4.1-1, 4.1-2, 4.1-3, 4.2-1, 4.2-2, 4.2-3).

Per giustificare il fatto che il fenomeno non ricorra costantemente - come, secondo il Collegio radaristico, sarebbe da attendersi in considerazione delle strutturazioni degli apparati radar - GIUBBOLINI sostiene che effettivamente i radar sono dotati di dispositivi che riducono il guadagno in funzione della distanza o del livello dello sfondo. Non vi sono, però, dispositivi che riducano il guadagno in funzione del livello del bersaglio:

"Di conseguenza il livello del *target* rimane una variabile indipendente e quindi la detezione sul lobo laterale può avvenire qualora la potenza riflessa sia tale che anche la stessa, ridotta di 50 o 60 dB, sia sufficiente a superare la soglia di detezione e questo può succedere in genere per bersagli grandi e per bersagli vicini".

Il Consulente esemplifica, quindi, le diverse ipotesi in cui è possibile che il segnale determini detezione, sia in caso di normale funzionamento dei sistemi di controllo del guadagno, sia in altri casi particolari.

In conclusione, non è stato possibile accertare con sicurezza quali siano state le condizioni che hanno determinato l'insorgere del fenomeno della detezione da lobi laterali su alcune tracce, tra cui quella del DC9. Tale fenomeno, tuttavia, non è inammissibile in teoria ed è accertato in fatto.

Ciò implica che nessuna delle tracce esaminate può essere considerata correlabile con i *plots* -17 e -12.

Va però esaminato anche un aspetto della questione che non attiene direttamente alle tracce PR7 e PR8, ma che pure ad esse si ricollega. Come meglio si vedrà appresso, la ricostruzione dei dati del radar di Licola (sopravvissuti alla distruzione dei documenti) indica che gli operatori individuarono una traccia, parallela a quella del DC9, cui inizialmente viene attribuito un NTN AG266. Questa traccia potrebbe corrispondere sia per velocità desumibile (circa 600 nodi) che per posizione a quella ricavabile dalle PR7 e PR8. Vi è dunque la singolare situazione per la quale l'effetto da lobi laterali avrebbe permesso al radar di Fiumicino di "vedere" ciò che Licola in un primo momento ha annotato, per poi sopprimere i documenti e modificare nelle successive comunicazioni i dati in un primo momento inviati al 3° ROC.

Ciò sarebbe palesemente contrario a ogni logica e dovrebbe quindi concludersi per la realtà dei *plots* dedetti sia da Licola che da Fiumicino.

Va però osservato che in quest'ipotesi, la traccia PR7 - PR8 dovrebbe esser fatta proseguire, in accordo con Licola, per alcune Miglia (25/30) a sud del punto dell'ultima risposta del DC9. Ciò impedirebbe comunque di correlare la traccia con i *plots* -17 e -12.

La distruzione del DA1 di Licola e l'incertezza dei dati residui non consente una risposta definitiva sul punto.

Deve dunque concludersi che le tracce PR, ritenute reali, sono tutte, ad eccezione di PR4 e PR5, da attribuirsi a lobi laterali, *salva l'eventualità che le tracce a ovest del DC9 non trovino conferma nei dati di Licola.*

II. 11. I *plots* -17 e -12. Le prime valutazioni.

Si è già osservato (si vedano le richieste in data 28 settembre 1994 cui seguirono i quesiti a chiarimenti formulati dal Giudice Istruttore) che l'interpretazione del Collegio SANTINI dei due echi radar a est del punto 0 e di quelli che ad essi si collegano dopo tale punto non è per nulla convincente.

Il 3 ottobre 1980 la SELENIA, società operante nell'industria degli armamenti e in particolare nel settore radaristico, predispose una relazione nella quale si analizzavano i dati del sistema ATCAS (e cioè del controllo del traffico aereo).

La relazione descrive il sistema di rilievo dei dati radar, quello di presentazione grafica, indica le caratteristiche statistiche del dato radar e le coperture dei due radar, descrive e analizza i grafici generati dai dati suddetti.

Va detto subito che questa relazione fu nel 1990 revocata in dubbio dagli stessi estensori, i quali affermarono che essa era basata su presupposti di fatto errati, giacché era poi stato possibile accertare che i due radar operavano in condizioni di fatto diverse da quelle ipotizzate e risultanti dalla documentazione in possesso della Società nel momento in cui la relazione era stata predisposta.

Su questi aspetti si veda quanto si è detto altrove.

Qui basti ricordare che, esaminando i soli *plots* successivi a quello del disastro, la SELENIA individuava tre possibili rotte di oggetti interferenti con il DC9.

Non diverse conclusioni aveva avuto l'indagine compiuta dalla Commissione Tecnica istituita dall'ITAVIA e che produsse, il 1° dicembre 1980 un'analisi dei dati radar (redatta da Alberto CUCCO e Franco CAPPABIANCA).

Rispetto alla SELENIA, la relazione ITAVIA esplicita la correlazione, già ipotizzata anche dalla SELENIA, di una traccia, rilevabile dal MARCONI, muoventesi da ovest verso est a velocità variante dai 700 ai 300 nodi (componenti orizzontali della velocità) con due "tracce" (così venendo definiti i singoli ritorni radar) registrate dal solo radar primario in tempi precedenti all'ultimo ritorno del trasponder (e cioè -17 e -12)

Inoltre, dall'analisi dei ritorni della fase terminale del volo, la relazione ITAVIA giungeva a formulare l'ipotesi che le anomalie riscontrate potessero derivare dall'interferenza di un secondo aereo:

"Premesso che i dati non consentono di discriminare con certezza la presenza di due oggetti in volo ravvicinato, si ritiene peraltro di non poter escludere categoricamente interferenze di un altro corpo non identificato, sulla eco del segnale radar relativo al velivolo ITIGI in considerazione delle seguenti particolarità:

1. Dispersione dei punti intorno alla probabile traiettoria di entità superiore a quella normalmente rilevabile, in particolare negli ultimi due minuti prima dell'incidente e in merito alla quale non si possiedono dati effettivi di calibrazione del sistema.

2. Anomalie di segnali radar che appaiono, per la globalità dei dati registrati, singolarmente nel caso del volo in osservazione, in termini e in frequenza eccezionali, ed evidenziate nella presente relazione.

3. Definizione cinematica del moto, in quanto l'andamento delle velocità e delle accelerazioni sulla traiettoria non sembrano a un primo esame, quelle di un moto uniforme; resta comunque confermato che la velocità media risulta nella norma e che le velocità calcolate sono sempre nel campo operativo del velivolo".

Ma anche il National Transportation Safety Board di Washington (e cioè un Ente particolarmente specializzato nell'investigazione dei disastri aerei, collegato alla Federal Aviation Administration) giunse alla conclusione che dai dati radar risultava l'interferenza di un aereo, con rotta perpendicolare a quella del DC9 e che con questo non aveva colliso.

Nella "Relazione sullo stato delle indagini aggiornato al 5 dicembre 1980" (si noti la data, rilevante per il fax Melillo) la Commissione ministeriale d'inchiesta si

riferisce tra l'altro l'esito di un incontro avvenuto negli USA con gli esperti del NSTB nei primi giorni di ottobre 1980.

L'analisi dell'Ente statunitense è conforme a quella della SELENIA, ma ancora più netta, identificando un oggetto volante non identificato che ha attraversato la zona dell'incidente da ovest verso est ad alta velocità e circa nello stesso momento dell'incidente, senza entrare in collisione con il DC9. Per di più il NTSB aveva considerato l'ipotesi che tutti i *plots* successivi all'incidente fossero attribuibili al relitto e quelli precedenti a falsi echi "poco verosimile per l'alta improbabilità di avere tre falsi segnali tra loro correlabili" (citato dalla relazione della Commissione ministeriale).

Delle valutazioni del Collegio BLASI s'è già detto ampiamente nel paragrafo dedicato all'elaborato dei periti.

A scanso di equivoci, si ribadisce che gli esperti radaristici del Collegio SANTINI hanno fatto un ottimo lavoro di ricostruzione delle modalità di funzionamento dei radar Marconi e Selenia. Vi sono degli aspetti non convincenti, che già si sono posti in rilievo e alcuni dei quali furono anche oggetto di osservazioni dei Consulenti di parte civile. Non a caso queste osservazioni concernono essenzialmente (almeno nelle parti che questo Ufficio ha formulato e ritiene condivisibili) la forzatura degli strumenti individuati dal Collegio peritale, che vengono a volte utilizzati ai limiti massimi accettabili (e anche oltre) senza che di questo sia data una ragionevole spiegazione. Non si è naturalmente in grado di andare oltre una valutazione di compatibilità logica delle asserzioni su cui si fonda l'ipotesi ritenuta infine provata dal Collegio. Ci si limita ad osservare che essa appare logicamente coerente, priva di contraddizioni con elementi accertati aliunde e non seriamente contrastata da avverse deduzioni.

D'altra parte, una verifica per così dire sperimentale del lavoro teorico è venuta dalla sua utilità per l'interpretazione delle modalità di caduta delle parti distaccatesi dal DC9, nel raffronto tra le traiettorie ricavabili dai *plots* (rielaborate alla luce di quelle correzioni) e i luoghi di individuazione dei reperti (ricompresa, in questa valutazione positiva, anche l'ipotesi culminante nella ZONA D). Le leggi di funzionamento ricavate nell'interpretazione dei *plots* intorno al punto 0 si sono poi rivelate utili anche per la spiegazione di anomalie nel tracciato del DC9 in momenti diversi. Esse sono state accettate, sia pure con critiche a volte anche severe sui criteri applicativi, anche dai Consulenti delle parti private.

Proprio per queste ragioni appare non convincente che per potersi leggere tutti i *plots* successivi allo 0 come echi di parti del relitto sia stato necessario forzare

questi criteri interpretativi fino al punto massimo di tolleranza. Si riproduce ancora quella singolare procedura interpretativa che si è innanzi messa in rilievo.

II. 12. I Plots -17 e -12. Ipotesi che si tratti di falsi echi.

Cerchiamo di ricostruire il percorso logico seguito dai Periti, sin dalla fase dell'elaborazione delle conclusioni, cui finiranno per pervenire.

I ritorni radar successivi al punto 0 non risultavano interpretabili tutti come echi prodotti dai relitti del DC9, in caduta libera dopo l'evento distruttivo. Essi non potevano esser tutti correlati tra loro e con i punti di recupero delle parti dell'aereo individuati sul fondo del mare.

Prima ancora, sul piano logico, cioè, che si ponesse il problema dell'interpretazione dei *plots* -17 e -12, i dati conosciuti sul funzionamento dei radar di Fiumicino non consentivano di leggere adeguatamente gli echi di solo primario successivi al punto 0, come derivanti da relitti.

Ciò ha comportato un imponente lavoro di verifica dell'effettiva modalità di funzionamento dei radar. Si è trattato di un lavoro egregio, di notevolissimo valore; esso è stato sottoposto a critica dai Consulenti tecnici di parte civile, con argomentazioni convincenti circa l'entità dello spostamento angolare, ma non sulla sua sussistenza.

In primo luogo (anche se non temporalmente, giacché si tratta dell'ultima acquisizione in ordine di tempo) è stato possibile accertare uno spostamento nell'allineamento dei radar rispetto al Nord geografico tale da aver determinato una diversa allocazione del punto vero dell'incidente. Ciò ha naturalmente influito sulla relazione tra i *plots* e i relitti, la cui determinazione in coordinate geografiche non risentiva, ovviamente, dell'errore derivante dall'allineamento delle antenne.

Si è già rilevato che non si concorda sull'entità dello spostamento, ritenuta dal Collegio peritale, ma è indubbio che esso sia riscontrabile, sia pure nei limiti che si sono indicati.

In secondo luogo, sono stati individuati - anche attraverso la ricostituzione delle condizioni di funzionamento dei radar nel giugno 1980 e una serie di verifiche sperimentali - alcuni meccanismi di funzionamento del sistema e in particolare delle logiche di estrazione e di presentazione del dato grezzo che hanno avuto molta importanza, soprattutto per l'interpretazione degli effetti causati dalla

presenza nelle stesse celle di risoluzione o in celle vicine di più oggetti interferenti.

Questo lavoro di ridefinizione delle caratteristiche del radar ha consentito di giustificare molta parte delle anomalie riscontrate nei dati radaristici (non solo per l'interpretazione degli echi in prossimità del punto 0, ma anche per l'intera traiettoria di volo del DC9); sulle fondamenta di tale lavoro vi è' accordo anche dei Consulenti delle parti private, alcuni dei quali hanno criticato le misure, i parametri e le applicazioni che ne sono state prospettate ma non hanno disconosciuto che siano stati individuati meccanismi di funzionamento degli apparati radar che non erano stati in alcun modo valutati nelle precedenti ricostruzioni.

Ciò nonostante, e pur accettandosi, in ipotesi, anche quegli aspetti dell'elaborato peritale che sono invece oggetto di contestazione, per poter ricondurre tutti i *plots* successivi allo 0 a echi da relitti è stato necessario ipotizzare una correlazione tra i *plots* 8a, 9a, 12, 13a e 19 "ai limiti della tolleranza azimutale e polarizzati nello stesso verso" (V-109).

Nessuna spiegazione tecnica di detta polarizzazione è stata data. A seguito delle osservazioni in proposito di questo Ufficio, il Collegio peritale si è limitato a osservare che:

- "in una delle esemplificazioni [delle diverse modalità possibili di correlazione *plots* - relitti, effettuata nella relazione peritale par. IX.5, ipotesi A) e B)] i *plot* ai limiti della tolleranza (sub A) azimutale sono 5 su 31 e tutti "polarizzati" nello stesso verso.
- La polarizzazione in questione implica la non esattezza della dizione "il verificarsi contemporaneo di eventi a bassa probabilità presenta livelli di probabilità ancora più bassa" (ipotesi B).
- La polarizzazione in questione "potrebbe essere dovuta a un effetto del *blanking* ... ric. anche effetti dovuti al circuito *antijitter*" (V-109)."

Sembra di potersi comprendere, dal non chiaro testo citato, che:

- Si conferma che nessuna spiegazione tecnica è stata trovata della polarizzazione di ugual segno, giacché affermare che essa potrebbe esser dovuta ad effetto del *blanking* è meramente tautologico, giacché un effetto del *blanking* è lo spostamento azimutale, la cui polarizzazione è in discussione.

- poiché sono solo cinque su trentuno i *plots* con polarizzazione nello stesso verso e al limite della tolleranza azimutale non vi sarebbe alcuna significatività statistica del dato.

Tale ultima affermazione non tiene però conto che i cinque echi anomali non sono tratti a caso dal complesso dei ritorni in esame, ma sono proprio e solo quelli su cui verte il contrasto interpretativo e per i quali, cioè, è possibile una diversa attribuzione.

A essi va poi aggiunto il *plot* 2b, per il quale nessun fenomeno noto, nel funzionamento del radar, può fornire una ragionevole spiegazione, dovendosi ipotizzare che il rilevante errore azimutale che è necessario accettare per renderlo compatibile con l'ipotesi del relitto (-1.8° , contro un limite teorico di un grado), derivi dalla contestuale interferenza di *blanking*, scintillazione angolare ed azione del circuito *antijitter*.

E' davvero singolare che si svaluti il significato della costante polarizzazione nel medesimo verso dei cinque *plots* con un implicito argomento statistico (solo 5 su 31), giacché nella relazione peritale non si era mancato di evidenziare che i cinque *plots* "potrebbero costituire una traccia insieme a -17, -12 e 2b". In altre parole, solo e soltanto i *plots* che potrebbero esser ricompresi nella traccia, che costituiscono anche la maggior parte di quelli considerati per comporre tale traccia, sono polarizzati nello stesso verso e ai limiti massimi di tolleranza. Non si vorrebbe riprendere il tema del calcolo delle probabilità, ma il semplice buon senso non indica che vi è, quanto meno, qualcosa da spiegare con maggiore accuratezza e con minor manifestazione di fastidio?

II. 13. La correlabilità dei *plots* -17 e -12 con altri, a formare la traccia di un secondo aereo.

Per comprendere appieno il significato di tale operazione concettuale, va considerato che detti *plots* sono posti in successione spazio temporale tale, da poter essere posti in relazione con i *plots* -17 e -12 e da potere costituire, nel complesso così considerato, la traccia di un aereo intersecante la rotta del DC9 in prossimità del momento del disastro; è anzi possibile individuare due ipotesi di tracce, non necessariamente alternative, ma corrispondenti a due aerei in coppia, la cui traiettoria abbia poi finito per divergere.

La traccia più segnata appare quella ricostruibile unendo i *plots* -17, -12, 2b, 8a, 9a, 12, 13a, 19. Essa corrisponde a una velocità (che può differire notevolmente da

quella reale se muta la quota del velivolo durante il periodo osservato) di 0.6/0.8 Mach, dunque pienamente compatibile con quella di un aereo militare. Tale rotta attraversa con precisione il punto di rinvenimento del serbatoio (immediatamente prima del *plot* 19).

Dal punto -12 potrebbe separarsi una seconda rotta, con velocità al suolo maggiore e ricollegantesi esclusivamente al punto 1 (altro *plot* che ha determinato, insieme al 2b, le più grandi difficoltà interpretative).

Tale seconda rotta è di assai più difficile identificazione rispetto alla prima. Correttamente però il Collegio peritale ha ritenuto di evidenziarla, per due sostanziali ragioni.

La prima è che essa consente l'interpretazione del punto 1 e porta l'aereo ipotizzato a trovarsi in coincidenza spazio/temporale con il DC9 al punto 0.

La seconda è la corrispondenza con le simulazioni di intercettazione effettuate dal Collegio BLASI nel 1985 a opera di un F104. Va sottolineato che non è possibile pretendere l'assoluta identità di condizioni. Basti pensare che è stato sufficiente che l'intercettazione avvenisse a poche Miglia oltre il punto dell'incidente perché gli estrattori del MARCONI rivelassero l'aereo militare con percentuale bassissima e addirittura non lo rilevassero affatto per un lungo tratto. Nella seconda prova di intercettazione, a distanza più prossima a quella ove avvenne il disastro, il MARCONI ebbe una percentuale di detezione del caccia del 20.5% delle battute (estrattore 1) e del 17.9% (estrattore 2). Si tratta di risultati non identici, ma sicuramente compatibili con quelli risultanti dai nastri di Fiumicino/Ciampino, sia nell'ipotesi che si considerino solo i *plots* -17 e -12, sia che si consideri l'intera traiettoria ipotizzata; le differenze possono essere giustificate con diverse condizioni (anche modeste) di distanza e propagazione e con superfici equivalenti dell'aereo "reale" diverse da quella dell'F104¹⁹⁴.

Si sottolinea, inoltre, che i *plots* considerati sono proprio quelli che portarono alle ricerche nella zona D e quindi al recupero del serbatoio sub - alare.

Insomma, per contrastare l'ipotesi della presenza di un secondo aereo, quale emergente dai dati radar e quale, infatti, ritenuta da tutti coloro che esaminarono i tracciati senza aver ipotizzato modalità di funzionamento diverse del radar, è necessario accettare che i fenomeni di spostamento azimutale o di spezzamento o

¹⁹⁴ Si riproduce la Fig. VIII - 10 della Perizia SANTINI, ben esplicativa dell'ipotesi considerata (va precisato che in essa non sono rappresentati alcuni *plots*, pure facenti parte della rotta del primo aereo, per ragioni di chiarezza rappresentativa).

di mascheramento dei *plots*, derivanti dalle logiche di funzionamento degli apparati in presenza di oggetti interferenti, si siano per mera causalità dislocati ai limiti massimi (e oltre) ipotizzati e che lo spostamento dell'allineamento al Nord geografico dell'antenna Marconi fosse superiore a quello accertato quando si procedette al nuovo allineamento.

Non si riesce davvero a comprendere come il Collegio peritale abbia potuto concludere il paragrafo 9.9 (*compatibilità dei dati radar con uno o più aerei prossimi al DC9 I-Tigi nel momento dell'incidente*) con l'affermazione che l'ipotesi della presenza di un secondo aereo "è senza meno compatibile con i dati radar, ma per certo non sono i dati radar a suggerirla".

Non sarebbe stato più corrispondente alla realtà dei fatti e dei processi logici seguiti dal Collegio peritale, *rovesciare* detta affermazione?

Non è forse vero che quell'ipotesi è *suggerita* dai dati radar, ma che è anche possibile costruire ipotesi diverse, compatibili con quello stesso scenario, sia pure a prezzo di gravi forzature delle premesse di fatto?

Si osservò il 28 settembre 1994:

"Non vi sono osservazioni di rilievo per ciò che concerne le analisi definite di primo livello: la ricostruzione delle modalità di separazione dei diversi elementi della struttura è - come s'è detto - convincente ed esposta con chiarezza. Anche per ciò che concerne l'interpretazione dei dati radar non vi sono questioni particolari; l'esame delle diverse possibilità prospettate sarà dunque oggetto delle requisitorie conclusive.

L'unico punto che richiede un chiarimento è costituito dall'interpretazione di tutti i *plots* a partire dal punto 0 come echi di parti del relitto. La ricostruzione dei *plots* radar come echi di parti del DC9 presuppone che i fenomeni di spostamento azimutale dei *plots* rispetto alla posizione effettiva degli oggetti che li generarono siano avvenuti ai limiti massimi di tolleranza del sistema. Per altro verso, la probabilità di interpretare come falsi *plots* quelli - 17 e - 12 è assai bassa (10 alla meno 5). Di conseguenza, l'ipotesi di ricostruzione dello scenario radar che esclude la presenza di un aereo intersecante la rotta del DC9 si fonda su elementi che in realtà hanno - già singolarmente considerati - ben scarse possibilità di essersi verificati. Ci si chiede allora quale sia la probabilità che essi si siano verificati in coincidenza tra loro."

A queste osservazioni il Collegio peritale non ha opposto alcuna obiezione, limitandosi a rimarcare di non avere escluso la possibilità che gli echi -17 e -12 fossero interpretabili come ritorni di un secondo aereo e correlabili con altri, successivi al punto 0, ma di avere solo ritenuto che per affermare come vera tale ipotesi e' necessario provare aliunde l'esistenza di un tale aereo.

Per la verità questo appare un ben singolare modo di argomentare. Non si era infatti chiesto di scegliere tra le due ipotesi, ma di chiarire se fosse prospettabile, con pretesa di fondatezza scientifica, che gli spostamenti azimutali determinati dalle modalità di funzionamento del radar si disponessero, quelli rilevanti ai nostri fini, tutti nel medesimo verso e tutti al limite massimo di tolleranza, astrattamente individuato. Se vi è una ragione che può spiegare questo fenomeno (che è naturalmente ignota al Pubblico Ministero e al giudice, in perenne lotta tra l'essere, per definizione, profani nelle scienze e periti dei periti al momento della valutazione) essa va illustrata. Se non vi è, va dato conto della scelta per una così improbabile ipotesi, rispetto a quella subito evidente.

Le ragioni di questa scelta possono legittimamente esser trovate nella incompatibilità dell'interpretazione apparentemente più fondata con gli altri risultati dell'indagine scientifica, che invece appaiono compatibili con l'interpretazione apparentemente meno accettabile, ma ciò va riconosciuto senza infingimenti, al fine di consentire al Giudice un serio controllo delle motivazioni delle conclusioni del Collegio. In altre parole, può ben ammettersi che, in assenza di qualsivoglia altro elemento indicante il coinvolgimento nei fatti di un secondo aereo, e in presenza di prove evidenti di un'esplosione interna, si ipotizzi che debba accettarsi la meno probabile delle due ipotesi; ma ciò va esposto con chiarezza.

Resta, comunque, appurato (sia pure entro limiti che non si condividono) che una serie di *plots*, comprendente -17 e -12 e almeno 8a, 9a, 12, 13a e 19, non ben spiegabili altrimenti, sono compatibili con la traiettoria di un secondo aereo, intersecante la rotta del DC9 al punto 0; se fosse raggiunta la prova dell'esistenza di un secondo aereo, tale sarebbe anzi la più plausibile delle interpretazioni.

II. 14. La possibilità della presenza di un secondo aereo. Calcolo delle probabilità e ragionamento indiziario.

L'esame della distribuzione dei *plots* intorno al luogo dell'incidente fa emergere subito, anche per il profano, una "singolare coincidenza" e cioè l'esistenza di echi radar di solo primario che sono immediatamente ricollegabili all'ultimo ritorno di