Corso di Elettrotecnica V.O. Corso di Laurea di Ingegneria Aerospaziale a.a. 2001-2002

# Effetti elettromagnetici della fulminazione di aeromobili

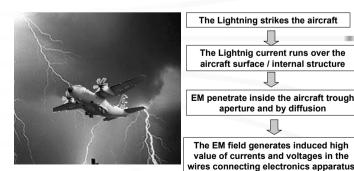
Prof. M.S. Sarto

- Fulminazione diretta: il fulmine colpisce direttamente l'aeromobile
  - **Effetti diretti:** sono gli effetti distruttivi di natura termica e meccanica prodotti dall'iniezione della corrente di fulmine
  - **Effetti indiretti:** sono gli effetti indotti dal campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine sul sistema di cablaggio a bordo dell'aeromobile.
- Fulminazione indiretta: il fulmine non colpisce direttamente l'aeromobile
  - **Effetti indiretti:** sono gli effetti indotti dal campo elettromagnetico prodotto dalla corrente di fulmine sul sistema di cablaggio a bordo dell'aeromobile.



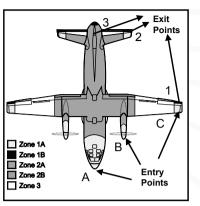
The Aircraft became part of the lightning channel

### Effetti indiretti della fulminazione diretta



Verify value of V and I induced by the lightning on the wires near the apparatus do not overcame the limit of immunity of the equipment compromising aircraft safety

# Punti di ingresso e di uscita della corrente di fulmine



E' necessario definire i punti nei quali si verifica la maggiore probabilità di ingresso e di uscita della corrente di fulmine



ZONING

5

La predizione degli effetti indotti dalla fulminazione diretta mediante simulazione richiede:

- l'accurata modellizzazione dell'aeromobile e la definizione del modello equivalente digitale;
- il calcolo della distribuzione di campo elettromagnetico prodotto all'interno e all'esterno dell'aeromobile dalla fulminazione;
- il calcolo delle tensioni e correnti indotte nelle matasse di cavi a bordo dell'aeromobile, eccitati dal campo elettromagnetico irradiato dalla scarica.

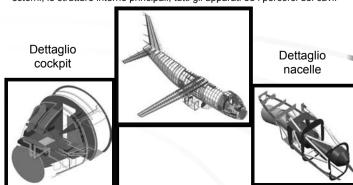
La certificazione di un aeromobile agli effetti indiretti della fulminazione diretta può essere eseguita mediante prove sperimentali o mediante simulazioni.

Le tensioni indotte a vuoto e le correnti indotte in corto circuito alle porte della rete connesse ad apparati critici devono risultare inferiori (coefficiente di sicurezza pari a 3) dei limiti di immunità degli apparati stessi.

I limiti di immunità degli apparati sono forniti dal costruttore e verificati mediante prove e test standard EMC.

### **MODELLO CAD CATIA**

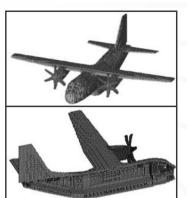
Il modello CATIA dell'aeromobile include tutti i dettagli geometrici interni ed esterni, le strutture interne principali, tutti gli apparati ed i percorsi dei cavi.

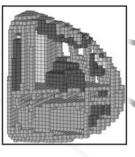


7

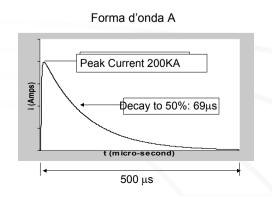
### **DISCRETIZZAZIONE SPAZIALE**

Dal modello digitale dell'aeromobile, si definisce la struttura discretizzata mediante una griglia spaziale con celle cubiche.





- · Simulazione del canale di fulmine.
- · Forme d'onda standard:

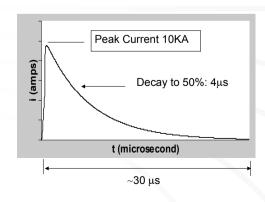


# CALCOLO DELLA DISTRIBUZIONE DI CAMPO ELETTROMAGNETICO

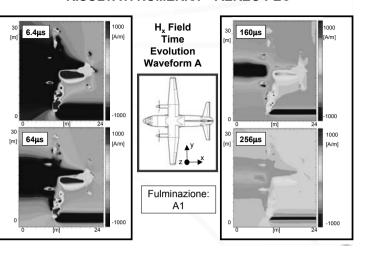
- Tecnica numerica FDTD (differenze finite nel dominio del tempo) per il calcolo della soluzione delle equazioni di Maxwell nel dominio 3D.
- · Discretizzazione spaziale con celle cubiche di 10 cm.
- · Passo di discretizzazione temporale di 0.0167 ns.
- L'analisi dell'intero transitorio richiede milioni di iterazioni temporali.
- Modelli per la simulazione di: materiali compositi multistrato (CFC, GFRP, honey-comb, etc.), alluminio (spessore di circa 1 mm - 2 mm), titanio, giunti tra parti in composito e in alluminio, fessure sottili, etc.

10

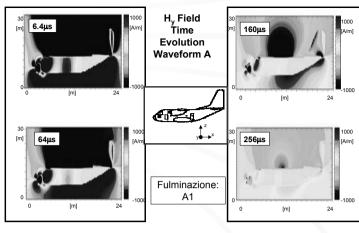
### Forma d'onda H



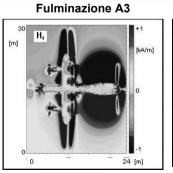
### **RISULTATI NUMERICI – AEREO PEC**



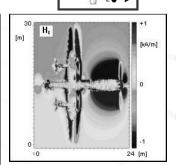
### **RISULTATI NUMERICI – AEREO PEC**



### **RISULTATI NUMERICI** aereo in alluminio e composito Forma d'onda A



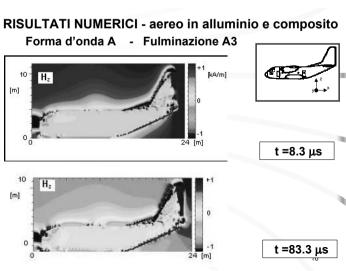
t =8.3 μs



t =83.3 μs

# 10

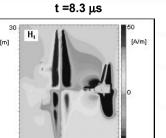
[m]



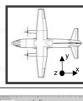
### RISULTATI NUMERICI aereo in alluminio e composito

24 [m]

Forma d'onda H



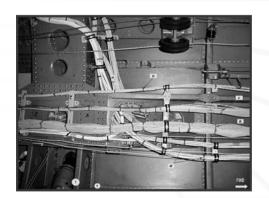




24 [m] Fulminazione: 17

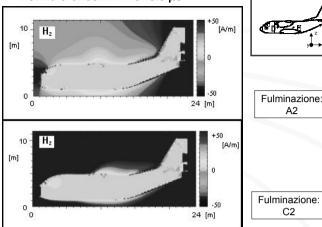
C2

## **EFFETTI INDOTTI NELLE MATASSE DI FASCI DI CAVI**



### RISULTATI NUMERICI - aereo in alluminio e composito

Forma d'onda H - t =8.3 µs



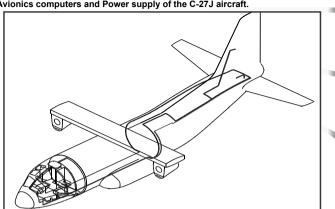
### CARATTERISTICHE DELLA RETE DI CAVI A **BORDO DEL C-27J**

- ◆La rete elettrica a bordo del C-27J è costituita da circa 12000-17000 cavi, raccolti in numerosi fasci (circa 300-500).
- ◆Sono presenti diversi tipi di cavi: schermati, non schermati, con uno o più conduttori all'interno (fino a quattro), con due schermi metallici.
- ♦I cavi sono classificati in base alla loro funzione EMC in: suscettibili, emittenti, radio-audio, data-bus, di potenza. Cavi della stessa tipologia sono raccolti in matasse mediante fascettatura in plastica, guaina di protezione meccanica in gomma termorestringente, schemo metallico.
- ◆La configurazione installativa delle matasse è complessa.

19

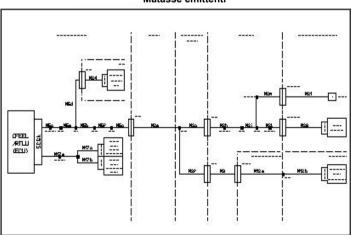
### **RETE Q-FEEL**

It connects the *Q-FEEL Computer (ECU)*, placed near the tail cone (Rear Fuselage), to the *Trim Elevator Tail Control Panel*, Colour Multifunction Display, Avionics computers and Power supply of the C-27J aircraft.

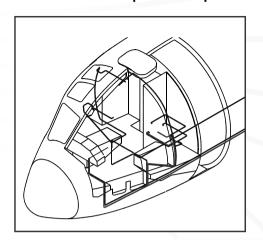


### SCHEMA A BLOCCHI DI RETE Q-FEEL

Matasse emittenti

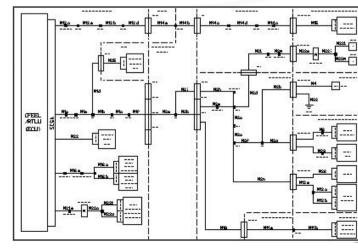


### Particolare cockpit di rete q-feel:

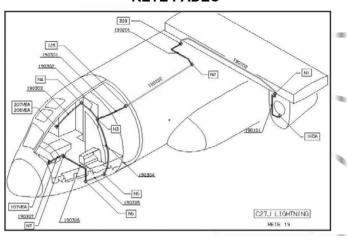


22

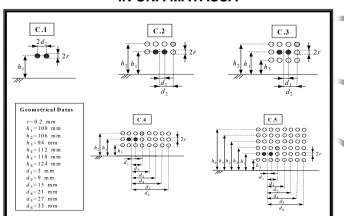
### Matasse suscettibili



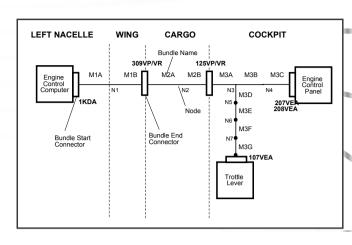
### RETE FADEC



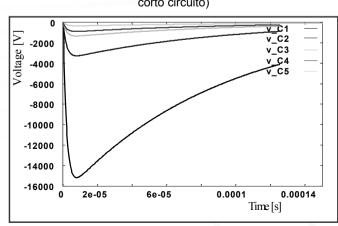
### EFFETTO SCHERMANTE DI CONDUTTORI IN UNA MATASSA



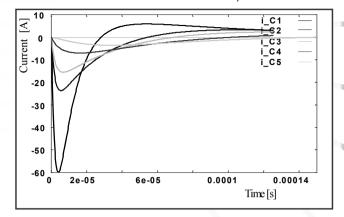
### SCHEMA A BLOCCHI DI RETE FADEC



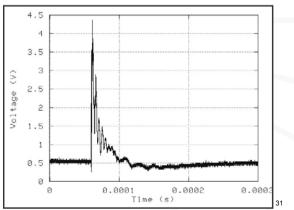
# Tensioni indotte a vuoto (con conduttori della matassa in corto circuito)



# Correnti indotte in corto circuito (con conduttori della matassa in corto circuito)



# TENSIONI INDOTTE SU UN FASCIO DI CAVI A VUOTO ALL'INTERNO DEL C-27J



### CORRENTI INDOTTE SU UN FASCIO DI CAVI IN CORTO CIRCUITO ALL'INTERNO DEL C-27J

