

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Relazione per la prova finale
***AirFrance 296: analisi dell'incidente e
computazione dei parametri
dinamici***

Tutor universitario: Prof. G. Colombatti

Laureando: *Rasith Fernando* (2044188)

Padova, 10/09/2024

Aeromobile

Airbus A320
Immatricolato F-GFKC
Operato da AirFrance

Data e Luogo dell'Incidente

26.06.1988
Bosco adiacente alla pista 34R
Aeroporto di Mulhouse-Habsheim
(Francia)

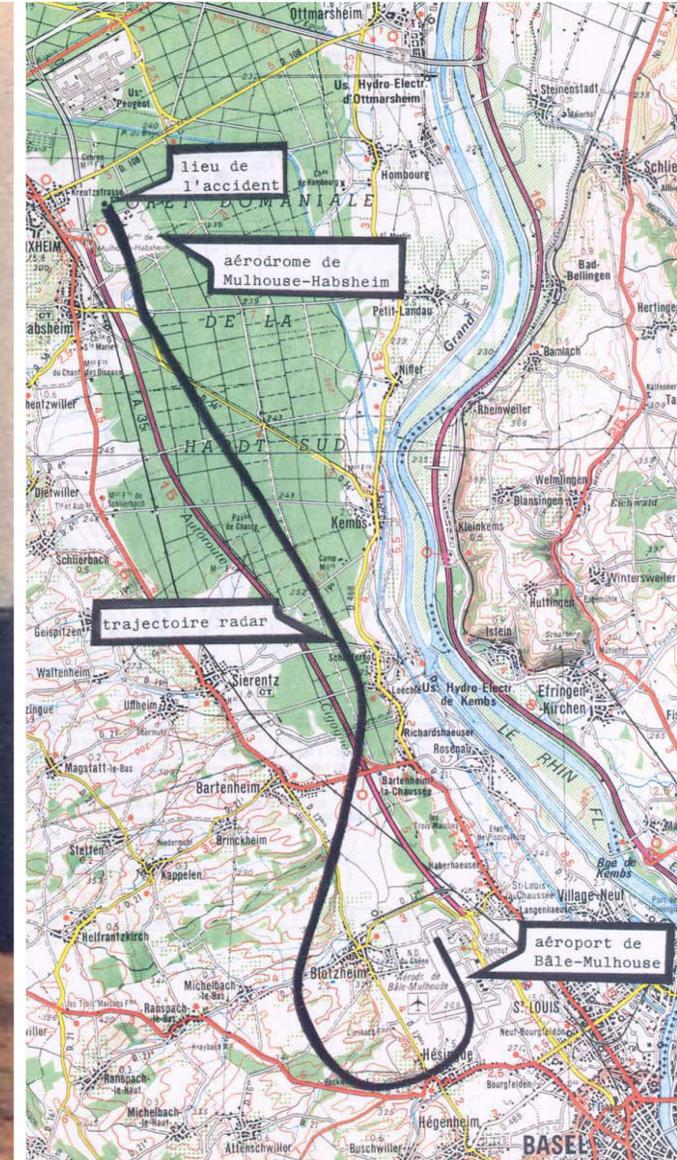
Tipo di Volo

Volo dimostrativo (con
passeggeri) e sorvolo a
bassa quota per airshow

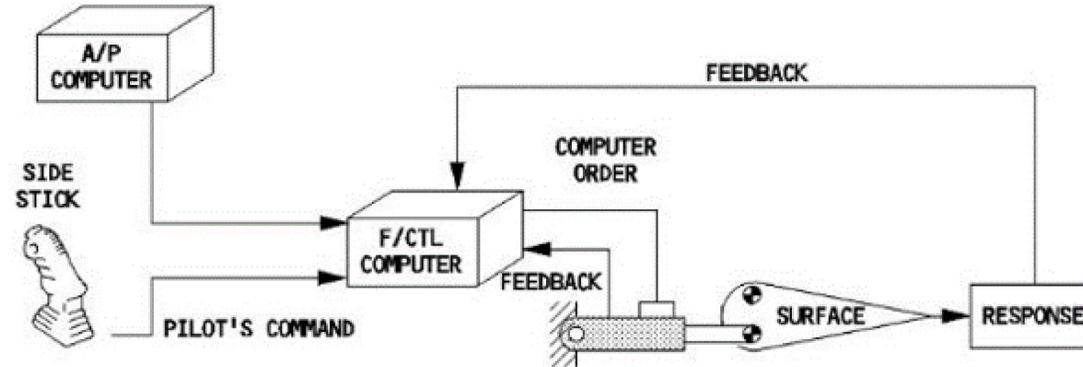
Conseguenze

| | Deceduti | Feriti | Illesi | Totali |
|------------|----------|--------|--------|--------|
| Equipaggio | - | 2 | 4 | 6 |
| Passeggeri | 3 | 34 | 93 | 130 |
| Terzi | - | - | - | - |





- ✈ Il Fly-by-wire (FBW) è un sistema di controllo di volo che prevede una serie di computer di bordo per elaborare gli input forniti dai comandi dei piloti e inviare relativi segnali digitali agli attuatori delle superfici di controllo.



- ✈ La funzione principale del FBW è minimizzare l'errore umano modificando le richieste dei piloti che possono esporre l'aeromobile a pericolo attraverso una serie di protezioni.
- ✈ Tra le protezioni del FBW spiccano:
 - ❑ Alpha Floor: protezione che prevede l'applicazione automatica della spinta TOGA (take off go around) quando l'angolo d'attacco (AOA) raggiunge i 15° a quote superiori a 100 ft. Può essere disattivata dai piloti.
 - ❑ Alpha Prot: protezione che impedisce il raggiungimento di un AOA pari a $17,5^{\circ}$, in modo da avere sempre sufficiente margine per evitare lo stallo. Non può essere disattivato.

1. PREPARAZIONE DEL VOLO CARENTE

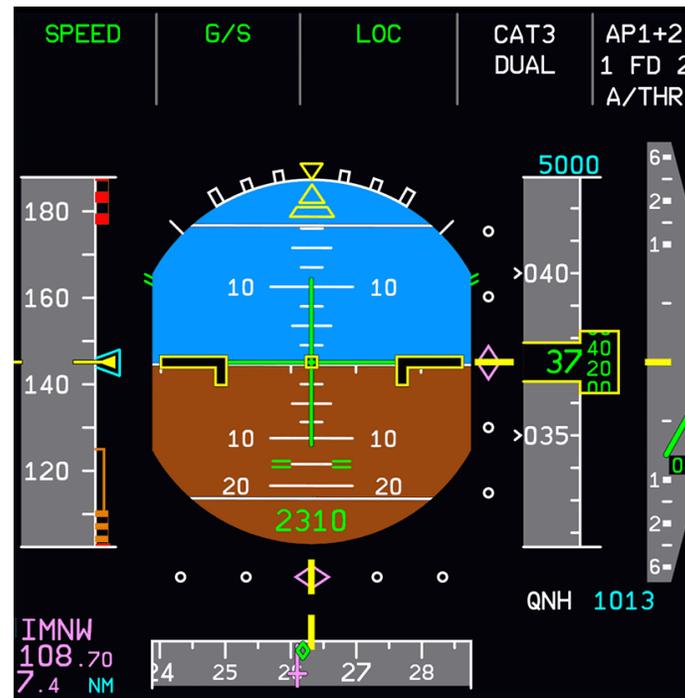
Manovra Pianificata: sorvolo a bassa quota (100 ft.) con manovra alpha max, volo livellato con AOA massimo (prossimo a quello dello stallo), con flap in posizione 3 e carrello abbassato.

Manovra ben definita, ma dall'interrogatorio del capitano sono emersi alcuni dettagli di notevole importanza.

- ✈ Allineamento in ritardo con una manovra imprevista a causa dell'errata segnalazione della pista. Il pubblico che, secondo i documenti forniti da AirFrance, doveva essere disposto lungo la pista cementata 02, era invece ai lati della pista erbosa 34R.
- ✈ Nessun briefing è stato condotto con gli organizzatori dell'evento.
- ✈ Nessun volo di ricognizione è stato effettuato nonostante la non familiarità dell'area dei piloti.
- ✈ Altitudine minima non conforme alla regolamentazione nazionale.

2. ERRORE RADIO-ALTIMETRO

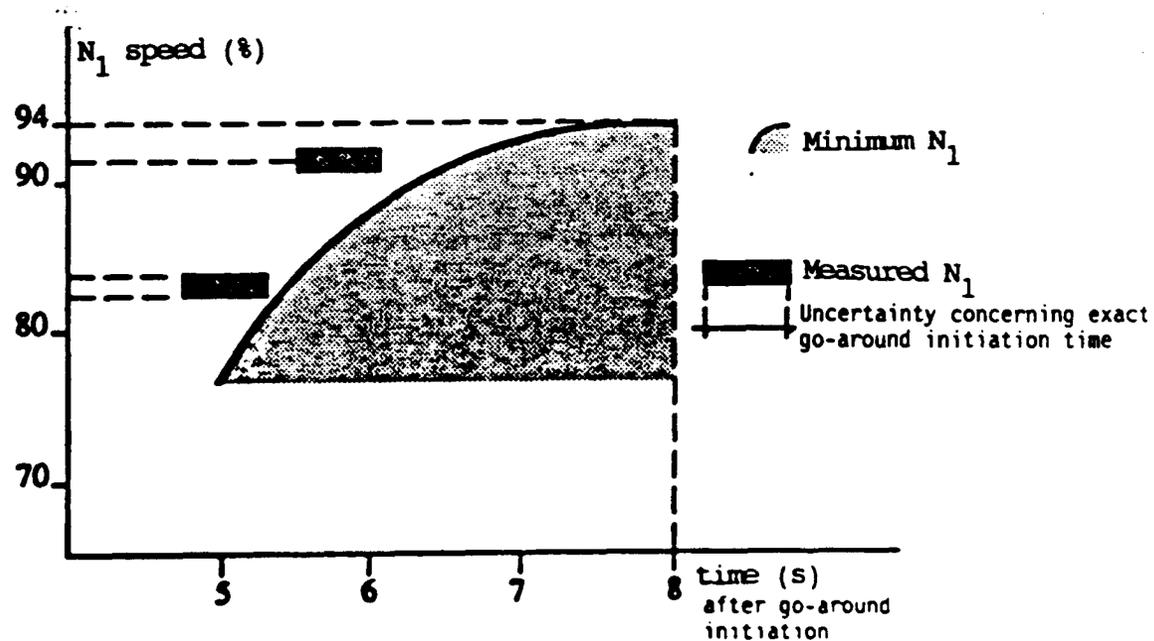
- ✈ La ricostruzione degli ultimi istanti del volo, attraverso i dati della scatola nera, dimostra che i piloti non abbiano rispettato l'altitudine minima prestabilita.
- ✈ Un dato fondamentale come l'altitudine viene fornito attraverso strumenti diversi con principi di funzionamento diverso.



- ✈ Dai dati del DFDR (digital flight data recorder) e CVR (cockpit voice recorder) è possibile confermare che tutti gli altimetri erano operati e fornivano dati corretti.

3. DIFETTO MOTORE

- ✈ Il fallimento della procedura TOGA porta a mettere in dubbio il corretto funzionamento dei motori dell'A320.
 - ❑ Emerge un documento di Airbus che segnala un difetto dei motori a bassa quota
- ✈ I dati del DFDR e in particolare l'analisi spettrale del rumore delle registrazioni dimostrano invece che i motori abbiano operato all'interno della loro caratteristica nominale.

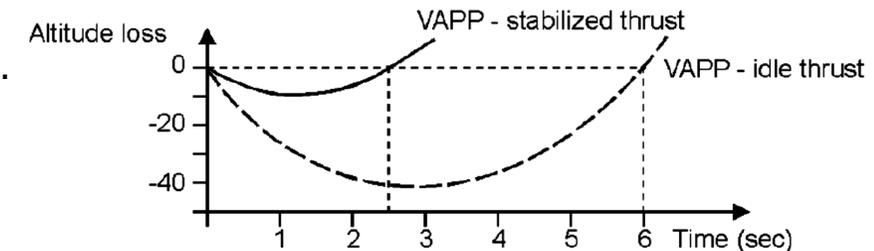
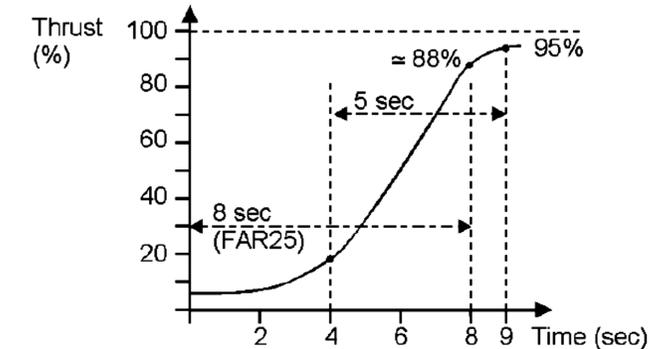


4. ALPHA PROT

Il fallimento del comando a cabrare finale può essere attribuito principalmente a due fattori:

1. Caratteristiche della manovra TOGA

- ✓ I motori garantiscono un'accelerazione dal 15 % al 95 % della potenza TOGA in un tempo max di 5 secondi.
- ✓ La struttura garantisce un climb gradient di 3,2 % entro 8 secondi.
- ✈ Il pilota che esegue una procedura TOGA deve tenere conto di una perdita di quota iniziale. Tale perdita è maggiore se la spinta a inizio TOGA è prossima all'idle (minima).



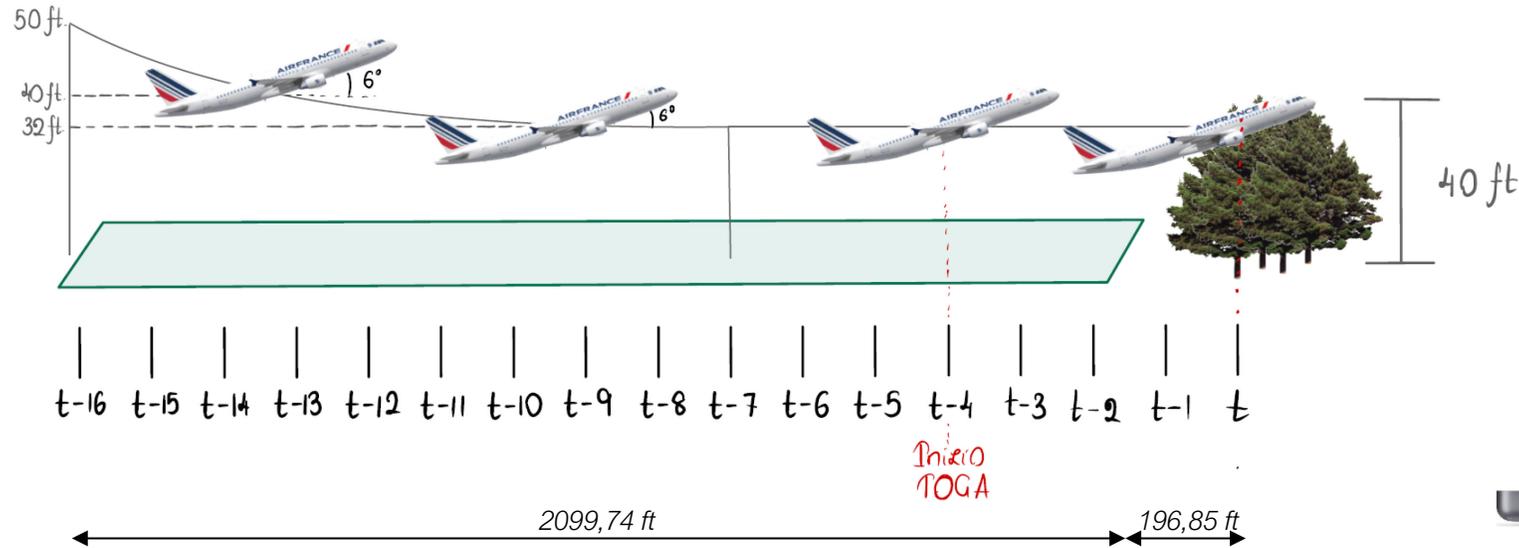
2. La protezione alpha prot

- ✓ L'alpha prot evita che l'aeromobile vada in stallo. Perciò, anche se il pilota dà il comando a cabrare tale comando può essere contrastato.
- ✈ Nel caso del volo 296, l'aereo, al momento dell'inizio del Go around, era a bassa velocità, potenza minima e ad alpha max (AOA max). Perciò, il comando a cabrare avrebbe portato a una condizione di stallo con un conseguenze ben più tragiche.

CONDIZIONI REALI

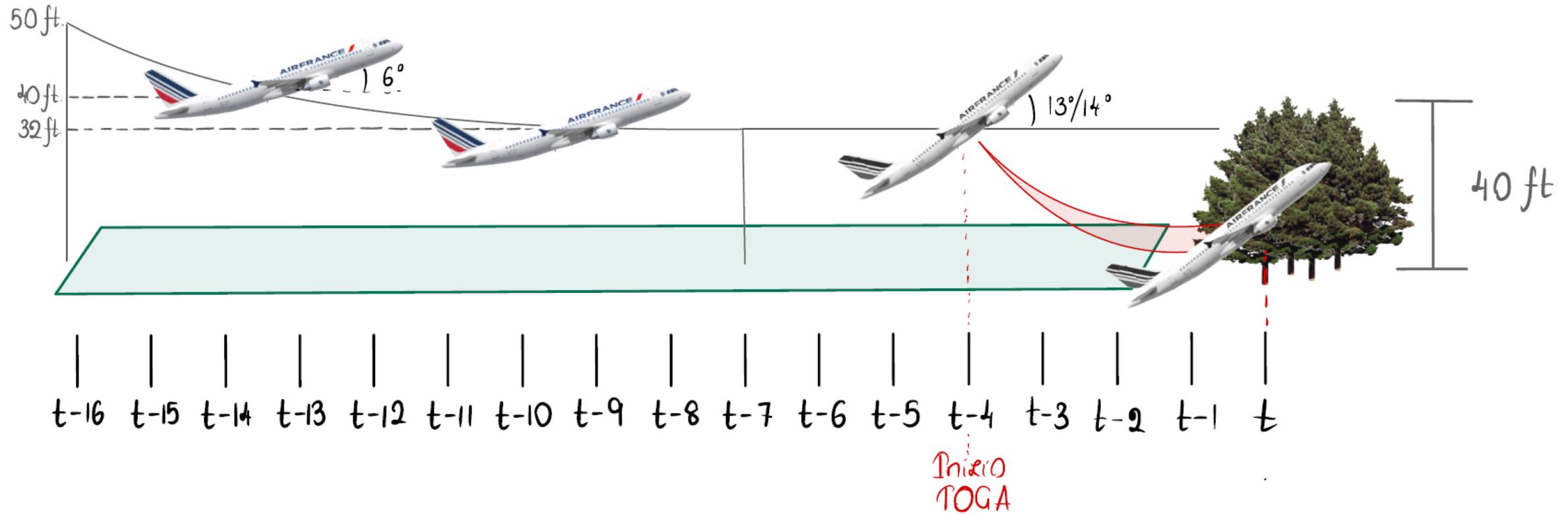
- ✈ La velocità del velivolo è stata determinata attraverso una media temporale delle velocità negli ultimi istanti di volo, ottenuti dal DFDR.

$$V_{media} = 137,11 \text{ kts}$$

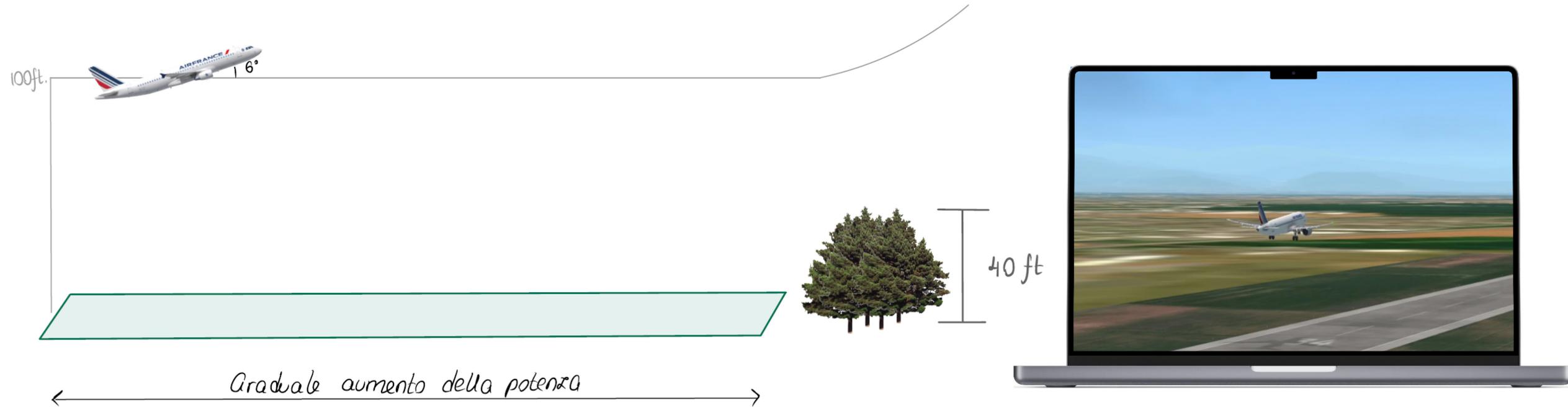


CONDIZIONI REALI

✈ In caso di assenza dell'Alpha Prot



CONDIZIONI NOMINALI



CAUSE

- ✈ Errore umano dei piloti
 - ✓ Mancato rispetto delle minime di altitudine
 - ✓ Velocità troppo bassa
 - ✓ TOGA applicata troppo tardi
 - ✓ Pilota si è affidato eccessivamente ai sistemi di protezione
- ✈ Preparazione del volo carente e approssimativo

RACCOMANDAZIONI

- ✈ La minima altitudine per sorvoli deve essere conforme alle norme nazionali (170 ft.)
- ✈ Voli dimostrativi devono essere eseguiti senza passeggeri
- ✈ Voli dimostrativi devono essere eseguiti da piloti con l'appropriato addestramento
- ✈ Preparazione dei piani di volo con sufficiente anticipo, briefing con autorità competenti e ricognizione area di volo (se possibile anche voli di prova).

Tutti i dati utilizzati sono stati presi dalle registrazioni delle scatole nere e interrogatori ufficiali riportati nelle relazioni finali degli investigatori della BEA (*Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile*)

✈ <https://bea.aero/en/investigation-reports/notified-events/detail/le-26-juin-1988-la320-f-gfkc-de-la-compagnie-nationale-air-france-devait-effectuer-pour-le-compte/>

Simulazioni condotte su RFS professional simulator usando i dati aeronautici e ambientali del report ufficiale.