



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 1



## COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 2

---

## INDICE

LISTA DELLE REVISIONI.....	3
1 INTRODUZIONE .....	4
2 LA PERDITA DI COSCIENZA IN VOLO E LA PROTEZIONE DEGLI EQUIPAGGI ESPOSTI AD ACCELERAZIONI +Gz INTENSE E PROTRATTE .....	5
2.1 Introduzione.....	5
2.2 Alcuni casi segnalati in letteratura .....	5
2.3 Fisica Delle Accelerazioni.....	6
2.4 Tipi e caratteristiche fondamentali delle accelerazioni .....	8
2.5 Effetti fisiologici.....	10
2.5.1 Effetti sull'apparato cardiovascolare .....	10
2.5.2 Effetti sull'apparato respiratorio .....	13
2.5.3 Effetti sulla visione e sul sistema nervoso centrale.....	13
2.5.4 Tolleranza dell'uomo ai +Gz.....	14
2.5.5 La glicemia .....	14
2.5.6 L'età.....	14
2.5.7 Il "G" Onset .....	14
2.5.8 La perdita di coscienza in volo .....	15
2.6 Metodi per aumentare la tolleranza alle accelerazioni + Gz .....	16
2.6.1 Manovre M1 ed L1 .....	16
2.6.2 Seggiolini inclinati od inclinabili.....	18
2.6.3 Esercizi fisici .....	18
2.6.4 Allenamento in centrifuga .....	19
2.6.5 Respirazione a pressione positiva .....	19
2.6.6 Uso dei farmaci .....	20
2.7 Controllo e gestione on line di parametri psicofisiologici .....	20
2.8 Conclusioni.....	20
2.9 N.d.R. ....	20
3 LE VIRATE SCIVOLATE E DEPARATE: VI SONO DUBBI NEL PREFERIRE LE PRIME?.....	22
4 "L'INVILUPPO DI VOLO": E' CHIARO A TUTTI DI CHE SI TRATTA?.....	25
4.1 Che cos'è l'inviluppo di volo?.....	25
5 VITI: ALCUNE PAROLE SU COME, PERCHÈ E COSA FARE .....	30
5.1 Lessico.....	30
5.2 Determinazione della vite .....	31
5.3 Rimessa normale .....	34
5.4 Rimessa in extremis.....	36
5.5 Riconoscere la rimessa .....	36
5.6 Addestramento .....	36
5.7 Transizione.....	36
5.8 Attenzione! .....	37
5.9 Conclusioni.....	37
6 PERCHÈ I CAP 10 SI SPACCANO IN VOLO? .....	38
7 QUANDO L'ATTUALITA' VOLGE AL DRAMMA.....	40
8 PSICOSI CAP-10.....	42
8.1 Cos'è successo a Chateau-Thierry?.....	43
9 DOSSIER CAP-10: -3 O -4,5g?.....	45



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 3

---

## LISTA DELLE REVISIONI

NUMERO	AUTORE	PAGINE MODIFICATE	MOTIVO DELLA MODIFICA	DATA EMISSIONE
1	L. Salvadori (a cura di)	-	Prima emissione del documento	Gennaio 2004



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 4

---

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento è una raccolta di brani apparsi su pubblicazioni italiane ed estere a proposito di vari aspetti dell'acrobazia aerea, sia sportiva che militare.

Gli argomenti trattati costituiscono un interessante approfondimento a quanto trattato nel corso di abilitazione al volo acrobatico, con particolare riferimento alla medicina aeronautica ed alle tecniche di pilotaggio in condizioni estreme.

I brani sono riprodotti citandone la fonte.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 5

---

## 2 LA PERDITA DI COSCIENZA IN VOLO E LA PROTEZIONE DEGLI EQUIPAGGI ESPOSTI AD ACCELERAZIONI +Gz INTENSE E PROTRATTE

Magg. CSA Silvio Porcù (Da "Sicurezza del Volo, Supplemento 1985")

### 2.1 Introduzione

Già nei primi anni del volo con velivoli militari fu segnalata l'insorgenza del fenomeno della visione grigia e della visione nera in relazione a particolari manovre di volo che comportavano intense accelerazioni del tipo Gz. Gli studi sugli effetti delle accelerazioni sul corpo umano subirono poi il notevole incremento a seguito delle necessità belliche della seconda guerra mondiale, con l'affermarsi di velivoli dotati di caratteristiche di manovrabilità e di velocità sempre più elevate. Di nuovo oggi si assiste ad un rinnovato interesse scientifico ed applicativo per il tema delle accelerazioni ed in particolare per le accelerazioni intense e protratte di più frequente riscontro nel corso di manovre acrobatiche e nel combattimento aereo con velivoli militari. Nei più moderni aerei da combattimento - quali il Mc Donnell Douglas, F-15, il General Dynamics F-16, il Northrop F20 TIGERSHARK, il Mirage 2000, ed il caccia europeo degli anni novanta EFA - vengono raggiunti in tempi brevissimi fattori di carico molto elevati con esposizione oltre i +6Gz, ed anche oltre i +9Gz, per periodi più lunghi di 15 secondi - "HIGH SUSTAINED Gz" (HSG) - e con valori di "G" ONSET > 3G/Sec ed anche dell'ordine di 7-8 G/Sec.

Questi velivoli militari hanno oggi un elevato rapporto potenza/peso, un'elevata resistenza delle strutture, ed intrinseche caratteristiche di instabilità, possibili grazie ai sistemi di controllo fly-by-wire assistiti da computer di bordo. L'uomo ed i fattori umani del volo costituiscono così oggi le variabili critiche al fine del raggiungimento dei limiti delle prestazioni operative in condizioni di sicurezza.

### 2.2 Alcuni casi segnalati in letteratura

Per alcuni recenti incidenti di volo, che di seguito si riportano, si ha la ragionevole certezza, od il fondato sospetto, che il fattore causale possa essere stato un fenomeno di perdita di coscienza in volo nel corso di "HSG" o quanto meno una "diminuzione sensibile delle capacità intellettive" che si può manifestare anche come effetto postumo delle accelerazioni subite.

- F15 - Un pilota esperto, dopo aver effettuato un passaggio di bombardamento a 10°, richiamava con assetto 15°-20° a cabrare, il velivolo si rovesciava ed impattava la superficie dell'acqua. Sospetta perdita di coscienza per "G".
- A. 7 - Dopo il 17° passaggio di bombardamento alto angolo, il pilota effettuava una (apparentemente) normale richiamata con ali livellate. Il velivolo impattava 4 miglia oltre il bersaglio con i comandi centralizzati, senza chiamata radio e senza alcun tentativo di lancio. Sospetta perdita di coscienza per "G".
- F. 15 - Nel corso di una missione di combattimento tra un F15 e due F 14, il pilota esperto tentava di effettuare una inversione di virata con assetto molto picchiato ed alta velocità. Si eiettava fuori dall'involupto di volo del seggiolino. Sospetta perdita di coscienza per "G".
- F.15 - Nel corso di una missione di combattimento tra due F15 e due F15, il n. 2 degli F15 effettuava una virata stretta ad alti G con l'assetto molto picchiato ed alta velocità. Il velivolo si schiantava al suolo. Possibile perdita di coscienza per "G".
- F.106 - Nel corso di una missione di combattimento tra un F16 ed un F15 il pilota, a 20.000 piedi, perdeva coscienza a causa dell'alto numero di "G". Il velivolo veniva preso sotto controllo a 10.000, ma aveva perso entrambe le taniche. L'atterraggio avveniva poi regolarmente.
- F.5 - Nel corso di una missione di addestramento congiunto, un F.4 si avvicinava pericolosamente ad un F.5 che, per evitare la collisione, rompeva decisamente. Il pilota dell'F.5 riprendeva coscienza attraversando 10.000 piedi e si eiettava.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 6

- A.10 - Nel corso di una missione di poligono, il pilota effettuava una virata con 70° di inclinazione. Il velivolo impattava dolcemente la superficie dell'acqua senza che avvenisse alcuna comunicazione e senza tentativo di elezione. Possibile perdita di coscienza per "G".
- F.4 - Il n. 2 di una formazione di tre velivoli, nel corso di una missione di ricognizione, notava un'improvvisa accentuazione dell'assetto a picchiare. Il navigatore si eiettava al di fuori dell'involupto del seggiolino. Sospetta perdita di coscienza per "G". Il leader di una formazione, nel corso di un ingaggio, entrava in una virata molto accentuata a destra. Il navigatore si eiettava al di fuori dell'involupto del seggiolino. Il pilota non tentava il lancio. Sospetta perdita di coscienza per "G".
- F.5 - Il pilota di un velivolo AGGRESSOR in orbita a 1.000 piedi effettuava manovre accentuate in cabra-picchia per evitare una collisione innescando la "visione nera". Il velivolo si distruggeva a terra con 30° di picchiata.

Invece di eiettarsi immediatamente, il pilota tentava di rimettere il velivolo in linea di volo e solo quando riusciva ad interrompere la rata di discesa si eiettava.

- F.16 - Un allievo, nel corso di una missione di formazione tattica, tirava 7 "G" in virata sinistra. Il velivolo scendeva di 23.700 piedi. L'istruttore rimetteva il velivolo tirando 9.3 "G". L'allievo ha perso conoscenza per 17 secondi e lo stato confusionale conseguente è durato altri 8/10 secondi. L'anti-G non era stata attaccata.
- F.16 - Un pilota istruttore nel corso di una missione di combattimento effettuava una visita con inclinazione di 135°. Prima dell'impatto aveva tirato 5.7 "G"; Forte sospetto di perdita di coscienza per "G".
- F.16 - Nel corso di una missione di poligono, il leader rompeva a destra per evitare una collisione; impattava 12 secondi dopo. Forte sospetto di perdita di coscienza per "G".
- F.20 - In un volo prova, il pilota, dopo aver toccato i 9G istantanei, aver eseguito virate di 360° in un senso e nell'altro ed essere salito con una strettissima spirale senza uscire dall'area del campo nonostante l'elevata velocità, si apprestava all'atterraggio quando, apparentemente senza alcun motivo o preavviso, impattava col terreno disintegrandosi.

Poiché il fenomeno della perdita di coscienza si presenta per certi versi come un fenomeno già noto e, per altri versi, come un fenomeno del tutto nuovo, si ritiene necessario, per un buon inquadramento del problema, considerare preliminarmente alcuni aspetti fisici più rilevanti relativi alle accelerazioni, passare poi agli effetti fisiologici delle accelerazioni Gz e concludere infine con una rassegna dei metodi di protezione dai +Gz presenti e futuri.

## 2.3 Fisica Delle Accelerazioni

Gli effetti fisiologici sul corpo dovuti alle accelerazioni sono conseguenti a cambiamenti di velocità e/o a cambiamenti di direzione. Da un punto di vista cinematico, un movimento può essere distinto in movimento LINEARE e movimento ANGOLARE. I movimenti lineari, che più direttamente hanno rilevanza per gli effetti del volo sul corpo umano, sono quelli rettilinei. Il movimento di tipo lineare è caratterizzato dallo SPOSTAMENTO LINEARE rispetto ad un punto di riferimento: esso è una grandezza vettoriale caratterizzato da una ampiezza e da una direzione. Se, in un certo intervallo di tempo  $\Delta t$ , si ha uno spostamento di un mobile da una posizione S1 ad una posizione S2, si può affermare che la distanza percorsa nell'intervallo  $\Delta t$  è la velocità di quel mobile  $V = (S2 - S1) / \Delta t$ . Il termine italiano velocità può indicare, a seconda dei casi, sia una grandezza vettoriale sia una grandezza scalare caratterizzata soltanto dal valore che si accompagna all'unità di misura (contrariamente ai due termini inglesi VELOCITY e SPEED, che esprimono i due concetti partitamente).

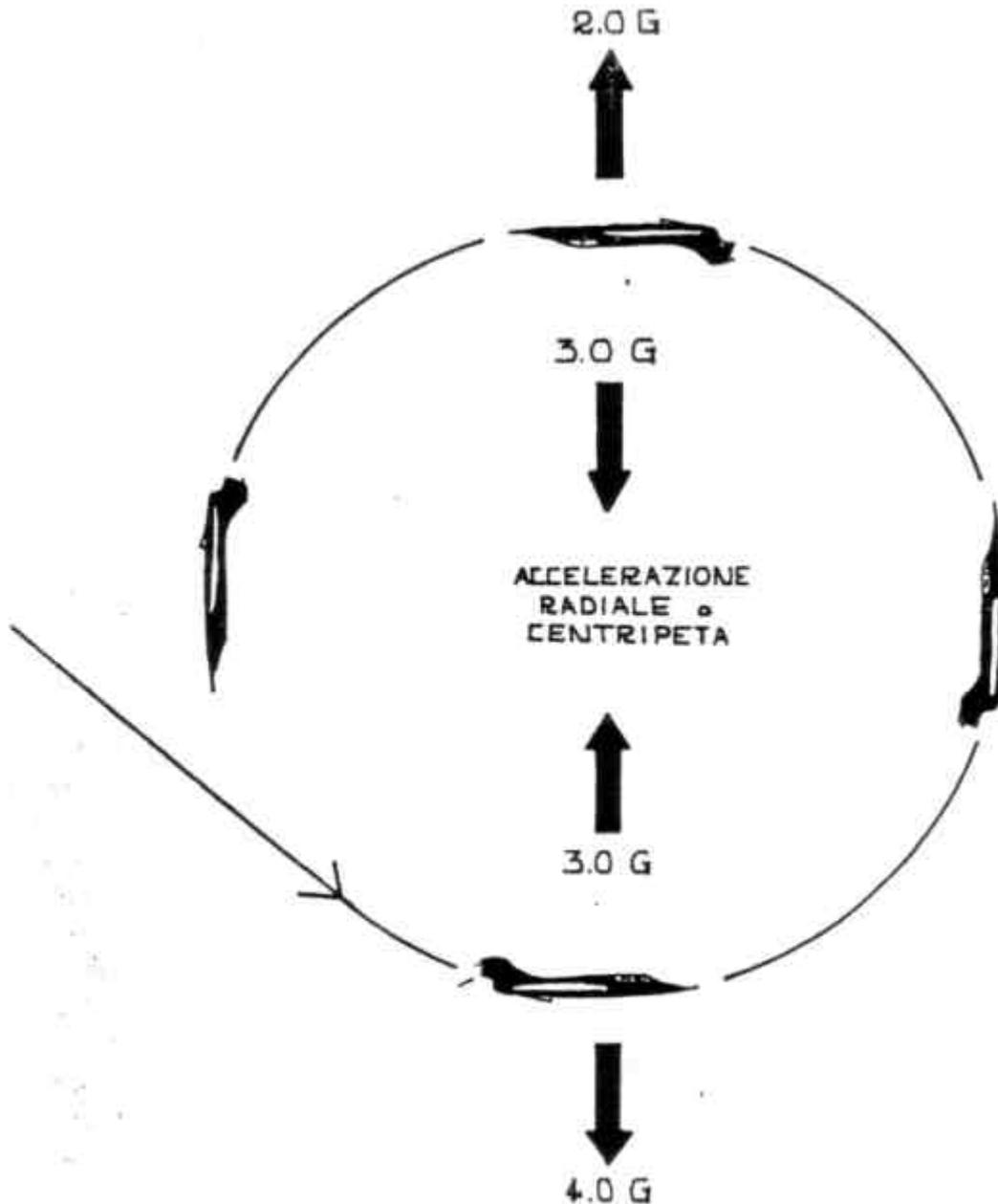
Si ha la velocità lineare istantanea quando l'intervallo  $\Delta t$  è prossimo allo zero (dt); essa è data dalla derivata prima dello spostamento rispetto al tempo (ds/dt). Quando un corpo cambia nel tempo la sua velocità finale (V2) e la velocità iniziale (V1) ed il tempo richiesto ad eseguire quel cambiamento di velocità ( $\Delta t$ ) esprime la ACCELERAZIONE LINEARE MEDIA (a), data da  $a = (V2 - V1) / \Delta t$ , grandezza vettoriale con una sua ampiezza, una sua direzione, un verso. Le unità di misura più usate per l'accelerazione lineare sono i m/sec<sup>2</sup> o i feet/sec<sup>2</sup>. L'accelerazione lineare istantanea è la derivata prima della velocità V (dv/dt). L'ACCELERAZIONE RADIALE è quella accelerazione lineare a cui è sottoposto un corpo in movimento che si sposta a velocità



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 7

costante su di una traiettoria curvilinea, di solito circolare. L'accelerazione è detta radiale od anche centripeta, poichè agisce lungo una linea rappresentata dal raggio della curva ed è diretta verso il centro della curva.



L'accelerazione centripeta è direttamente proporzionale al quadrato della velocità tangenziale ( $V_t$ ) ed inversamente proporzionale al raggio di virata ( $r$ ), cioè  $A_c = (V_t)^2 / r$ .

Questo tipo di accelerazione è di riscontro molto frequente nei velivoli militari durante manovre acrobatiche e durante il combattimento aereo.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

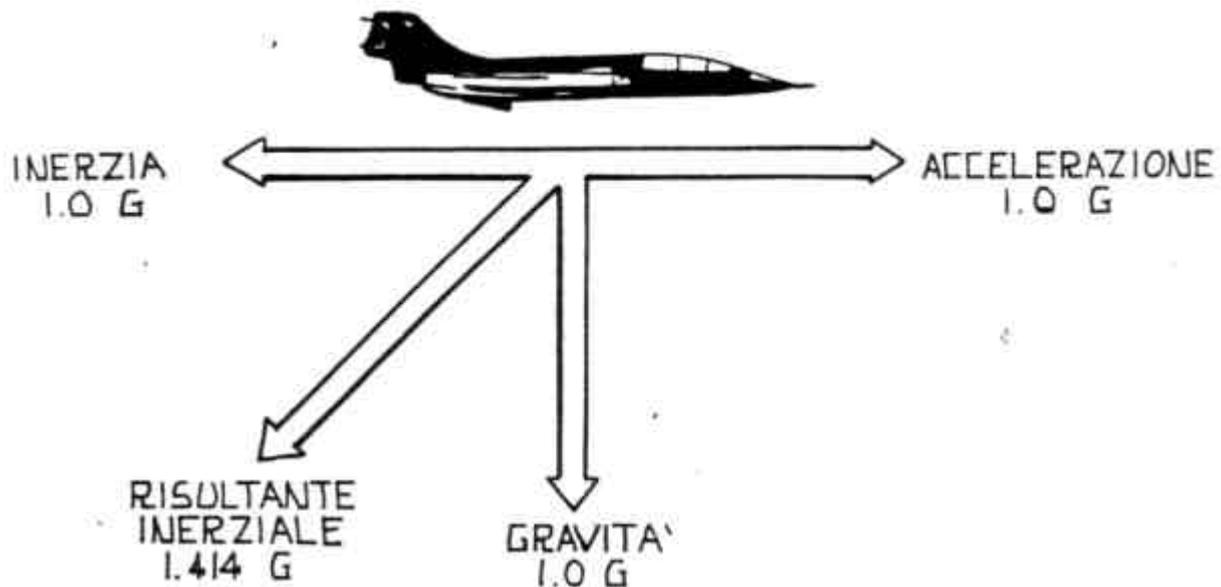
EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 8

## 2.4 Tipi e caratteristiche fondamentali delle accelerazioni

TIPO DI ACCELERAZIONE	VARIAZIONE DI VELOCITÀ NELLO SPOSTAMENTO	VARIAZIONE DI DIREZIONE NELLO SPOSTAMENTO
Lineare	+	0
Radiale	0	+
Angolare	+	+

L'accelerazione centripeta ( $A_c$ ) è direttamente proporzionale al quadrato della velocità tangenziale ( $V_t$ ) ed inversamente proporzionale al raggio di virata ( $r$ ), cioè  $A_c = (V_t)^2 / r$ .

Sempre da un punto di vista cinematico è importante considerare il "rateo" di incremento di una accelerazione, cioè quanto rapidamente si passa da un certo livello di accelerazione ad un altro (in gergo aeronautico è detto "G" ONSET).



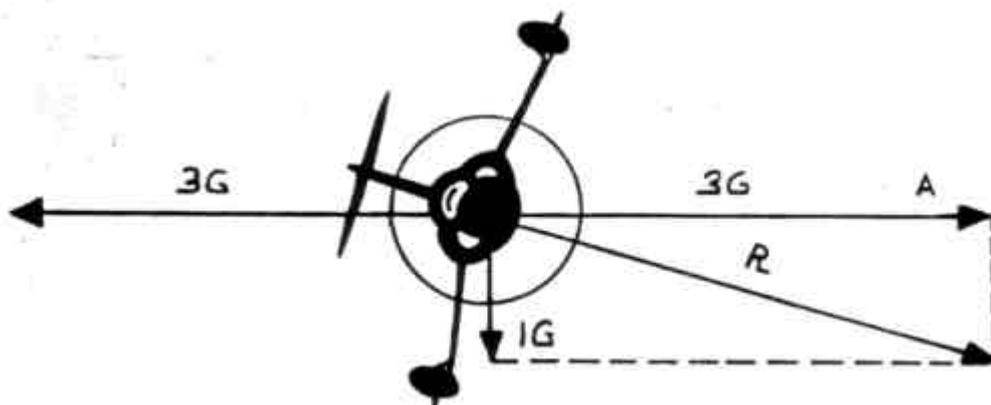
Per una accelerazione lineare si parla anche di "JERK" LINEARE  $J = \Delta a / \Delta t = (a_2 - a_1) / (t_2 - t_1)$ , ove  $a_2$  è l'accelerazione finale al tempo  $t_2$  ed  $a_1$  è l'accelerazione iniziale al tempo  $t_1$ . Il JERK Istantaneo è  $(a = da/dt)$ , la derivata prima dell'accelerazione rispetto al tempo.

Principi di dinamica: forza, inerzia, "g", "G".



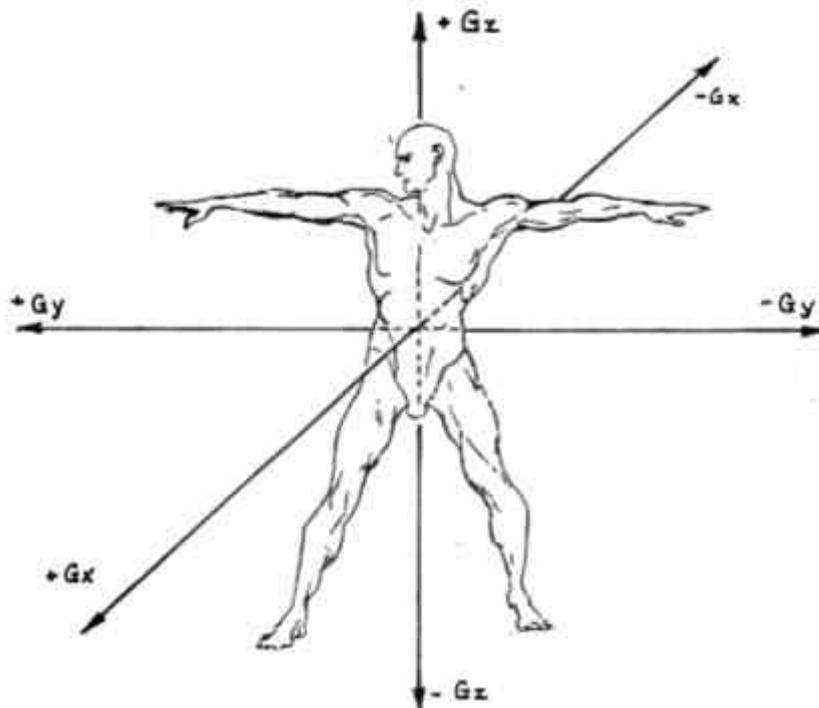
# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 9



La prima legge di Newton esprime il concetto della conservazione dello stato di quiete o di moto di un corpo (un corpo a riposo rimane nel suo stato di riposo ed un corpo in movimento si sposta ad una velocità costante secondo una traiettoria rettilinea a meno che non sia sottoposto all'azione di una forza esterna).

La seconda legge di Newton stabilisce che "quando una forza è applicata su di un corpo, questo è accelerato e l'accelerazione ( $a$ ) è direttamente proporzionale alla forza ed inversamente proporzionale alla massa ( $m$ ) del corpo in movimento  $F = ma$ . Con adeguate sostituzioni matematiche non è difficile considerare le accelerazioni lineari, radiali, angolari anche dal punto di vista delle forze necessarie a produrle.



La terza legge di Newton stabilisce che ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e di senso opposto. Le forze di inerzia possono essere rappresentate come grandezze vettoriali della stessa ampiezza, ma di verso opposto rispetto al verso della forza applicata.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 10

L'unità di misura delle forze che agiscono sull'organismo dell'aviatore è il "g" cioè l'accelerazione dovuta alla gravitazione terrestre  $F_p = mg$ . A livello del mare, alle nostre latitudini 1 "g" = 9,81 m/sec (32.2 feet/sec). Con il simbolo maiuscolo "G" vengono indicati numeri puri che sono il rapporto fra pesi relativi "G" =  $W/W_0$  ove  $W=ma$ ;  $W_0=mg$ ; "G" =  $W/W_0 = ma/mg = a/g$  o può essere interpretato anche, data la costanza delle masse, come il rapporto fra il campo accelerativo ambientale e l'accelerazione standard "g".

La direzione, il verso e l'ampiezza della risultante delle forze inerziali e gravitazionali si ottengono facilmente attraverso il calcolo vettoriale.

L'accelerazione +Gz in esame è descritta con varia terminologia, come risulta dagli schemi seguenti.

DIREZIONE RISPETTO AL CORPO	DIREZIONE DELLA FORZA INERZIALE RISULTANTE	DESCRIZIONE FISIOLGICA	SIMBOLI	DESCRIZIONE IN GERGO
Verso il capo	Testa-piedi	G positivi	+Gz	Occhi giù
Verso i piedi	Piedi-testa	G negativi	-Gz	Occhi su
Verso la fronte	Petto-schiena	G supini	+Gx	Occhi in dentro
Verso il dorso	Schiena-petto	G proni	-Gx	Occhi in fuori
Verso destra	Destra-sinistra	G laterali sin.	+Gy	Occhi a sinistra
Verso sinistra	Sinistra-destra	G laterali dx	-Gy	Occhi a destra

## 2.5 Effetti fisiologici

### 2.5.1 EFFETTI SULL'APPARATO CARDIOVASCOLARE

Gli effetti delle accelerazioni sull'apparato cardiovascolare si possono interpretare tenendo conto che la pressione idrostatica che si esercita in un punto del sistema vascolare è data da  $P = hdg$ , ove "h" è l'altezza della colonna liquida (sangue) che grava sulla verticale in quel punto, "d" la densità del liquido (che si può considerare costante), "g" l'accelerazione di gravità che è il fattore variabile nelle manovre in volo. Il peso della colonna liquida di sangue esistente tra il cuore ed il cervello, di circa 30 cm di altezza in posizione seduta, sotto accelerazione aumenta notevolmente ed è come se ad 1 + Gz la distanza fra cuore e cervello aumentasse proporzionalmente al "G".

Ad esempio a + 5 Gz è come se esistesse una distanza cuore-cervello di 150 cm. C'è infatti chi è ricorso all'esempio della giraffa per schematizzare tale condizione. La giraffa però, a differenza dell'uomo, assicura un buon flusso ematico cerebrale grazie ad una pressione arteriosa a livello del cuore anche di 300 mm di mercurio (mmHg).

Tuttavia durante l'esposizione ai + Gz, non tutti i fenomeni fisiologici sono interpretabili esclusivamente con la legge " $P = hdg$ " poiché esiste una serie di adattamenti di tipo fisiologico che assicurano, con breve di latenza (pochi secondi) ed entro certi limiti di esposizione, una tolleranza del corpo umano ai + Gz. Il flusso cerebrale è in una certa misura assicurato dalle variazioni delle resistenze vascolari e dalla caduta della pressione nelle vene della testa a valori subatmosferici.

Il volume di sangue effettivamente circolante sotto accelerazioni + Gz si riduce in quanto si verifica una raccolta di sangue nelle estremità inferiori del corpo con dilatazione dei vasi venosi (vasi di capacità a parere meno robusta delle arterie).

La caduta della pressione è di per sé stimolo adeguato per un'attivazione adrenergica e noradrenergica riflessa con un aumento della frequenza cardiaca, della forza di contrazione del cuore, della costrizione delle arteriole; altri ormoni direttamente od indirettamente liberati dalla scarica adrenergica od a seguito della stimolazione di taluni recettori specializzati (recettori della pressione parziale dell'ossigeno, della anidride carbonica, del pH, recettori di volume) contribuiscono a ridurre la formazione di urina e la perdita di liquidi e di sali.

Il livello e la durata dell'esposizione ai + Gz ben si correla con la frequenza cardiaca che raggiunge il suo massimo fisiologico generalmente a + 7Gz; tuttavia la frequenza cardiaca aumenta anche per motivi

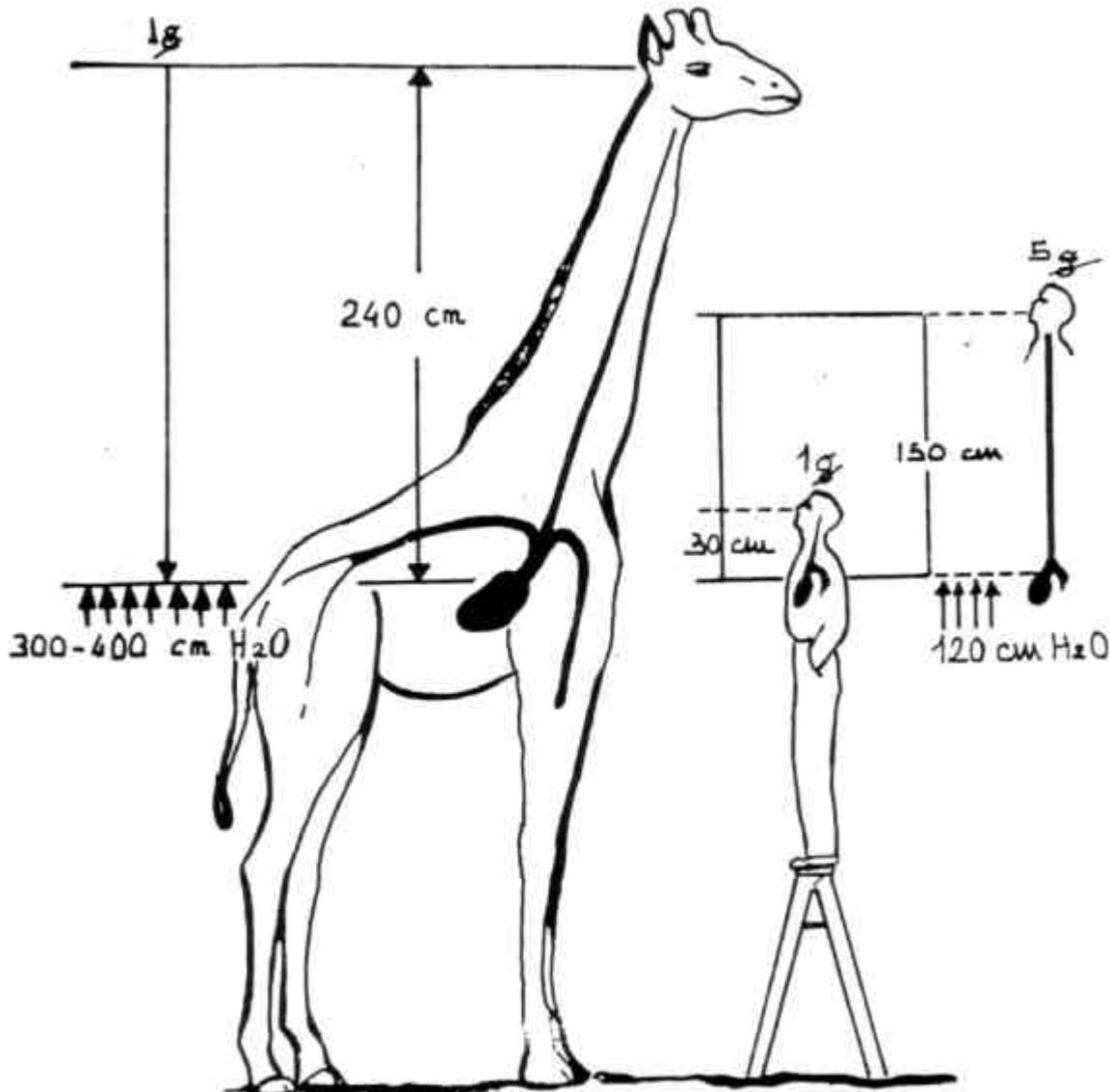


# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 11

psicologici (a volte già poco prima dell'effettiva esposizione ai "G") e per motivi fisici (esecuzione delle manovre M1 o L1. Vedasi a pag. 13).

Ad elevati e protratti +Gz non esiste più una precisa correlazione lineare tra frequenza cardiaca e "G". Particolarmente pericolosa - seppure di rara evenienza - appare la bradicardia (riduzione della frequenza cardiaca) da alto "G" per il rischio di sincope. Il meccanismo fisiologico che ne è alla base è essenzialmente di tipo riflesso.



Sotto accelerazioni, l'elettrocardiogramma può fornire indicazioni utili non soltanto relativa alle variazioni della frequenza cardiaca, ma anche del ritmo, della irrorazione sanguigna e della ossigenazione del muscolo cardiaco.

La pressione venosa aumenta progressivamente nelle parti del corpo al di sotto del cuore fino a raggiungere valori molto elevati (anche 400 mmHg) durante esposizione a + Gz molto elevati (8G) per alcune decine di

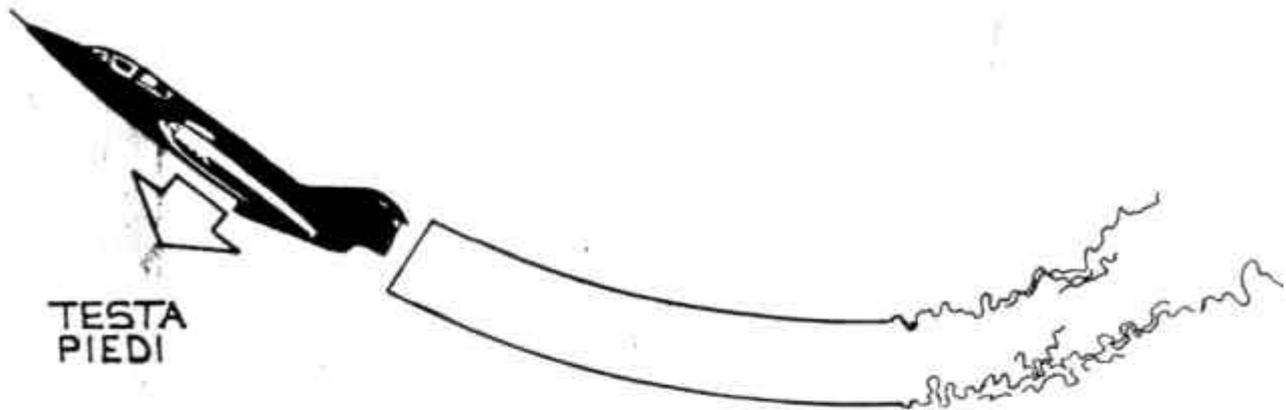


# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

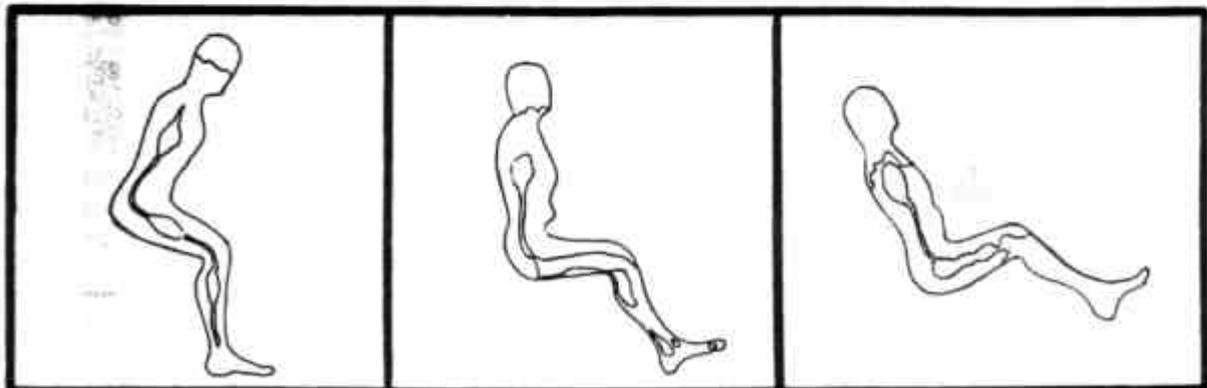
EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 12

secondi, nonostante la tuta anti-G. Si riduce invece a valori subatmosferici anche -50 mmHg a livello del collo (giugulari).

## ACCELERAZIONE POSITIVA



## EFFETTI SUL PILOTA



A- IL SANGUE INIZIA  
AD ACCUMULARSI  
VERSO IL BASSO

B- VISIONE  
GRIGIA

C- VISIONE  
NERA

Seppure alcuni dati sperimentali ottenuti in animali da laboratorio sembrano indicare alterazioni anatomopatologiche sia macroscopiche (emorragie subendocardiche) sia microscopiche (travasi ematici, edema intra- ed extravascolare), con aumento di alcuni enzimi sierici durante "G" elevati e protratti, non esiste una precisa evidenza di un danno cardiaco permanente dovuto ai + Gz nell'uomo.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 13

## 2.5.2 EFFETTI SULL'APPARATO RESPIRATORIO

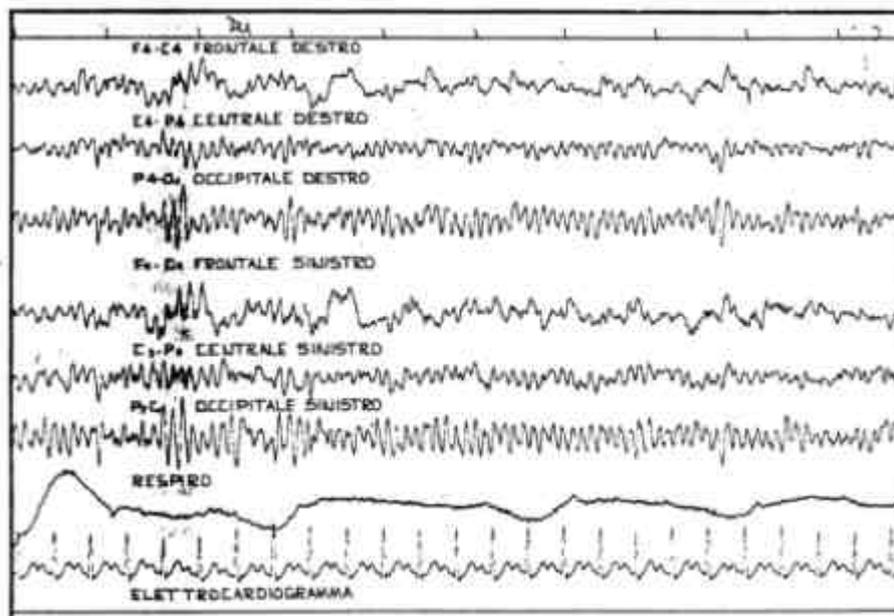
Il rapporto fra la ventilazione e la perfusione sanguigna è aumentato nella porzione superiore dei polmoni, mentre è ridotto nella porzione inferiore dei polmoni; di conseguenza si ha una ridotta saturazione dell'emoglobina con l'ossigeno con conseguente ipossiemia.

Altri fenomeni che si verificano sotto + Gz sono la chiusura di alcune vie aeree e la formazione di aree di atelettasia (alveoli collassati), aggravati dalla respirazione di ossigeno al 100% che, se intrappolato negli alveoli, viene assorbito dal sangue venoso. Anche la compressione esercitata dalla tuta anti-G contribuisce alla generazione di aree di atelettasia.

## 2.5.3 EFFETTI SULLA VISIONE E SUL SISTEMA NERVOSO CENTRALE

A livello intraoculare esiste una pressione di circa 20 mmHg che deve essere superata dalla pressione arteriosa, perchè possa avvenire una normale perfusione dei vasi retinici. E' stato ben documentato il progressivo collasso dei vasi retinici durante la fase di incremento dell'accelerazione + Gz, a cui si correlano i sintomi della visione grigia e poi della visione nera. Per accelerazioni di maggior durata e/o con "G" ONSET più elevati, alla visione nera segue la perdita di coscienza: su cadetti dell'aviazione di marina degli USA furono rilevati i seguenti valori soglia: 4.1G (D.S. 0.7G, estremi 2.2-7.1G) per la visione grigia; 4.7g (D.S. 0.8G; estremi 2.7-7.8G) per la visione nera e 5.4 (D.S. 0.9G; estremi 3.0-8.4G) per la perdita di coscienza.

L'attività elettrica cerebrale studiata con metodiche quantitative a 4.5, 6.0, 7.0 +Gz mostra alterazioni evidenti, seppure non di significato patologico, ed apparentemente senza effetto cumulativo dopo ripetute esposizioni +Gz. Variazioni individuate con analisi quantitativa, statisticamente significative, di significato funzionale, sono state recentemente rilevate (osservazioni personali) nell'EEG raccolto dinamicamente su giovani volontari sottoposti ad un pattern accelerativo simulante la messa in orbita ed il rientro nell'atmosfera terrestre del velivolo Shuttle (circa 2.5 +Gz per circa 10 minuti). Le variazioni riscontrate, selettive per canale fisiologico di derivazione e per condizione sperimentale testata, quasi sempre non si protraevano nella fase "dopo centrifuga".



*Durante l'esposizione prodotta a + 2.5 Gz in centrifuga umana*



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 14

---

## 2.5.4 TOLLERANZA DELL'UOMO AI +GZ

I criteri più usati per stabilire la tolleranza dell'uomo alle accelerazioni sono basati su risposte psicofisiche di tipo visivo (risposta soggettiva convenzionale attestante il restringimento del campo visivo, la visione grigia, la perdita della visione centrale,, la visione nera).

La visione grigia precede la visione nera di circa 1 G e la visione nera precede, usualmente, la perdita di coscienza ugualmente di circa 1 G.

Utilizzando come "end point" (soglia psicofisica) la perdita della visione periferica si ha, per +Gz con ONSET <1G/sec in soggetti rilassati senza tuta anti-G, una soglia di 37 +G (range 3.3-4.3) e con tuta anti-G ed accorgimenti anti-G 8.8 (7.5-9.0) +Gz.

- Fattori che riducono la tolleranza ai +Gz
- Ogni tipo di patologia cardiovascolare che comporti ipotensione arteriosa acuta e/o cronica;
- Condizioni che provocano ipovolemia (ridotta massa sanguigna) quali ad esempio gli stress termici, la perdita di sali, la sudorazione profusa, le emorragie, la disidratazione;
- Tutti i tipi di ipoossia;
- Cattiva igiene di vita (farmaci incongruamente usati, perdita di sonno, strapazzi fisici, irregolarità alimentari);
- Ingestioni di alcool (con esaltata riduzione delle performances sotto accelerazione);
- Altri fattori "critici" per la tolleranza ai +Gz
- L'allenamento e la motivazione

Il costante allenamento al volo ed una spiccata volontà di riuscita condizionano favorevolmente l'esecuzione soprattutto di quelle manovre (M1 od L1) che richiedono un notevole sforzo fisico al pilota.

## 2.5.5 LA GLICEMIA

E' ben noto che per un corretto funzionamento dei neuroni cerebrali, e di quelli corticali in particolare, occorre assicurare un'adeguata disponibilità di glucosio al cervello attraverso il circolo sanguigno cerebrale. I soggetti sottoposti ad elevati + Gz hanno un flusso cerebrale ridotto; se a questa condizione già critica si aggiunge anche l'ipoglicemia, la tolleranza ai + Gz si riduce notevolmente. Viceversa la tolleranza ai + Gz risulta aumentata di circa 0.6 +Gz nel periodo post-prandiale precoce.

L'ipoglicemia, sia dovuta a mancata alimentazione, sia quella funzionale reattiva all'assunzione di cibo ricco di zuccheri - che si verifica in taluni soggetti, individuabili con la curva da carico orale di glucosio - provoca un degrado delle capacità cognitive, delle performances psicomotorie, sino a poter provocare la perdita di coscienza.

## 2.5.6 L'ETÀ

Gli studi condotti nel range dell'età di impiego operativo mostrano un incremento della tolleranza alle accelerazioni con l'incremento dell'età. A questo fenomeno non sono probabilmente estranei fattori quali la maggiore esperienza di volo degli individui più anziani, l'aumento medio della pressione arteriosa e la diversa compliance (distensibilità) del letto vascolare che si ha con l'età.

## 2.5.7 IL "G" ONSET

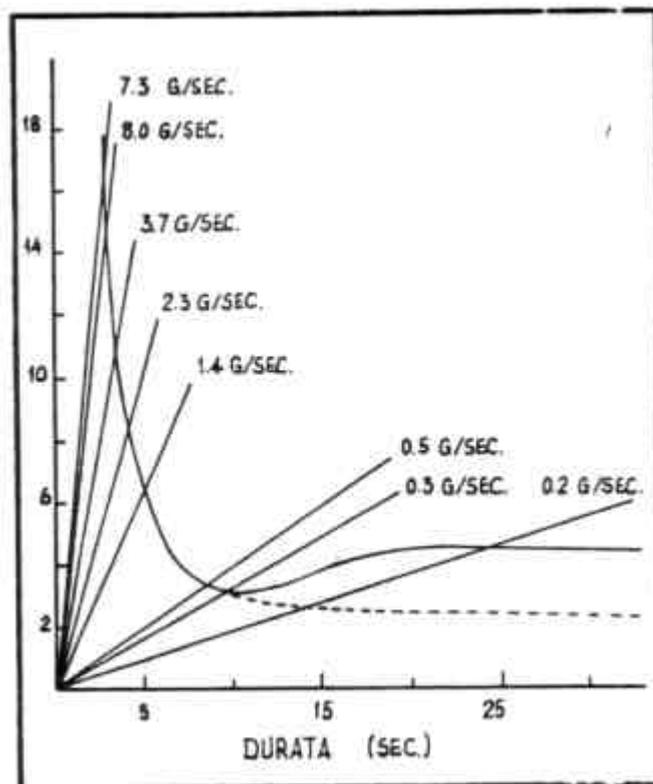
E' stato sperimentalmente determinato che l'"end point" psicofisico "visione nera" è tanto precoce quanto più elevato il "G" ONSET.

Ad elevato "G" ONSET (<3G/sec) risultano impossibili tempestive ed adeguate risposte di compenso cardiocircolatorio.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 15



## 2.5.8 LA PERDITA DI COSCIENZA IN VOLO

Dalle risultanze delle indagini relative ad alcuni recenti incidenti di volo accaduti a velivoli di elevate prestazioni e dal riesame critico delle esperienze condotte in centrifuga umana ad elevati "G" con l'ausilio di videoregistratori, presso l'USAF SCHOOL OF AEROSPACE MEDICINE, il fenomeno della perdita di coscienza in volo si caratterizza nel seguente modo:

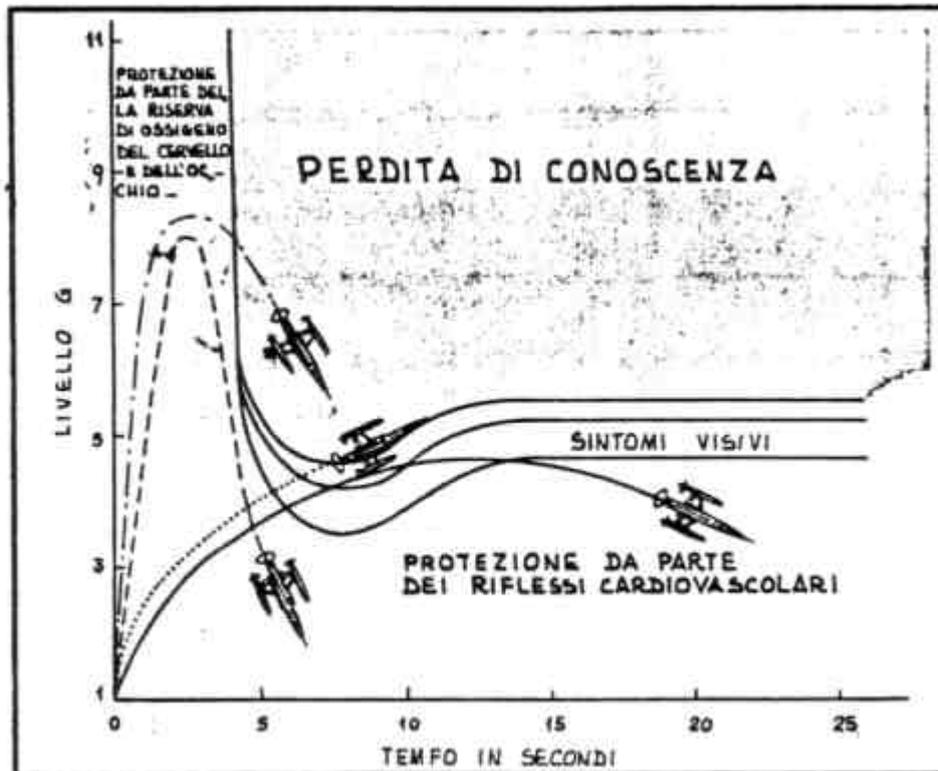
- è in relazione a + Gz elevati e sostenuti ed ad elevati "G" ONSET, senza essere tuttavia un fenomeno esclusivo di tali condizioni, potendosi riscontrare anche a soli +4 Gz;
- comporta una totale incapacità che dura mediamente 15 secondi;
- è quasi sempre seguito da una riduzione delle performances (anche per taluni minuti) che può rendere critica la condotta del velivolo;
- è un fenomeno da non confondere e da tenere separato dalla visione nera, poiché quest'ultima non provoca sospensione della coscienza né eliminazione delle sensazioni somestetiche ed uditive;
- può verificarsi, per elevati "G" ONSET, senza essere preceduto da segni e sintomi di deficit visivo che usualmente servono da segnali premonitori;
- può accompagnarsi a scosse muscolari tonico-cloniche a tipo epilettico;
- è da considerarsi un fenomeno parafisiologico che non necessariamente comporta la non idoneità al pilotaggio;
- può interessare più facilmente il membro dell'equipaggio (es. il navigatore) che può subire elevati G improvvisamente ed inaspettatamente;
- insorge più facilmente su individui vagotonici e predisposti ad irregolarità della frequenza e del ritmo cardiaco;
- può essere favorito da una esecuzione non corretta delle manovre M1 ed L1 ;



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 16

- lascia generalmente l'interessato in uno stato di amnesia relativa all'evento;
- può essere studiato sperimentalmente in maniera accurata soltanto se si dispone di una centrifuga umana di elevata potenza, capace di sviluppare 10 "G" ONSET (10 G/sec).



## 2.6 Metodi per aumentare la tolleranza alle accelerazioni + Gz

### 2.6.1 MANOVRE M1 ED L1

Sono manovre di "spremitura" del sangue periferico venoso verso il cuore per migliorare il riempimento cardiaco e quindi la gittata cardiaca sostenendo così la pressione arteriosa ed il flusso sanguigno.

La manovra M1 consiste in uno sforzo fisico paragonabile a quello che si esercita quando si deve sollevare un oggetto molto pesante: le spalle si sollevano fra la testa, si contraggono i muscoli degli arti e dell'addome mentre si emette aria dai polmoni lentamente e con forza attraverso la glottide parzialmente chiusa.

Sotto G elevati e sostenuti questa manovra va ripetuta ogni 45 secondi e la fase di ispirazione fra una espirazione forzata e l'altra deve essere molto rapida.

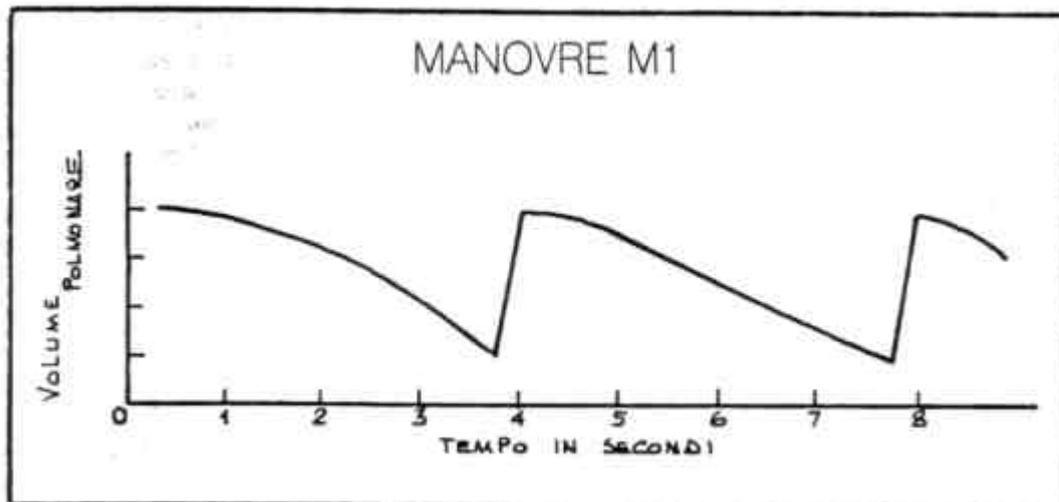
La manovra L1 è simile alla M1: la fase di premito muscolare e di espirazione forzata avviene contro la glottide chiusa, ciò senza emettere aria nella fase di sforzo espiratorio se non molto rapidamente subito prima della ispirazione successiva.

Queste manovre sono piuttosto faticose, ma se eseguite correttamente consentono un guadagno di tolleranza ai + Gz di 1,5-2 + Gz.



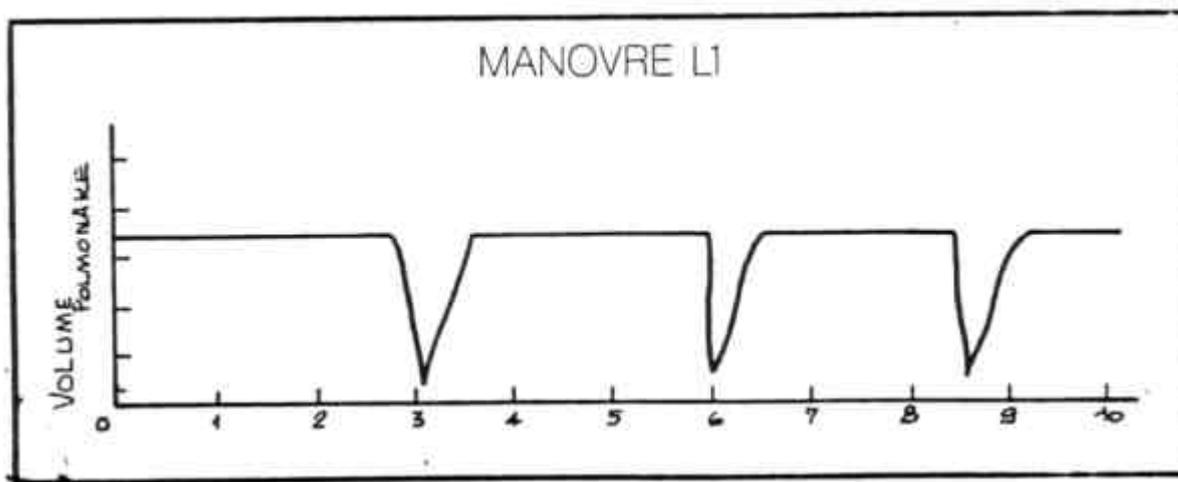
# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 17



Funziona da pompa periferica di supporto alla pompa muscolare cardiaca agendo con una contropressione nei confronti dell'aumentata pressione idrostatica a livello degli arti inferiori a causa del "pooling" di sangue nelle grandi vene di capacità.

Le attuali tute anti-G hanno delle vesciche che si riempiono d'aria ed agiscono a livello dei polpacci, delle cosce e dell'addome. La vescica addominale previene un eccessivo abbassamento degli organi addominali e quindi del diaframma e del cuore impedendo così che la distanza cuore-cervello aumenti eccessivamente. Una tuta anti-G ben indossata fornisce circa 1.5 +Gz di incremento di tolleranza rispetto alla condizione rilassata.



Con le attuali valvole asservite al sistema di gonfiaggio delle vesciche occorrono alcuni secondi per raggiungere il livello previsto di gonfiaggio ad un certo livello di G, viceversa raggiungibile molto più rapidamente, nel combattimento aereo ed in certe manovre acrobatiche, da parte di moderni velivoli. Per compensare questa carenza sono state sviluppate e sono ancora in studio valvole che sviluppano elevate pressioni in 1-2 secondi.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 18

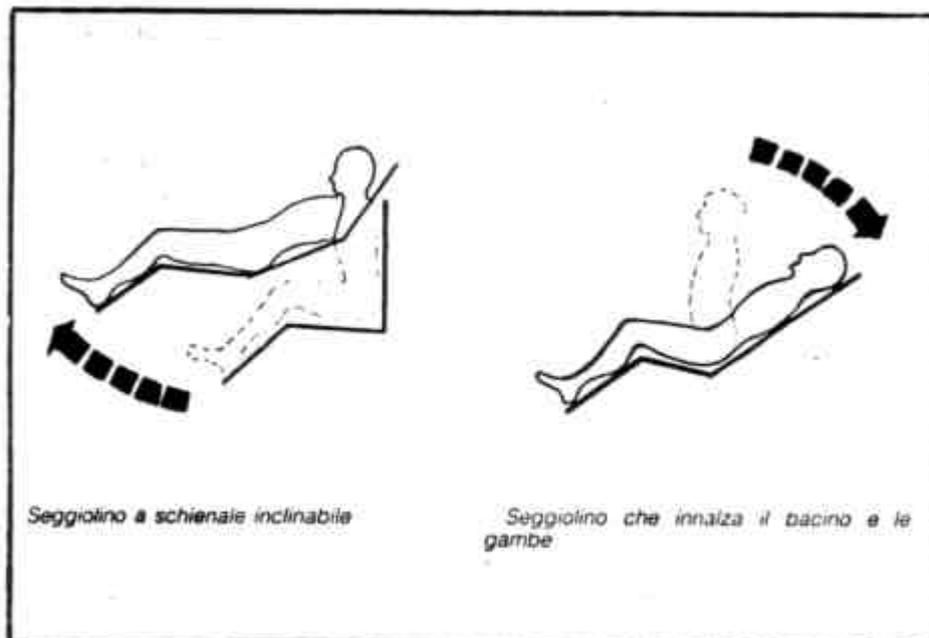
## 2.6.2 SEGGIOLINI INCLINATI OD INCLINABILI

Nel velivolo F-16 è stato adottato un seggiolino inclinato di 30° rispetto alla verticale, che apparentemente ha riscosso i consensi dei piloti ma che è stato anche chiamato in causa per la sua scarsa efficacia nel contrastare gli effetti delle accelerazioni +Gz e per il rischio derivante dalla falsa sensazione di sicurezza sotto "G" che può ingenerare nei piloti. In realtà l'inclinazione del seggiolino che risulti efficace nel contrastare i +Gz elevati è decisamente superiore. È stata descritta in letteratura una relazione del tipo funzione coseno fra inclinazione del seggiolino ed incremento della tolleranza ai +Gz con progressiva minore sensazione di fatica e parametri fisiologici meno modificati.

Non pochi però sono i problemi connessi all'uso di seggiolini di tale tipo:

- la progettazione e la realizzazione non sono facili;
- il diverso orientamento del campo visivo del pilota obbligherebbe ad una diversa allocazione degli strumenti di bordo (solo parzialmente superabili con l'uso dello head up display);
- di complicata soluzione è il problema del lancio con il seggiolino in caso di emergenza;
- risulta facile andare incontro accidentalmente ad esposizioni ad accelerazioni del tipo -Gz (molto meno tollerabili delle +Gz) nel corso di manovre non preordinate.

Per risolvere i problemi connessi il diverso orientamento del campo visivo appaiono particolarmente vantaggiosi i seggiolini che innalzano il bacino e gli arti inferiori del pilota durante il combattimento aereo senza modificare sostanzialmente la posizione della testa e la direzione dello sguardo.



## 2.6.3 ESERCIZI FISICI

Non esistono dati convincenti circa il sicuro beneficio di un'attività fisica aerobica (podismo, bicicletta, atletica leggera) praticata sistematicamente ed intensamente al fine di incrementare la tolleranza alle accelerazioni +Gz.

Un eccessivo allenamento aerobico (ad es. 10-20 Km di corsa al giorno) può addirittura predisporre, attraverso un eccessivo rinforzo del tono vagale, alla perdita di coscienza improvvisa in volo sotto +Gz.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 19

Sono soprattutto coloro che praticano un tipo di ginnastica prevalentemente isometrica (ad es. sollevamento pesi) che mostrano un aumento significativo della resistenza ai +Gz poiché, molto probabilmente, sono in grado di eseguire più facilmente ed efficacemente le manovre M1 ed L1.

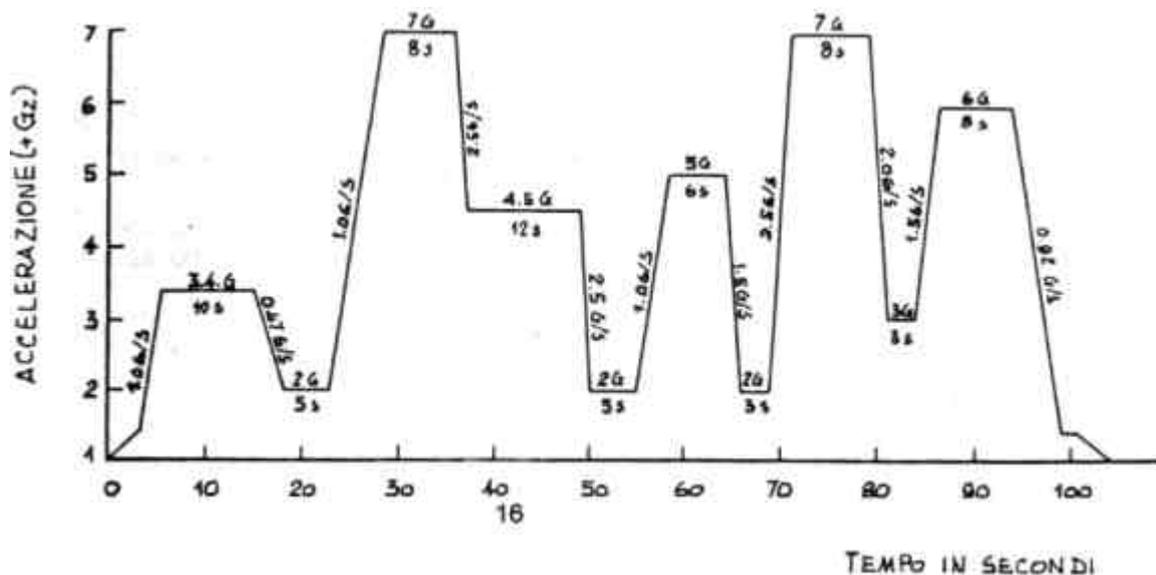
Particolarmente interessanti appaiono anche taluni programmi di addestramento fisico che prevedono l'utilizzazione di apparecchiature appositamente concepite per l'esecuzione di esercizi isocinetici che permettono di realizzare movimenti ad una velocità costante prelezionata grazie alla produzione di una resistenza sempre proporzionale alla potenza che l'utilizzatore sviluppa nell'esercizio.

Tali apparecchiature, se concepite ed adattate alle necessità di sviluppare uno sforzo considerevole durante le manovre M1 ed L1, presentano i seguenti pregi:

- consentono un allenamento individualizzato e documentabile;
- evitano dolore e fatica muscolare eccessiva;
- non provocano ipertrofia muscolare eccessiva come invece avviene con la ginnastica isometrica;
- non richiedono un periodo di preriscaldamento;
- consentono di allenare i muscoli del collo;
- evitano rischi di strappi muscolari, distorsioni e lussazioni, più frequenti con altri tipi di ginnastica.

## 2.6.4 ALLENAMENTO IN CENTRIFUGA

Una moderna centrifuga a controllo computerizzato consentirebbe, oltre ad una adeguata selezione del personale da destinare al combattimento aereo, anche un adeguato addestramento alle manovre anti-G durante patterns accelerativi simulanti lo stesso combattimento aereo, ed un graduale e sicuro ritorno alle attività di volo dopo periodi di interruzione.



## 2.6.5 RESPIRAZIONE A PRESSIONE POSITIVA

Usata normalmente a quote cabina molto elevate per compensare la caduta della pressione parziale dell'ossigeno inspirato, la respirazione a pressione positiva può fornire una protezione anche nei confronti dei +Gz elevati e protratti paragonabile a quella della manovra M1. Pur invertendo il ritmo fisiologico della respirazione (la inspirazione diviene passiva e l'espiazione attiva) il pilota si affatica molto meno rispetto alla esecuzione delle manovre M1 o L1.

Non tuttavia oggi possibile utilizzare con sicurezza la respirazione a pressione positiva poiché essa è possibile soltanto con O<sub>2</sub> al 100% e questo può contribuire al rischio di patologia polmonare (atelettasia) sotto G.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 20

La respirazione di miscele ricche di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) particolarmente a pressione positiva, potrebbe, in futuro, elevare notevolmente il limite massimo di resistenza ai + Gz. L'azione benefica della CO<sub>2</sub> sotto accelerazione si realizzerebbe attraverso una vasodilatazione cerebrale, una vasocostrizione periferica, un aumento del flusso sanguigno cerebrale e della disponibilità di O<sub>2</sub> da parte della emoglobina.

## 2.6.6 USO DEI FARMACI

Si può ipotizzare un uso potenzialmente benefico di taluni farmaci ad azione vasocostrittrice sui vasi venosi di capacità, già molto usati in ambiente clinico per problemi di ipotensione posturale, lipotimie e sincopi vasovasali. Altri farmaci che migliorino il flusso ematico cerebrale e la pressione intraoculare potrebbero ugualmente risultare utili.

## 2.7 Controllo e gestione on line di parametri psicofisiologici

L'utilizzazione dei moderni microcomputer di bordo apre la strada alla possibilità di un monitoraggio e di una gestione ON LINE di segnali fisiologici e segnatamente neuropsicofisiologici. Nonostante l'elevato rumore di fondo associato a segnali di debole intensità quali quelli elettrofisiologici, talune metodiche di riconoscimento dei segnali quali la "pattern recognition", il "template matching", potrebbero consentire, in un sistema uomo-macchina integrato, l'impiego di nuovi apparati d'allarme e di manovre automatiche di evitamento.

## 2.8 Conclusioni

In attesa del battesimo operativo del velivolo EFA e nel convincimento che si può e si deve contribuire alla sicurezza del volo partendo "da lontano", ed anche e soprattutto dai fattori umani del volo, si ritiene necessario:

- far subito tesoro delle esperienze già maturate, con altri velivoli dalle elevate prestazioni, in altri paesi;
- perseguire un programma nazionale di intense sperimentazioni sull'uomo e sull'animale, anche nell'ambito di collaborazioni internazionali, per una sempre migliore conoscenza di base ed una precisazione dei parametri della selezione e dell'addestramento per il personale direttamente impegnato nella attività di volo;
- divulgare nelle sedi ed attraverso i canali appropriati quanto di nuovo e di interessante via via emerge ai fini della S.V. sul problema degli alti carichi accelerativi durante il volo;
- selezionare ed addestrare sistematicamente alle manovre M 1 ed L 1 il personale interessato mediante l'uso di una nuova centrifuga umana dalle elevate caratteristiche;
- rendere obbligatorio un programma di allenamento fisico, concepito ad hoc, da svolgere presso ogni singolo gruppo di volo interessato;
- investire risorse intellettuali ed economiche per sostenere lo studio, la progettazione e lo sviluppo di mezzi ed apparati di protezione dai "G" e di apparecchiature di monitoraggio ON LINE di parametri neurofisiologici in grado di preannunciare un evento di pericolo.

## 2.9 N.d.R.

Dopo aver letto l'interessante elaborato del Magg. PORCU', viene spontaneo domandarsi quali siano le azioni, alla nostra portata e nella situazione attuale, che possiamo intraprendere per migliorare la nostra capacità di sopportazione dei "G".

Non molto, in realtà, e la maggior parte delle azioni sono già dettate dal buon senso, se si desidera Condurre una vita normalmente sana.

Pertanto, in attesa che le nazioni in possesso di velivoli ad alte prestazioni acquisiscano esperienze costruttive e s, quindi possibile per l'Aeronautica Militare impostare una serie di misure preventive ed addestrative efficaci, valide e proficue, detto dal Magg. PORCU', di..

- condurre una vita sana (senza abuso di farmaci, da prendere comunque sotto controllo medico; con riposo adeguato alle necessità personali; con controllo della fatica, operativa o "casalinga", senza abusi alimentari, seguiti da attività di volo, con assunzione, al massimo, di modeste quantità di alcool, sempre lontano dall'attività di volo);
- evitare gli stati di ipoglicemia, con l'assunzione ad orari ben definiti del cibo ritenuto necessario;
- indossare sempre la tuta anti-G, anche nei voli più tranquilli, curandone l'efficienza e la funzionalità;



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 21

- 
- effettuare un'attività sportiva che sia commisurata ai propri parametri fisici, senza strafare, ma anche senza abbandonarla del tutto.

Sono poche regole, in vigore da sempre, ma che ci permetteranno di innalzare la nostra capacità di resistenza al G e di essere sempre più "professionali" e più in "gamba", così che la prossima volta saremo noi a tirare più dell'altro", ad andargli in coda oppure a sfuggirgli più facilmente.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 22

## 3 LE VIRATE SCIVOLATE E DEPARATE: VI SONO DUBBI NEL PREFERIRE LE PRIME?

A cura di Jonathan (Da "Volo a Vela" n. 165, 1983)

Sono convinto che, per un giovane volovelista, sia più importante volare una volta con un grosso esperto che non dieci volte da solo. Quando si ha la fortuna di essere accompagnati da chi è ai vertici, nella nostra attività, alcuni concetti fondamentali, punti fermi delle tecniche di pilotaggio e di veleggiamento, vengono impressi indelebili nella mente. Tutte cose che già si sanno, in teoria, ma che solo in quelle occasioni si trasformano in compita conoscenza.

Un insegnamento che merita d'essere trasmesso, corredato da alcuni commenti e spiegazioni aerodinamiche, mi è venuto da un pilota che unisce, ad una eccezionale bravura e ad una notevole esperienza, una grande disponibilità a volare con i giovani ed una straordinaria capacità di trasformare in insegnamento ogni istante del volo. "Ricordati sempre: spiralando vicino al terreno il filo di lana deve essere sempre verso l'esterno; al massimo, si può tollerare che sia al centro".

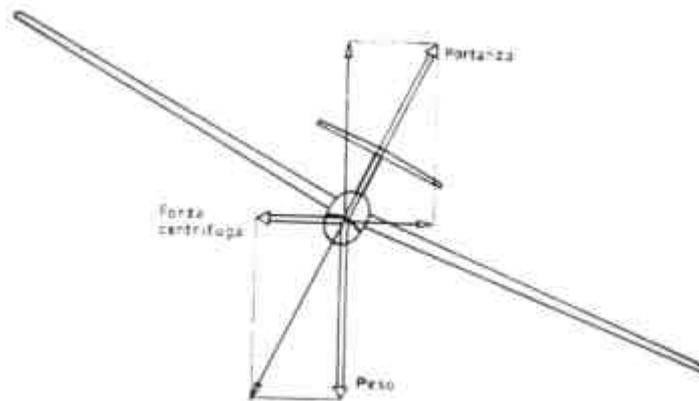
In altre parole: la virata migliore, dal punto di vista della sicurezza e del veleggiamento, è quella "corretta"; ma, siccome la perfezione non è di questo mondo, risulta oltremodo difficile spiralarlo a lungo con il filo di lana sempre esattamente al centro. Per cui, essendo pericolosa la virata derapata e non quella scivolata, prefiggiamoci di volare già leggermente in scivolata in modo che i nostri errori ci portino, da una parte, in virata ancora più scivolata, dall'altra al massimo, in virata corretta, ma comunque mai derapata.

Perchè tutto questo?

Parliamo, quindi, della virata e delle forze che, in essa, agiscono sull'aliante: il peso, la forza centrifuga e le forze aerodinamiche.

Ricordiamoci, innanzitutto, che cosa trasforma un moto da rettilineo a curvilineo, cioè che cosa, in pratica, ci permette di volare in virata.

Prendiamo un veicolo che si muove con una certa velocità, in moto rettilineo ed uniforme. Se, da un certo momento in poi, su di esso comincia ad agire una forza, inizialmente perpendicolare alla traiettoria e successivamente diretta sempre verso lo stesso punto, il veicolo viene costretto a percorrere una traiettoria curvilinea. Fino a quando la suddetta forza permane ed è costante, il veicolo percorre un arco di circonferenza: nel momento in cui essa viene a cessare, il veicolo riprende il proprio moto rettilineo. Questa forza prende il nome di forza centripeta.



La forza uguale e contraria che nasce per reazione sul corpo è la ben nota forza centrifuga. Ricordiamo che la forza centrifuga è tanto più grande quanto maggiori sono la massa del corpo e la sua velocità e quanto minore è il raggio della traiettoria curvilinea.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 23

La forza centripeta può venire realizzata in tanti modi: dalla forza di gravità che costringe i satelliti a girare attorno alla terra, dalle rotaie che costringono il treno a curvare, dall'aderenza dei pneumatici all'asfalto che permette all'autovettura, cui si siano orientate trasversalmente le ruote, di curvare. E la forza centripeta che permette all'aliante di virare, chi la realizza? Ovviamente l'unica delle forze su cui possiamo agire, grazie ai comandi di cui disponiamo: la forza aerodinamica.

Prendiamo un aliante che voli rettilineo e guardiamolo di fronte. Il peso è ovviamente diretto verso il basso, la portanza, uguale e contraria, rivolta verso l'alto.

Se vogliamo virare dobbiamo, quindi, in qualche modo realizzare una forza perpendicolare a queste due ed orientata dalla parte verso cui vogliamo dirigere. Sappiamo bene cosa fare: incliniamo l'aliante con la "cloche", con la pedaliera dalla stessa parte contrastiamo l'imbardata inversa e, raggiunta l'inclinazione voluta, centralizziamo i comandi. In questo modo la portanza, che è perpendicolare alle ali, si inclina e con la sua componente orizzontale ci dà la forza centripeta che ci occorreva per virare. Ora, però, a contrastare il peso è rimasta solo la componente verticale della portanza: ecco il motivo per cui essa deve essere incrementata rispetto al volo rettilineo. Quindi dobbiamo o aumentare la velocità o tirare un poco la "cloche" per ottenere maggiore incidenza.

La virata si dice "corretta" (fig. qui sopra) quando la risultante di peso e forza centrifuga cade sul piano di simmetria dell'aliante, cioè quando il peso apparente, per quanto maggiore, agisce come quello reale, senza cioè spinte laterali: verso l'esterno come quella che riceviamo quando facciamo una curva in automobile; verso l'interno come quella che riceviamo quando, in treno, facciamo una curva molto sopraelevata, a bassa velocità.

La virata è "derapata" quando, per l'insufficiente inclinazione, la risultante di peso e forza centrifuga (peso apparente) cade fuori dal piano di simmetria, verso l'esterno (caso dell'auto visto sopra).

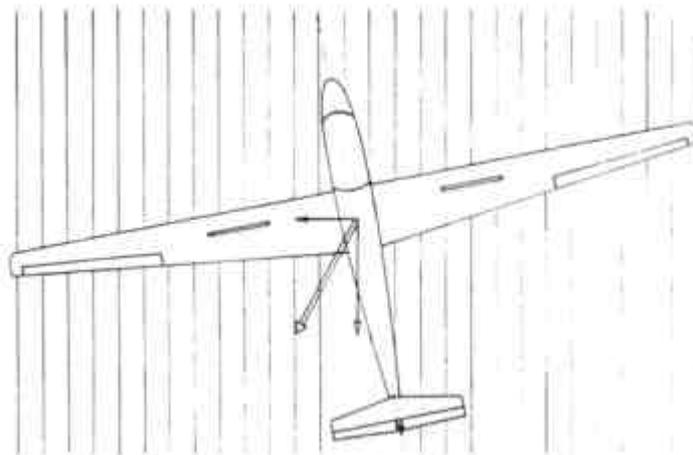
La virata si dice "scivolata" quando, per l'eccessiva inclinazione, la risultante di peso e forza centrifuga (peso apparente) cade fuori dal piano di simmetria, verso l'interno (caso del treno visto prima).

Tutto ciò premesso, vediamo perchè una virata derapata può essere anche molto pericolosa, mentre una virata scivolata non comporta problemi di sicurezza.

Supponiamo, portando il caso all'estremo, di voler virare senza inclinazione laterale dell'aliante. Diamo piede, ad esempio a sinistra: l'aliante ruota attorno all'asse verticale, o di imbardata, e gira la prua verso sinistra.

A causa però del rollio indotto, cerca anche di alzare l'ala destra e noi, quindi, diamo "cloche" dalla stessa parte, quanto basta per mantenere le ali livellate. Ci troviamo così in una situazione di attacco obliquo., con il muso spostato a sinistra rispetto alla traiettoria che, nel momento in cui agiamo sui comandi, è ancora rettilinea.

L'aliante viene investito dalla corrente d'aria sul suo fianco d'ala e, quindi, si è creato, fra l'asse longitudinale e la velocità, un angolo di incidenza.





# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 24

---

La fusoliera, vista in pianta, è un profilo simmetrico e se ad un profilo simmetrico diamo un angolo di incidenza creiamo una forza aerodinamica che, con la sua componente parallela ed opposta alla velocità, aumenta la resistenza totale, ma che, con la sua componente perpendicolare, realizza proprio quella forza centripeta che ci occorre per virare. Quindi è possibile, impiegando in modo inusuale i comandi, effettuare una virata "piatta", come si dice, e non c'è dubbio che si tratta di una virata derapata. I problemi che però essa dà sono i seguenti:

- Aumento anche considerevole della resistenza totale, come appena visto. Quindi, per mantenere la velocità costante, l'aliante deve discendere più velocemente.
- Avendo il muso rivolto verso l'interno della virata, l'ala sinistra viene in pare "messa in ombra", come si dice, dalla fusoliera che impedisce al flusso d'aria di lambirla nel tratto vicino all'attacco. Quindi, la sua capacità portante si riduce e per contrastare la sua tendenza ad abbassarsi dobbiamo dare ancora più "cloche" verso destra. Questo abbassa maggiormente l'alettone sinistro, aumenta la resistenza di questa stessa ala e quindi il fenomeno si accentua. Quest'ala, che già si trova con l'alettone anche considerevolmente abbassato, e quindi, per la corrispondente parte, interessata da una incidenza superiore, è per di più meno veloce dell'altra, in quanto interna alla virata. Se la velocità di ingresso in virata è bassa, si capisce come si arrivi facilmente allo stallo che però, interessando solo l'ala sinistra (la destra è con l'alettone verso l'alto e più veloce), si trasforma immediatamente in vite.

Queste sono le conseguenze della virata derapata, illustrate nella sua forma estrema di virata "piatta". E' chiaro che, se incliniamo le ali, le conseguenze negative si riducono gradatamente fino ad annullarsi quando l'inclinazione raggiunge quella della virata corretta. A questo punto, infatti, il flusso d'aria scorre in modo simmetrico attorno alla fusoliera che, quindi offre, ovviamente, il minimo di resistenza e non mette in "ombra" l'una o l'altra ala. Insistendo nell'inclinazione, il fenomeno si inverte: il muso si sposta verso l'esterno alla traiettoria di virata e questa volta il fianco investito dal flusso d'aria viene ad essere quello interno. Ad andare in ombra è, così, l'ala esterna e, quindi, per tenerla sollevata, dovremo insistere con la "cloche" verso sinistra.

Ci troviamo, così in una situazione che potrebbe apparire analoga alla precedente, ma che presenta, invece, una differenza fondamentale: ad avere l'alettone abbassato è, infatti, l'ala più veloce ed il rischio di entrata in vite non si presenta e, se proprio l'ala destra dovesse dare sintomi di stallo, al massimo l'aliante avrebbe tendenza a raddrizzarsi.

La scelta fra le due possibilità non mi pare molto opinabile.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 25

---

## 4 "L'INVILUPPO DI VOLO": E' CHIARO A TUTTI DI CHE SI TRATTA?

A cura di Jonathan (Da "Volo a Vela" n. 170, 1984)

Circa due anni fa, apparve sulla nostra rivista un articolo che trattava di un inconveniente occorso ad un motoalante tedesco. Più esattamente, era il caso di un mancato incidente, in quanto il "Falke", probabilmente sovrasollecitato da una errata manovra, aveva subito deformazioni permanenti delle strutture; esse però, non ne avevano impedito il rientro a terra, per fortuna, senza soverchi problemi.

Nell'articolo era riportato il grafico "INVILUPPO DI VOLO" del motoalante e l'autore vi si riferiva come se esso fosse decisamente familiare a tutti i lettori.

Per la verità, la cosa mi lasciò un poco perplesso, essendo io convinto che, per il volovelista "medio", l'argomento sia invece alquanto nebuloso. Addirittura sconosciuto sarei portato a dire, anche a ragione (trattandosi di una questione in qualche modo specializzata), se non l'avessi vista trattata, seppure a grandi linee, dall'amico Guido Bergomi nel suo recentissimo "Manuale del Volovelista".

Per evitare quindi il rischio che i futuri piloti possano vantarsi di saperne di più dell'attuale volovelista "medio", vediamo di parlarne un poco su queste pagine.

### 4.1 Che cos'è l'inviluppo di volo?

Tutti noi abbiamo ben presente che quando il nostro volo non è diritto e non si svolge in aria calma, cioè quando eseguiamo manovre come la richiamata o la virata, oppure quando, pur andando dritti, entriamo in zone di ascendenza o discendenza, l'aliante ed i suoi occupanti sono assoggettati a forze che si aggiungono o si sottraggono a quella usuale prodotta dalla gravità. Cioè il peso dell'aliante e dei suoi occupanti (Q) aumenta o diminuisce, prendendo il nome di "peso apparente" (Q'). Certamente ricordiamo che il rapporto "n" fra il peso apparente ed il peso reale viene chiamato "fattore di carico" o "coefficiente di contingenza"; quindi

$$n = \frac{Q'}{Q} .$$

Il fattore di carico "n", ad esempio, è uguale a 2 nelle virate con 60° di inclinazione e diventa facilmente uguale a 3 o 4 o anche più nelle richiamate e nel momento in cui si entra in colonne di aria ascendenti; "n" scende al di sotto di 1, giungendo allo 0 o assumendo valori negativi quando, partendo dal volo rettilineo spingiamo la barra in avanti oppure incontriamo una raffica discendente; "n" è, ad esempio, uguale a -1 nel volo rovescio e diventa facilmente -2 ancor più negativo se, partendo dal volo rovescio, spingiamo la barra in avanti.

Non vi è dubbio che l'aliante, per quanto robusto, può sopportare un numero limitato di "n" o di "g", come si dice in gergo, sia positivi che negativi; superando questi valori limite, l'integrità delle strutture viene messa a repentaglio.

L' "INVILUPPO DI VOLO" è un grafico chiuso, con lati curvilinei e rettilinei, tracciato in un diagramma n-V, nel quale cioè vengono riportati sull'asse verticale i valori di "n" e sull'asse orizzontale i valori delle velocità di volo "V" (Fig. 1).

Le indicazioni di questo grafico sono la lettura immediata: il volo effettuato con parametri "V" ed "n", che cadono al suo interno, è possibile e sicuro; il volo, con parametri che cadono al di fuori o è impossibile o è pericoloso per la resistenza strutturale dell'aliante.

Vediamo come esso viene costruito, trattando dapprima, separatamente, le sollecitazioni derivanti dalla manovra, da quelle derivanti dal moto in aria turbolenta o da raffica.

Nel moto rettilineo ed orizzontale la portanza "P" fa equilibrio al peso "Q". Questo può essere ritenuto valido, con ottima approssimazione, anche nel volo planato dei nostri alianti che non è proprio orizzontale, ma avviene, come sappiamo, con angoli di pendenza piccolissimi.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE:  
DATA:  
PAGINA:

1  
MARZO 2004  
26

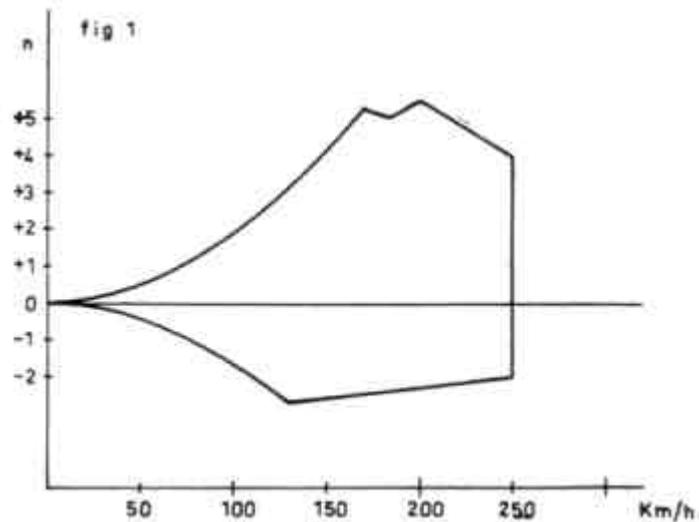


Figura 1

Quindi, ricordando che la potenza "P" dipende dal prodotto dei seguenti fattori:

- $\rho$ : densità dell'aria;
- V: velocità relativa all'aria;
- S: superficie alare;
- $C_p$ : coefficiente di portanza del profilo alare

possiamo scrivere la formula:

$$P = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_p = Q.$$

Quando siamo in manovra o, come si dice, sotto fattore di carico, la portanza fa equilibrio al peso apparente "Q" e quindi, la formula diviene:

$$P' = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_p = Q' = nQ.$$

Se consideriamo il massimo valore del coefficiente di portanza " $C_{p_{max}}$ " che il profilo alare può dare (al raggiungimento dell'incidenza critica di stallo), la velocità che appare nelle formule è la velocità di stallo  $V_s$ . Quindi:

$$\frac{1}{2} \rho S V_s^2 C_{p_{MAX}} = nQ.$$

In un certo momento, per un determinato aereo, i fattori  $\rho$ , S,  $C_{p_{max}}$  e Q sono costanti. Se indichiamo con "K" la costante tale per cui:



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 27

$$K = \frac{Q}{\frac{1}{2} \rho S C_{pMAX}}$$

possiamo riscrivere la formula, più semplicemente, in questo modo:

$$V_s^2 = Kn$$

oppure

$$V_s = \sqrt{Kn}$$

Quindi, la velocità di stallo varia con la radice quadrata del fattore di carico. Quando  $N = 1$  la  $V_s$  è quella che ci è familiare; quando  $n = 2$  la  $V_s$  aumenta di 1,41 volte, quando  $n = 3$  di 1,73, quando  $n = 4$  la  $V_s$  raddoppia. Se mettiamo nel diagramma  $n$ - $V$ , la relazione

$$V_s = \sqrt{Kn}$$

abbiamo una curva con andamento parabolico (vedi Fig. 2) partente dall'origine degli assi (se il fattore di carico è zero, il peso apparente dell'aliante è zero, non occorre portanza e, quindi, la velocità di stallo è zero).

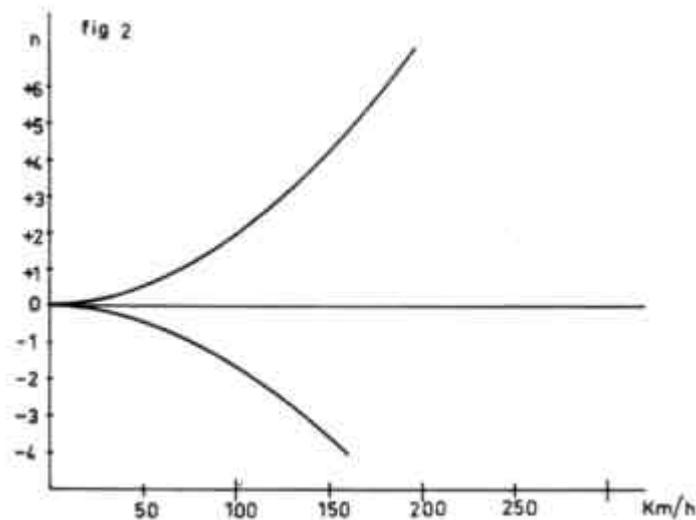


Figura 2

Quando "n" è negativo abbiamo, ovviamente, ancora una parabola il cui andamento, però, è un poco diverso, perchè diverso è, quasi sempre, il valore di  $C_{pmax}$  del profilo alare capovolto.

Possiamo trarre già una prima conclusione: le due parabole, i cui punti mettono in relazione la velocità di stallo con il fattore di carico, dividono il diagramma in due parti: alla destra il volo è possibile mentre alla sinistra non lo è. Infatti, preso un qualunque punto, ad esempio, sulla curva superiore, non è possibile né ridurre la velocità



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 28

(spostarsi verso sinistra), né aumentare il fattore di carico (spostarsi verso l'alto) perchè per fare ciò dovremmo tirare la barra, ma questo non avrebbe alcun esito dato che siamo già in stallo.

A destra delle curve, invece, il volo è possibile, ma vi sono ovviamente altre limitazioni. Una prima è data alla velocità massima: per motivi di resistenza strutturale, legati a fenomeni aeroelastici (v. Volo a Vela n. 162), all'aliante non è consentito di volare al di sopra di un ben preciso valore di velocità. Quindi, il diagramma viene tagliato con una retta verticale alla destra della quale il volo è pericoloso (Fig. 3).

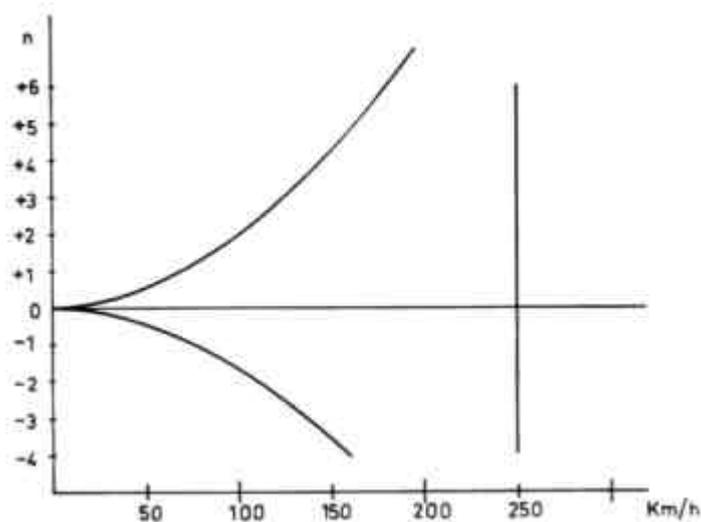


Figura 3

Infine, vi sono le limitazioni dovute ai massimi fattori di carico sopportabili dalle strutture.

Affinché un aliante possa essere omologato, occorre che la sua robustezza sia almeno tale da permettergli di sopportare i seguenti valori di fattore di carico:

- $n_1 = 5,3$  all'intersezione di una orizzontale con la parabola superiore (punto A);
- $n_2 = 4$  alla massima velocità (punto B);
- $n_3 = -1,5$  alla massima velocità (punto C);
- $n_4 = -2,65$  all'intersezione di una orizzontale con la parabola inferiore (punto D);

Congiungendo questi punti si completa l' "INVILUPPO DI MANOVRA" (Fig. 4).



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE:  
DATA:  
PAGINA:

1  
MARZO 2004  
29

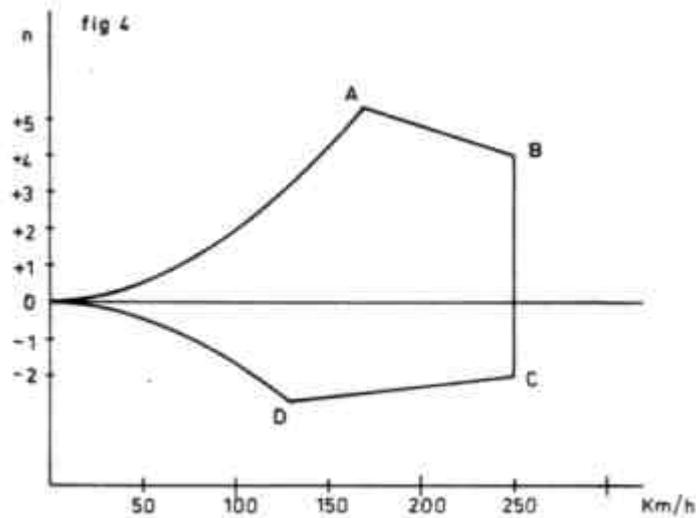


Figura 4

Questo rappresentato è l'involuppo minimo: se un aliante si dimostrasse essere più robusto, quindi in grado di sopportare più alti fattori di carico, il grafico ne verrebbe di conseguenza ampliato. Ad esempio, un aliante, per essere omologato nella categoria acrobatica, deve poter reggere ai seguenti valori di fattore di carico:

- $n_1 = 7$
- $n_2 = 5$
- $n_3 = -5$
- $n_4 = -7$

Prima di concludere, ricordiamo che la velocità corrispondente al punto A ( $V_A$ ) la si trova sui manuali di volo ed è molto importante: al di sotto di essa qualunque manovra, per quanto brusca, porta l'aliante a stallare prima di raggiungere il fattore di carico limite. Al di sopra, invece, arriva prima il cedimento strutturale: è quanto toccò al motoaliante di cui si parlava all'inizio.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 30

## 5 VITI: ALCUNE PAROLE SU COME, PERCHÈ E COSA FARE

Di James M. PAYNE (Da "SOARING", Maggio 1984)

Un paio di anni fa fui testimone di un totale incidente conseguente ad uno stallo e successiva vite di un biposto ad elevate prestazioni. La vite seguì una fin troppo tipica virata finale effettuata a bassa velocità e quota, piatta e derapata. Fu una sensazione di impotenza vedere l'aliante fuori controllo con la bassa quota senza nessuna possibile speranza di rimessa.

Mia moglie, alla quale stavo insegnando a pilotare l'aliante, fu anche lei testimone e decise che le viti erano cose di cui avere paura. Le occorse un bel po' di tempo affinché si rilassasse quando si avvicinò il tempo d'affrontare la vite durante il volo dopo il decollo da solista, che richiedo ad ogni mio allievo. Alla fine, raccolse tutto il suo orgoglio e scoprì che le viti non erano cose da incutere terrore, ma da rispettare. Infatti una volta assimilate le trovò addirittura divertenti.

Recentemente ho completato un addestramento alla vite presso la Scuola per Piloti Collaudatori dell'USAF. Sebbene questo addestramento fosse destinato ad insegnare come effettuare l'uscita dalla vite sui più recenti ed avanzati velivoli in forza all'USAF, la teoria è applicabile a tutte le macchine. Questo articolo è spigolato dalle cognizioni tecniche che un pilota di volo a vela deve sapere a proposito delle viti.

### 5.1 Lessico

Onde intenderci l'un con l'altro, iniziamo con alcune definizioni.

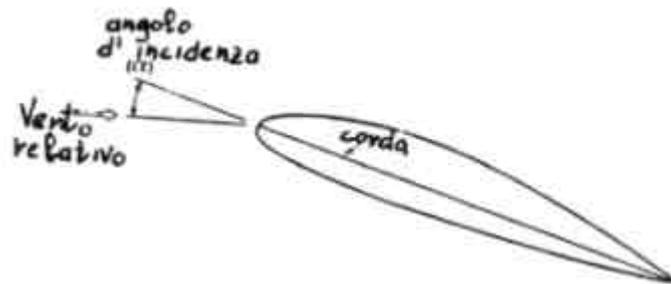


Figura 1 – Definizione dell'Angolo di Incidenza

- Vento relativo: il vento apparente (flusso d'aria) rispetto al velivolo in movimento.
- Angolo d'incidenza: l'angolo compreso tra il vento relativo ed un certo riferimento, normalmente la corda alare.
- Stallo: quando l'angolo d'incidenza supera un certo valore, dove lo strato limite sul dorso dell'ala si separa. Incrementando l'angolo d'incidenza oltre questo valore aumenta la resistenza ma non la portanza.
- Rollio: rotazione lungo l'asse longitudinale (x).
- Beccheggio: rotazione lungo l'asse trasversale (y).
- Imbardata: rotazione lungo l'asse verticale (z).
- Imbardata: imbardata opposta alla direzione di rollio inversa.
- Departure: il movimento non comandato tra lo stallo e la vite (l'entrata in vite).

Il tipico grafico rappresentante il coefficiente di portanza al variare dell'angolo d'incidenza di un profilo di quelli normalmente usati su alianti è mostrato in fig. 2.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 31

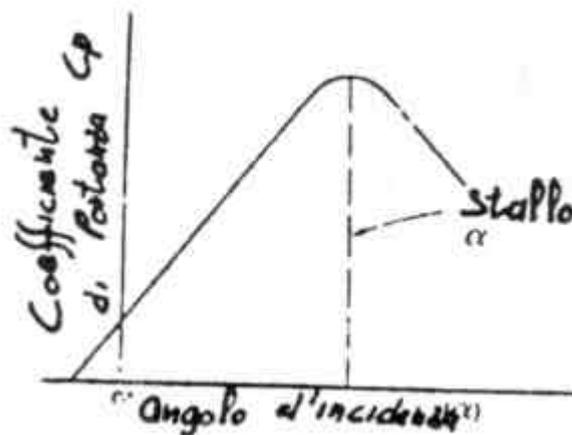


Figura 2 – Coefficiente di Portanza al variare dell'Incidenza

Notare che ad angolo d'incidenza zero l'ala produce portanza a causa della curvatura del profilo (non simmetrico).

Un grafico della variazione del coefficiente di resistenza al variare dell'angolo d'incidenza è mostrato dalla figura 3.

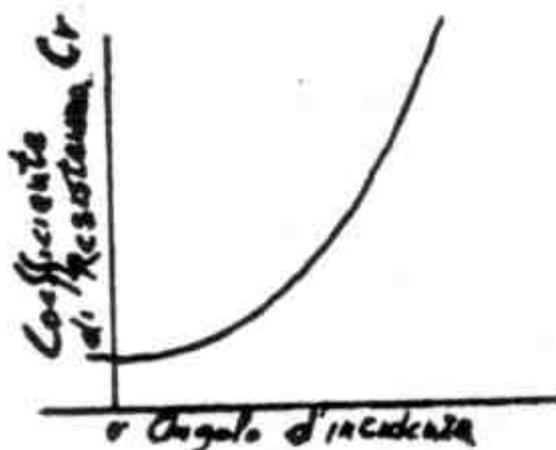


Figura 3 – Coefficiente di Resistenza al variare dell'incidenza

## 5.2 Determinazione della vite

Una vite avviene quando l'aliante simultaneamente stallato e possiede un rateo d'imbardata.

Quando questo avviene l'ala interna si sta muovendo più lentamente e quindi sta operando ad un angolo d'incidenza maggiore di quello dell'ala esterna. Osservando i grafici del coefficiente di portanza e coefficiente di resistenza al variare dell'incidenza per un'ala oltre lo stallò, l'ala esterna produce più portanza di quella interna mentre l'ala interna produce più resistenza di quella esterna (fig. 4).



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 32

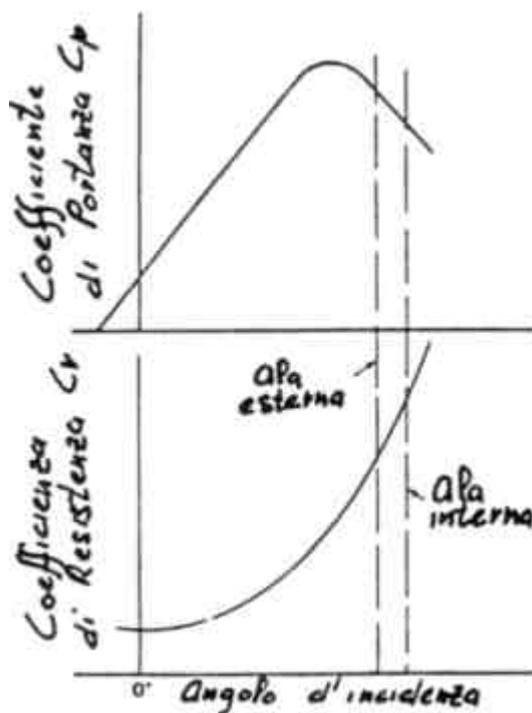


Figura 4 – Relazione fra  $C_p$  e  $C_r$  in un velivolo in vite

L'interazione di questa portanza e resistenza differenziate causa una autorotazione la quale continua fintanto che l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo d'incidenza di stallo.

L'angolo d'incidenza in una vite è funzione di (1) le forze d'inerzia (forze centrifughe) causate dalla rotazione e (2) le forze aerodinamiche picchianti.

Onde rendersi conto quanto sia l'ammontare di queste forze immaginiamo che il peso della fusoliera sia diviso in due pesi separati, uno rappresentante il muso e l'altro rappresentante la coda (fig. 5).

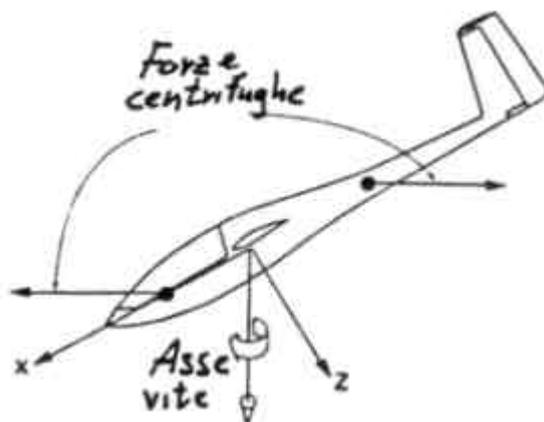


Figura 5 – forze d'inerzia della fusoliera



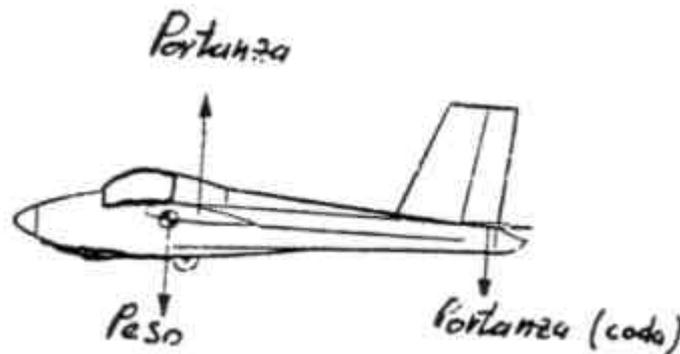
# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 33

La rotazione attorno all'asse della vite causa forze centrifughe sui pesi le quali sostengono il muso (cabranti). Questa stessa analisi delle forze centrifughe può essere applicata alle ali le quali sono per inerzia tese al livellamento. Globalmente queste forze d'inerzia tendono a definire quanto un velivolo in vite vuole volare (avvitarsi) piatto.

Il momento aerodinamico picchiante è una risultante della stabilità longitudinale basica.

In un tipico velivolo con equilibratore in coda la stabilità è raggiunta ponendo il centro di gravità avanti al centro di pressione (portanza) (fig. 6). Questo conferisce al velivolo una naturale tendenza a puntare il proprio muso nel vento relativo, persino quando stallato. Ciò significa che la coda (stabilizzatore) è sottocaricata (deportante) quando il velivolo è in equilibrio.



**Figura 6 – Aliante stabile**

In un tipico stallo, la barra è portata indietro aumentando la deportanza della coda la quale aumenta l'angolo d'incidenza dell'ala al disopra dell'angolo d'incidenza di stallo.

Se l'angolo d'incidenza è mantenuto oltre lo stallo ed un rateo d'imbardata si stabilisce, si creano le condizioni che innescano l'autorotazione ed il velivolo entra in vite. L'angolo d'incidenza sarà ora determinato dalle forze d'inerzia ed aerodinamiche lungo l'asse trasversale y. Le forze d'inerzia (centrifughe) tenderanno a cabrare il velivolo (momento cabrante) mentre le forze aerodinamiche tenderanno a picchiarlo (momento picchiante).

Il moto durante una vite è complesso.

Per analizzarlo assumiamo la vite stabile, con ali livellate senza oscillazioni. Questo significa che la vite è stabilizzata con le ali livellate con l'orizzonte, l'assetto costante, l'asse di rotazione verticale rispetto la terra ed il vento relativo opposto alla rotazione.

Eccettuato per angoli d'incidenza di  $90^\circ$  o  $0^\circ$ , il moto che il pilota incontrerà sarà una combinazione di rollio ed Imbardata. Al punto di incidenza  $90^\circ$  dove la vite è completamente piatta il rollio sarà nullo ed il movimento della vite sarà pura imbardata (continuo testacoda)

L'estremo opposto è solo rollio con imbardata nulla, ma questo estremo è una vite impossibile dato che l'angolo d'incidenza dovrebbe essere zero, nel cui caso il velivolo non sarebbe stallato.

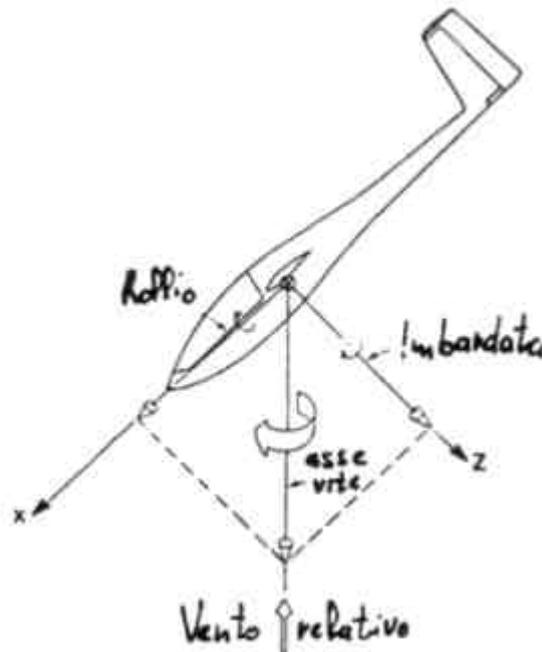
Quando la vite è stabile, l'asse di rotazione della vite è verticale rispetto al terreno ed i ratei di rollio ed imbardata lavorano di concerto per mantenere le ali livellate con l'orizzonte (fig. 7).

Notare che il rateo d'imbardata e di rollio sono nella medesima direzione, per esempio, imbardata a destra è accompagnata da rollio a destra.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 34



**Figura 7 – Componenti di rollio ed imbardata in vite dritta a destra**

Se omettiamo la nostra assunzione iniziale di una vite stabile con ali livellate e senza oscillazioni il movimento d'imbardata e di rollio può divenire difficile da vedere perchè oscillazioni lungo uno o tutti e tre gli assi possono sovrapporsi.

Viti rovesce sono anche possibili. Sono particolarmente disorientanti dato che l'imbardata è in direzione della vite mentre il rollio è opposto alla rotazione della vite. Per un aliante è difficile entrare in vite rovescia. Questo perchè la curvatura positiva di una tipica ala d'aliante e le deboli risultanti dello stabilizzatore in volo rovescio rendono improbabile il raggiungimento di uno stallo negativo (rovescio) nell'aliante. Tuttavia, ruotando l'aliante può essere possibile causare momenti inerziali i quali possono portare l'aliante all'angolo d'incidenza negativa di stallo e in lite rovescia. Ciò talvolta può accadere, come durante manovre acrobatiche impropriamente eseguite o durante la rimessa da una vite dritta finendo sul dorso mentre ancora imbardando e/o rollando.

Il bello circa la vite rovescia è che tirando a sé la barra causerà o la rimessa dalla vite o la transizione ad una riconoscibile vite dritta.

### **5.3 Rimessa normale**

Il miglior sistema per uscire dalla vite e il non entrarvi! Questo richiede il tenere il filo di lana allineato e l'angolo d'incidenza al disotto di quello di stallo.

Venendo meno al non entrare in vite (vale a dire se uno vi è ormai entrato) l'angolo d'incidenza deve essere ridotto a meno di quello di stallo.

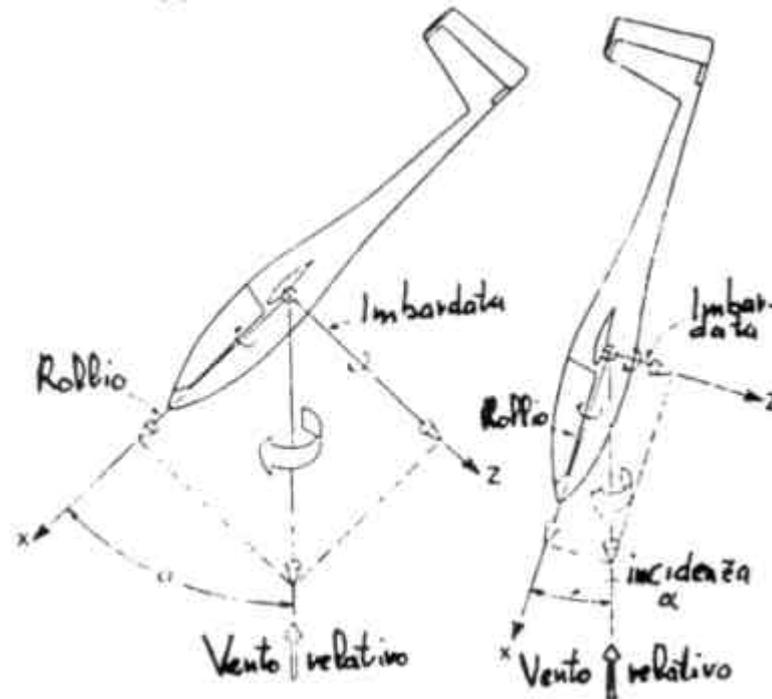
Generalmente un aliante possiede uno stabilizzatore sufficiente a generare un momento aerodinamico a picchiare tale da sovrastare il momento cabrante generato dalle forze d'inerzia. In questo modo, barra avanti darà come risultato un angolo d'incidenza minore dello stallo e quindi una rimessa. Un altro metodo per portare l'angolo d'incidenza al disotto dello stallo e fermare il rateo d'imbardata. Se la componente imbardante del vettore vite viene ridotta il momento cabrante inerziale e ridotto anch'esso.

Questo turba l'equilibrio tra le forze nella vite ed il muso va giù, riducendo l'angolo d'incidenza. Il miglior comando per ridurre il rateo d'imbardata è timone contrario (di direzione) il quale genera un momento aerodinamico opposto al momento di autorotazione.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 35



**Figura 8 – La riduzione dell'imbardata riduce l'angolo di incidenza**

Anche gli alettoni possono avere un effetto importante nella vite e in alcuni casi essere usati per la rimessa. Ma, ancor più importante, se usati impropriamente gli alettoni possono prevenire la rimessa. Essi influenzano il moto della vite riorientando gli assi d'inerzia del velivolo. Infatti per la maggior parte dei caccia, che hanno la massima parte della loro inerzia nella fusoliera, (ali piccole e corte con fusoliere tozze e pesanti) lo stabilizzatore ed il timone di direzione generano forze troppo deboli per sovrastare le forze di inerzia di una vite. Questo fa sì che gli alettoni siano il comando primario nella rimessa dalla vite (per questo tipo di velivolo). Qui la corretta rimessa è barra in direzione della vite.

Negli alianti, che hanno la maggior parte della loro inerzia nelle ali, gli effetti dell'alettone sono differenti.

Aerodinamicamente l'imbardata inversa (consistente nel dare barra dalla parte della vite) renderebbe l'alettone il comando idoneo alla rimessa della vite. Tuttavia il dare alettone dalla parte della vite causa orientamenti delle forze d'inerzia che generalmente peggiorano la vite.

Questo conflitto di effetti aerodinamici ed inerziali rende l'influenza degli alettoni sconosciuta finché non si effettua un volo prova. Così alettoni neutri (barra al centro) meglio, fintanto che non è provato altrimenti.

Personalmente ho provato l'effetto degli alettoni (nella rimessa dalla vite) in un paio d'alianti.

Nel Blanik L13 alettoni dalla parte della vite acceleravano la vite incrementando i ratei di rollio ed imbardata.

Alettoni contrari alla vite, anche con tutto timone di direzione mantenuto nel senso della vite e barra tutta a cabrare, risultavano in una rimessa in meno di tre quarti di giro.

Con il mio fidato Ł26E, che ha relativamente una minore inerzia nelle ali alettoni dalla parte della vite fa acceleravano mentre alettoni contrari diminuivano solamente il rateo di rotazione e non risultavano in una rimessa.

Una cosa che vale la pena notare è l'effetto degli alettoni durante il periodo tra stallo e vite ben sviluppata, che può essere differente dall'effetto (degli alettoni) durante la vite stabilizzata. Questo accade perché gli effetti aerodinamici, come un'imbardata inversa, sono maggiori (preponderanti) degli effetti d'inerzia durante la fase d'ingresso in vite.

Ricordate che il tentativo di tenere su l'ala con l'alettone durante uno stallo può causare l'entrata in vite.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 36

---

## 5.4 Rimessa in extremis

Ci sono altre cose che possono aiutare la rimessa se i metodi tradizionali sono inefficaci.

"Winning on the Wind" ( il titolo del libro scritto dal campione Moffat) racconta la storia della prima vite del Nimbus 1, Durante la fotografia di un pilone entrò in vite accidentale. Timone contrario non ebbe alcun effetto sul rateo di imbardata. La rimessa venne eseguita strappando la barra fino a piegare le ali.

Due pagine prima, si nota come alcuni alianti da competizione vengono predisposti (configurati) instabilmente, nel senso che il centro di gravità è posteriore al centro di pressione. Con questo centraggio posteriore tutta barra avanti non produce un momento picchiante sufficiente a sovrastare gli effetti dell'inerzia. Strattonando la barra fino a flettere le ali si causerebbe un'oscillazione lungo l'asse trasversale, attorno all'equilibrio della vite. In questo caso la rimessa avverrebbe perchè questa oscillazione è sufficientemente ampia da picchiare l'aliante riducendo l'incidenza di stallo.

Abbassando i flaps (flaps positivo) si aumenta l'effettiva curvatura dell'ala. I profili con aumentata curvatura possiedono un valore incrementato del momento picchiante.

Quale ultimo tentativo di rimessa dalla vite il portare i flaps completamente abbassati può dare quell'extra-momento necessario alla rimessa.

## 5.5 Riconoscere la rimessa

Talvolta è difficile riconoscere cosa il velivolo stia facendo durante la fase di rimessa. Alcuni velivoli hanno una rimessa dolce durante la quale essi escono dalla vite. Altri possono avere una rimessa più violenta con movimenti residui attorno uno o più assi, specialmente l'asse di rollio. Generalmente l'eliminazione del rateo d'imbardata e/o l'aumento della velocità sono due riferimenti che indicano l'avvenuta rimessa.

L'addestramento è la sola via per imparare il particolare riferimento di avvenuta rimessa per un certo velivolo.

Alcuni alianti tendono a transitare in spirale, la quale può normalmente essere differenziata dalla vite dall'aumentata velocità ed incrementati valori d'accelerazione ( $y$ ). L'aliante può essere tolto dalla spirale rilasciando la pressione all'indietro (sulla barra) ed usando timone di direzione ed alettone per bloccare l'imbardata ed il rollio. Stare attenti a non eccedere le velocità ed i fattori di carico dell'aliante durante la rimessa. Un altro problema che affiora nelle viti è l'effetto fisiologico dell'avvitamento sul pilota. La rapida rotazione può causare effetti nell'orecchio interno che danno al pilota false sensazioni del moto.

Normalmente queste false sensazioni non vengono notate perchè i riferimenti visivi forniscono informazioni predominanti al cervello.

Dobbiamo per essere consci di queste sensazioni dato che possono essere state un fattore in alcuni rimasti inspiegati incidenti in vite, specialmente in quelli dove i comandi nella rimessa furono mantenuti troppo a lungo causando una vite nella direzione opposta.

## 5.6 Addestramento

Chiunque voli su macchine ad ala fissa (alianti ed aeroplani) dovrebbe ricevere un addestramento circa stalli, departure (ingresso in autorotazione) e viti. Così come per altri compiti complessi l'autodidattica e lo studio per corrispondenza non vanno bene. Il modo giusto è cercare un istruttore esperto di viti, ricevere istruzione a terra onde comprenderne i fondamenti e quindi istruzione specifica a doppio comando in un aliante certificato allo scopo. Sceglierne uno buono per la vite come lo Schweizer SGS-232 od il Blanik L13.

## 5.7 Transizione

Dopo questo addestramento e prima di passare ad un nuovo velivolo guardate sui manuali e cercate di imparare tutto ciò che è possibile sulle caratteristiche di stallo, autorotazione e vite. Molti costruttori non pubblicano buone informazioni su questi argomenti cos che dovrete ricercare altrove magari chiedendo a qualcuno gi esperto con quella macchina. Alcune delle domande che dovrete rivolgere sono:

1. Qual è l'avviso di stallo?
2. Tutti i comandi rimangono efficaci fino allo stallo?
3. Qual è il metodo di rimessa dallo stallo?
4. Quali manovre tendono a causare l'ingresso in vite?
5. Qual è il più veloce e miglior metodo di rimessa dalla vite?



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 37

6. Si ottiene rimessa dalla vite semplicemente rilasciando i comandi?
7. Dato che 200 m sul terreno sono un gran brutto posto per accorgersi che per la rimessa ne servivano 250, quanta quota devo aspettarmi di perdere durante la rimessa?
8. Cosa accade se ho dell'acqua come zavorra?
9. Cosa accade se il mio centro di gravità è tutto posteriormente?

Ora quando volerete sul velivolo verificate quanto imparato sui libri mentre presterete attenzione a non eccedere nessun limite specificato. Prima praticate stalli e rimesse aumentando gradualmente l'assetto e l'angolo d'inclinazione. Ricordate, dato che uno stallo deve precedere una vite, un avviso di stallo è anche un avviso di vite. Incidete questi avvisi indelebilmente nella vostra mente così che siano riconoscibili istantaneamente. Quindi se il vostro velivolo è certificato per la vite applicate allo stallo comandi per la vite. Iniziate mantenendo i comandi per la vite per un secondo quindi rimettete. Gradualmente aumentate il tempo sino a quando raggiungerete viti completamente sviluppate.

Iniziate la rimessa con le procedure raccomandate nei manuali. Quindi provate con ogni comando d'asse separatamente onde conoscere l'effetto di ognuno.

Aspettatevi timone contrario e barra avanti come recupero da qualsiasi tipo di vite dritta.

In un aliante aspettatevi un aumento nel rateo di rotazione applicando alettone nel verso della vite ed una diminuzione nel rateo di rotazione con possibile rimessa applicando alettone contrario.

Se in qualunque momento dovesse capitare qualcosa che non vi convince applicate la manovra di rimessa raccomandata per quel tipo di aliante.

## 5.8 Attenzione!

Controllate sempre il peso ed il centraggio prima di fare viti. Effettuate la vostra prima vite con centro di gravità anteriormente. Pianificate il vostro addestramento alle viti così che la rimessa sia completata entro 500 m sopra il terreno. Questo significa che iniziare la prima vite sopra 1000 m è una buona idea. Controllate bene l'area attorno a voi. Esercitarsi alle viti vicino ad una termica che può essere usata per riguadagnare quota consente risparmio sui costi del traino, ma richiede cura nell'assicurarsi che nessuno sia sotto di voi.

Ancora, accertatevi di ciò che il costruttore raccomanda e non raccomanda. Usate estrema attenzione con l'acqua nelle ali la quale conferisce alle ali stesse una grande inerzia.

Almeno un contenitore pieno d'acqua si è rotto durante la vite. Questo caso causò un'avaria catastrofica nell'ala per via degli effetti idraulici dell'acqua che scorre dentro l'ala verso l'estremità.

La storia dei voli prova della vite è ricca di esempi relativi a cambiamenti apparentemente di poco conto sulle caratteristiche del velivolo ma di grande importanza sul cambiamento delle caratteristiche della vite. Quindi se voi cambiate qualunque cosa, come configurazioni, corsa dei comandi o centro di gravità oltre i limiti certificati e collaudati, state "espandendo" l'involuppo di volo (al non collaudato). Infine ricordate che le viti normalmente risultano in assetti che l'FAA (Federal Aviation Administration: la Civilavia degli USA - N.d.T.) considera acrobatici. Ciò significa che il paracadute è più che una buona idea.

## 5.9 Conclusioni

Le viti sono un complesso fenomeno inerziale ed aerodinamico. Necessitano quindi non di essere temute ma rispettate. Solo l'addestramento può sviluppare questo rispetto ed affinare la destrezza richiesta per disimpegnarsi con successo da una vite accidentale.

L'uomo che vidi cadere aveva volato con gli alianti per molti anni. Egli non era preparato. E voi?

Veleggiate felici!



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 38

---

## 6 PERCHÈ I CAP 10 SI SPACCANO IN VOLO?

Di Bertrand Hasler (Da "Pilote Privee", Dicembre 1979)

Il 7 luglio 1979 sul campo di Chateau Thierry un velivolo CAP 10 perdeva un'ala in volo e si schiantava dopo una caduta verticale di circa 700 metri senza che il pilota potesse salvarsi azionando il paracadute.

Questo grave evento fa già parte del passato e per questo la stampa aeronautica non ne ha ancora parlato.

I giorni passano, i mesi passano ed alcuni acrobati continuano ad ignorare questo dramma che tuttavia li interessa direttamente.

Vorrei riparlare oggi non già per rivangare dei ricordi dolorosi, ma al contrario per fare un passo in più verso la sicurezza in materia di acrobazia aerea.

All'inizio del secolo in un'epoca in cui l'aviazione era essenzialmente empirica questo genere d'incidenti si verificava quotidianamente: i velivoli erano costruiti molto più intuitivamente che scientificamente, il volo era ancora un miracolo dove il rischio e la fatalità avevano troppo spesso da dire la loro.

L'esperienza e la scienza nel corso degli ultimi settanta anni sono riusciti a consentire il progetto e la realizzazione di velivoli affidabili dove l'imponderabile, che esiste e sempre esisterà, occupa una parte marginale.

Abbiamo dunque una grande fortuna noi piloti degli anni ottanta rispetto ai nostri antenati degli albori dell'aviazione: tuttavia bisogna che questa "fortuna materiale" si seguita da un pilotaggio cosciente, un pilotaggio con la testa e non da "fessi".

Indugiamo un poco su queste due nozioni che, come vedremo, condizionano largamente la sicurezza in acrobazia: prendiamo perciò due esempi molto caratteristici del modo di utilizzare due parametri importanti in acrobazia.

Il primo esempio riguarda la velocità del velivolo: noi sappiamo che essa varia da zero alla VNE e che è difficile definirla con precisione unicamente con le sensazioni (il buon vecchio metodo del rumore dell'aria, che era così efficace con aeroplani lenti, non può qui applicarsi).

Abbiamo dunque bisogno di uno strumento per misurare questa velocità: uno strumento che bisogna leggere ed interpretare, essendo le reazioni del pilota fondamentalmente differenti alle basse velocità ed a quelle vicine al limite massimo.

Il secondo esempio riguarda l'accelerazione: quando questa viene percepita da un pilota, si traduce in uno sforzo legato più alla durata che al valore dell'accelerazione stessa (è più faticoso sopportare 4g per 15 secondi che 8g per 2 secondi). Il pilota avrà dunque parecchie difficoltà a misurare questa accelerazione senza adeguati strumenti: avremo dunque bisogno di un accelerometro, che dovremo leggere ed interpretare a sua volta.

In effetti, quando il pilota sopporta 4g per 15 secondi, il velivolo, se è stato progettato per +6/-3g, è largamente all'interno del suo inviluppo e non ne soffre: per contro, lo stesso aereo utilizzato a +8g per 2 secondi, quindi fuori dai suoi limiti, diventa pericoloso.

Neil Williams, nel suo libro "Aerobatics", precisa che uno Zlin 526 utilizzato normalmente nel suo inviluppo di volo (+6/-3g) ha una vita prevista di circa 2200 ore: lo stesso velivolo, utilizzato a +8/-6g ha una vita di sole 100 ore.

In realtà, i parametri velocità ed accelerazione sono strettamente legati poichè quando si parla di valori limiti di carico per un velivolo (ad es. +6/-3g) questi non sono validi in tutto il campo delle velocità utilizzabili (da 0 alla VNE).

Bisognerebbe, a questo proposito, che il manuale di volo di ogni aereo acrobatico riportasse, alla voce "Limitazioni", il diagramma di manovra, cioè una curva completa dell'inviluppo di carico del velivolo.

Ci si potrebbe chiedere perchè nel 1979 i velivoli acrobatici si possano ancora rompere, nonostante la loro robustezza. La risposta è pressochè evidente: un velivolo solido non è un velivolo indistruttibile, ed ha dei limiti ben precisi.

Credo di poter affermare che tutte le rotture in volo dei velivoli acrobatici recenti si siano prodotti a causa di un sistematico superamento dei limiti di carico in volo (forse non il giorno della rottura definitiva).



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 39

Questo significa in altre parole che un dato velivolo non potrà effettuare tutte le figure acrobatiche immaginabili nè partecipare a tutte le competizioni possibili.

Per parlare concretamente, alcuni CAP-10 hanno partecipato a competizioni di livello superiore alle loro possibilità ed effettuato figure al di fuori dei limiti prefissati: se si aggiunge che in gara si sopporta usualmente 1g più che nel normale allenamento ci si rende facilmente conto che si passa impercettibilmente dall'acrobazia aerea alla roulette russa.

L'A.F.V.A. (Associazione Francese di Acrobazia Aerea, N.d.T.) ha quindi correttamente reagito limitando, a partire dal 1980, la partecipazione dei biposti da addestramento acrobatico alle competizioni che non superano un K di 400.

Dunque, come tentare di risolvere l'angoscioso problema degli aeroplani che si schiantano in volo? a mio avviso in tre modi:

- Con un'informazione completa di tutti i piloti acrobatici sui limiti esatti del loro velivolo (diagramma di manovra);
- Con una seria formazione a doppio comando e con voli a solo controllati, indirizzando verso un pilotaggio cosciente, ragionato, basato sul rispetto rigoroso dei parametri velocità ed accelerazione, per evitar di vedere gente che maltratta brutalmente la meccanica. A livello agonistico, è urgente orientarsi verso una severa penalizzazione dei piloti che superano i limiti d'inviluppo, favorendo nel contempo i piloti che volano in scioltezza, cosa che non danneggia affatto l'estetica delle figure, come dimostrano quotidianamente i nostri migliori piloti acrobatici;
- Ammettendo, poichè l'errore è umano, che malgrado tutte le precauzioni ci sarà qualcuno che supererà accidentalmente, e non più coscientemente, il limite del velivolo: occorre quindi trovare assolutamente un metodo di verifica e controllo dei velivoli in tali circostanze.

Per quanto riguarda il CAP-10, che costituisce la grande maggioranza dei velivoli acrobatici attualmente in uso, il metodo non è di semplice individuazione: la soluzione adottata finora, che consiste nell'ispezione del rivestimento del bordo d'entrata alare, si rivela alla prova dei fatti insufficiente ed inefficace in alcuni casi (vedi l'incidente di Chateau-Thierry): una soluzione a questo problema è allo studio e dovrebbe vedere la luce ben presto.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 40

---

## 7 QUANDO L'ATTUALITA' VOLGE AL DRAMMA

Di Alain-Yves Berger (Da "Pilote Privee", Dicembre 1979)

Ci giunge una tragica notizia: il CAP-10B dell'Aero Club di Piccardia è stato distrutto a seguito, si pensa, della rottura in volo dell'ala. I suoi occupanti, Jean-Michel Willefert (30 anni) ed Alexandre Dutroit (52 anni), entrambi brevettati al primo ciclo acrobatico e membri dell'Aero Club di Lens, hanno trovato la morte nell'incidente: alle loro famiglie ed agli amici acrobati la nostra Squadra porta le più sentite condoglianze.

Accaduto domenica 25 Novembre (1979, N.d.T.), questo fatale avvenimento si proporrà ai nostri lettori come la più tragica illustrazione del nostro "Dossier Sicurezza CAP-10" che pubblichiamo in questo numero della rivista.

Il poco che attualmente ci è dato di sapere sulle cause dell'incidente è largamente riportato nel senso degli articoli di Bernard Chabbert, Bertrand Hasler e Jacques Godbille: per triste coincidenza quest'ultimo è il Presidente dell'Aero Club di Piccardia e, con scrupolosa onestà, nulla ha voluto aggiungere o modificare nell'articolo che ci aveva precedentemente fatto pervenire.

Dalle prime constatazioni, sembrerebbe che l'ala sinistra del F-BUDC si sia rotta fra 1,6 ed 1,8 m dall'estremità, nel corso di un'Imperiale rovescio nel quale il pilota stava per entrare: le testimonianze raccolte lasciano anche credere che il velivolo evoluisse a circa 500 m dal suolo.

Conviene qui aprire una parentesi per ricordare ai nostri lettori che Jacques Godbille, fondatore ed animatore della Sezione di Acrobazia Aerea dell'Aero Club di Amiens, ha sempre fermamente stabilito di essere un sostenitore della sicurezza ad ogni costo: l'ambiente acrobatico francese può testimoniare che ciò è stato all'origine della sua decisione di equipaggiare con un secondo accelerometro gli apparecchi del suo Club.

Questo secondo accelerometro, opportunamente sigillato per impedirne l'azzeramento, consente di registrare i fattori di carico sopportati dal velivolo durante ogni volo: l'esempio è stato seguito da altre associazioni.

Si noti che, sfortunatamente, l'accelerometro sigillato del F-BUDC è andato completamente distrutto nell'incidente.

Il primo accelerometro, riазzerato prima di ogni volo, presenta linee rosse rappresentanti i limiti di g del velivolo: ora, la scala dello strumento è graduata fino a -5g ed il CAP-10B risponde alla normativa francese AIR 2052 (CAR 3) - Categoria A che ammette fattori di carico nell'intervallo +6/-4,5g.

Fra l'indicazione dei -5g e la battuta dove si ferma la lancetta dell'accelerometro si trova una zona in cui nessuna graduazione è riportata: ora, uno specialista interrogato a roposito ha dichiarato che, in certe configurazioni d'impatto, un accelerometro può dover incassare parecchie centinaia di g, pertanto lo strumento avrebbe dovuto disporre di un nastro di registrazione per sapere esattamente il fattore di carico negativo sopportato dal velivolo nell'istante della rottura dell'ala.

Ancora si pone tuttavia il problema di accertare se il limite del velivolo sia stato superato o no: inoltre, occorre sapere che il F-BUDC era stato autorizzato per la prima volta a lasciare l'aeroporto di Amiens, sede dell'Aero Club di Piccardia, per recarsi a Lens: per evidenti ragioni di carattere umano, Jacques Godbille aveva ceduto alle ripetute richieste dei soci dell'Aero Club di Lens iscritti anche ad Amiens di poter praticare l'acrobazia sul proprio campo di volo. Tuttavia, acconsentendo con una prudenza che allora era sembrata eccessiva, Godbille aveva posto la prima sortita del CAP-10B sotto la responsabilità di un membro dell'Aero Club di Lens, brevettato di secondo Ciclo e conosciuto per la sua prudenza e serietà.

Il presidente dell'Aero Club di Piccardia era poi giunto a determinare, come ci ha specificato, norme di utilizzo a Lens estremamente rigorose, dichiarando che ogni superamento dei limiti avrebbe avuto come conseguenza l'espulsione dei soci di Lens dal sodalizio di Amiens.

Possiamo dunque rammaricarci che questa severità non sia stata ben compresa dal pilota del Delta-Charly quel giorno?

Questo è un problema al quale noi stessi ci periteremo di dare una risposta quale che sia, accontentandoci per ora di aver fornito al lettore diversi elementi supplementari, al fine di consentirgli un corretto giudizio dei fatti, con la serie di articoli sulla sicurezza ed i CAP-10B.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 41

---

Come ultima notizia citiamo che il F-BUDC era uscito dalla linea di assemblaggio della Avions Mudry nel 1973 e stava per essere sottoposto ad una visita semestrale da parte del Bureau Veritas (Il RAI Francese, N.d.T.).



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 42

---

## 8 PSICOSI CAP-10

Di Bernard Chabbert (Da "Pilote Privé", Dicembre 1979)

Bertrand Hasler rievoca l'incidente di Chateau-Thierry da pilota professionista qual è (copilota di Airbus dell'Air France), abituato a porsi come prima regola di condotta la sicurezza.

La gente come sui non si trastulla con questo concetto: basta vedere come sono addestrati e controllati periodicamente, basta passare qualche ora in un centro di formazione a Orly od a Roissy per cominciare a saggiare realmente la profondità alla quale si spinge la ricerca della mitica "sicurezza totale".

Ho letto, ad esempio, che uno specialista dell'Air France su tre serve a controllare il lavoro degli altri due: questo è il prezzo che bisogna pagare perchè i velivoli siano sempre in perfette condizioni di efficienza.

Nel contempo, all'"Università" di Vilgenis, che è il centro di formazione degli equipaggi, la filosofia essenziale è che il fine ricercato è certamente l'effettuazione dei voli, ma prima di tutto il mantenimento da parte degli equipaggi della massima prestazione in campo della sicurezza del volo.

Quanto detto non sono parole vuote, ma un fatto: se l'aereo è arrivato ad essere il mezzo di trasporto rapido più sicuro, il merito è di questa vera ossessione, di questa occhiuta sorveglianza del materiale di volo e degli equipaggi.

Noialtri, con i nostri aeroplanini, abbiamo spesso la tendenza a considerarci come se vivessimo e volassimo in un mondo differente da quello dei "grandi" o dei militari (i quali pure spendono ingenti somme per addestrare e mantenere bene il loro materiale tecnico ed umano).

E' tuttavia un errore pensare così, poichè un ala di CAP-10 che si separa dal velivolo od un motore di DC-10 che esplode tranciando tutti e tre i circuiti idraulici, rendendo dunque il velivolo incontrollabile, sono la stessa cosa: l'unica differenza è il numero delle vittime, ma io riesco facilmente ad immaginare che l'orrore provato dai piloti nei due cockpits, negli ultimi secondi che precedevano lo schianto e la fine, era estremamente simile.

Personalmente, io non sono tentato da una fine di questo genere e niente può convincermi a prendere certi rischi ciecamente: è chiaro infatti che decollare comporta come corollario il rischio di terminare il volo rompendosi il muso, ma penso che tutti i piloti attribuiscono lucidamente seppure implicitamente questo ad un rischio accidentale, mettendo in opera tutte le precauzioni necessarie a rendere l'eventualità la più tenue possibile.

Si può quindi porre la questione in questi termini: andreste in volo con un velivolo del quale non è possibile definire lo stato di conservazione ed efficienza? Questa è evidentemente una domanda grave, carica di molteplici ripercussioni.

Mi è venuta alla mente nel modo seguente, assai semplice: si dà il caso che io avessi preso la decisione, a fine maggio, di riprendere l'attività acrobatica, ovviamente a Chateau-Thierry: questo per molte ragioni, fra le quali il fatto che il materiale a disposizione (CAP-10 e CAP-20L) era più che lindo, addirittura immacolato, tanto da sembrare nuovo. Inoltre, la mia conoscenza delle Officine Mudry e della gente che vi lavora rafforzava questo sentimento di sicurezza riguardo ai velivoli.

Seconda ragione era la personalità degli istruttori (Hasler ed Heu), entrambi piloti di linea dell'ultima generazione, dunque formati dalla più tenera età a quell'ossessione per la sicurezza e, allo stesso tempo, dotati di una grinta di acrobati inattaccabile: in breve, un'eccellente miscela di ragione e passione, di gente capace di picchiar duro senza però "tirare" troppo.

Poco dopo avvenne l'incidente: io mi trovavo alle Antille in compagnia di un altro pilota acrobatico di Chateau-Thierry che si pose le mie stesse domande. Rientrando in patria ed incontrando Hasler, che era stato l'istruttore del pilota caduto, avevamo confrontato le nostre impressioni e non avevamo potuto altro che constatare dei comportamenti personali simili.

Sia qui ben chiaro che io sono solo un utilizzatore di aeroplani, non un tecnico, ed è dunque possibile che io dica delle bestialità sul piano della pura tecnologia: tuttavia per quanto mi riguarda io non volo e non volerò mai più su un CAP-10 di club, finchè le conclusioni dell'inchiesta di Chateau-Thierry non saranno state pubblicate. Insisto sul "di club", poichè non penso assolutamente che il CAP-10 sia un aereo pericoloso.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 43

Al contrario, io penso che il CAP-10 sia un aereo estremamente affidabile e sicuro quando lascia la linea di montaggio di Mudry: questa è un'opinione che mi sono formato con molte ore di volo su questo aeroplano e grazie alle mie strette relazioni con la gente che lo costruisce. Tuttavia, il velivolo arriva in un club e comincia un'esistenza che si può riassumere come segue.

Ogni ora di volo di CAP-10 è letteralmente zeppa di scossoni, di puntate ad elevato g uguali od eccedenti i limiti specificati nel manuale di volo (come ha dimostrato Jean-Marie Saget che aveva equipaggiato un CAP-10 con un registratore di g, con risultati impressionanti). Inoltre, quando il velivolo non subisce questi sforzi concentrati, che possono essere aggravati da un'eventuale turbolenza, vive in un regime di "medio g" ancora significativo.

Si presta sempre attenzione al gmetro con la coda dell'occhio, ma ci si dimentica che il resto del volo acrobatico si svolge almeno con 2 piccoli g applicati alla cellula.

Infine, essendo i voli acrobatici di breve durata, la cellula deve subire un numero di cicli (termine saccente per "voli") maggiore di un aereo da turismo, uguagliando in questo gli aerei da scuola che invecchiano già non male facendo giri del campo.

Il vantaggio del CAP-10 nel campo della resistenza strutturale è che è di legno, ed il legno non invecchia come il metallo: si piega, lavora, flette, ma torna alla sua forma originale senza accumulare fatica. Ora, se si passa il limite il legno si rompe, mentre il metallo incasserà deformandosi prima di spezzarsi.

Quindi, la cellula del CAP-10 ha tutte le garanzie di solidità e robustezza, tenuto conto della spaventosa vita operativa cui è soggetto un velivolo acrobatico, perfettamente paragonabile a quella di un aereo da caccia (che viene scartato a 1500 ore di volo) per quanto riguarda i carichi sopportati dalla struttura.

Il guaio è che il CAP-10 del club è pilotato in modo eterogeneo da gente con mano ineguale e dalla capacità anche assai diverse. Il guaio è che nulla può rivelare qualcosa sulla vita reale del velivolo (ah, se potesse parlare!), su di un tale che si accanisce su di esso con incoscienza o disconoscenza quando il pilota successivo lo tratterà come una giovane sposa, lavorando forse perfettamente.

Il guaio è che, se un pilota dai bicipiti erculei supera il g e spezza una soletta del longherone, indebolendo così l'ala e preparando la strada del cimitero per un prossimo pilota, nessuno ne saprà mai nulla, e qualcuno potrà avere la spiacevole sorpresa di perdere un'ala in volo.

## 8.1 Cos'è successo a Chateau-Thierry?

Un pilota effettua un'uscita "dura" da una vite e perde un'ala qualche istante più tardi uscendo da un'altra manovra a minor g. I testimoni affermano che il pilota aveva "tirato" vigorosamente per riprendere l'orizzontale dopo la vite e che allora l'aereo si è spezzato. E' possibile.

Ricordo di qualche incidente che metteva in dubbio la struttura dei CAP: l'incidente di Robert Dousson a bordo di un CAP-20 "pesante" dell'Armée de l'Air (posizionamento verticale troppo violento, stimato a 12 g, che causava la perdita completa del cassone del bordo d'attacco. Il pilota moriva perdendo il controllo del velivolo a causa della dissimetria della velatura); l'incidente di un CAP-10 italiano (il pilota, in un colpo di follia, passava in rovescio mentre si trovava in volo di crociera e tirava un mezzo looping nel corso del quale il velivolo arrivava ben presto a quella decina di g che causava il distacco dell'intradosso) che portava ad identificare il rivestimento dell'ala come "fusibile di avvertimento" del fatto che una delle solette del longherone era rotta.

Dopo questi incidenti ci furono alcuni "fusibili" saltati, qualche rottura d'intradosso, qualche cricca ai castelli motore (CAP-20): in ogni caso, è certo ed innegabile che i velivoli non erano in causa e che la responsabilità era esclusivamente dei piloti.

mettiamo tuttavia le cose in chiaro: il CAP-10 ed il CAP-20L sono dei velivoli così performanti in acrobazia che è assai facile portarli rapidamente vicini al limite di resistenza: essi non chiedono, maledetti, che di volare ancora di più e meglio, a condizione di prendere un mezzo g ancora qua e là, di tirare o spingere ancora un pochino. E, poichè grazie al cielo esiste un margine di sicurezza fra i g limite pubblicati e la rottura, la struttura tiene.

La verità è che i piloti finiscono per comportarsi come se i g pubblicati fossero lontani del carico di rottura, e questo è estremamente grave, perchè nessuno lo va a raccontare ai compagni che volano dopo e, allo stato



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 44

---

attuale delle tecniche d'ispezione, l'inizio di rottura è perfettamente invisibile (il "fusibile" d'intradosso è, pare, perfettamente inoperante da quando è stata introdotta una modifica alla fabbricazione dell'ala).

Gli accelerometri montati a bordo attualmente non sono che degli ausili al pilotaggio e non dei bei baffoni che si rimettono a posto schiacciando un pulsante prima di ogni volo: perchè non montare un accelerometro fisso del quale rilevare i valori prima di ogni volo come si fa col contaore? Ciò che si fa per tenere i conti del club non può essere fatto anche per assicurare la vita dei piloti?

Ogni superamento del g limite dovrà allora essere sanzionato secondo modalità da definirsi in ogni club qualora si tratti di fatto accidentale, mentre ogni pilota che passa regolarmente i 6g dovrà essere invitato ad andare a scassare altrove aeroplani suoi, e non di tutti, e ad ammazzarsi da solo, poichè se prende 6g ben presto ne prenderà 8. E l'aereo che avrà subito troppi g dovrà essere segnalato al costruttore, che darà il suo parere dopo averlo esaminato.

Non posso esimermi dal pensare che il CAP-10 di Chateau era forse danneggiato al longherone da prima dell'incidente e che questo avrebbe potuto capitare ad un altro, a me per esempio.

Il pilota sembra aver rotto l'aereo uscendo dalla vite e tirando troppo: ma quando Dousson tirò 12 g, il longherone tenne, il cassone no; quando l'italiano impazzì assieme all'I-BETA, riuscì poi ad atterrare.

Ho sentito in alcune discussioni che l'ala del CAP-10 è di una solidità fenomenale e difficilmente riesco ad immaginare, forse a torto, un pilota debuttante che tira più di 10 g uscendo da una vite, anche se tira un pò più di quanto è solito fare.

Niente mi dice che non vi siano dei CAP-10 che non abbiano bisogno di un'occhiata al longherone: so bene che questo è di legno, che non si scassa così facilmente, ma so anche che una o due solette potrebbero essere scheggiate senza che nulla me lo possa far capire: e, se questo è ciò che è successo a Chateau, la rottura potrebbe essere avvenuta a carichi minori di quelli limite.

So che i responsabili non si trovano presso Mudry, che fabbrica un velivolo davvero eccellente e senza validi concorrenti al momento sul mercato mondiale: ma nei clubs, e dunque i responsabili siamo io e voi, che voliamo in acrobazia trovando tutto ciò assai normale (più si ha, più si vuole) e che avremmo potuto far passare l'incidente di Chateau-Thierry come un caso fortuito.

Per conto mio, attendo i risultati ufficiali dell'inchiesta, e se lo stato della mia personale psicosi potrà avere effetti sulla rapidità della cosa, ne sarò ben contento, tanto più che scopro poco a poco di non essere il solo a pormi delle domande.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 45

---

## 9 DOSSIER CAP-10: -3 O -4,5g?

Di Bernard Chabbert (Da "Pilote Privé", Gennaio 1979)

Dopo la pubblicazione, il mese scorso, dei tre articoli sulle rotture in volo di due CAP-10, il meno che si potesse dire è che le reazioni sono state, se non vive, almeno interessate.

Certo, alcuni ci hanno fatto sapere che ci consideravano dei sinistri imbecilli, cosa che è perfettamente nei loro diritti.

Altri, come Nenad Hrisafovic, che è l'ingegnere responsabile del progetto del CAP-10 (in quanto evoluzione dei disegni di base di Claude Piel del CP-100, estrapolato a sua volta dall'Emeraude) ed ha effettuato i calcoli del velivolo e quindi sa meglio di chiunque altro di cosa parla, ci hanno spontaneamente contattati per esprimere il loro accordo con la nostra presa di posizione allarmista.

Lo stesso Auguste Mudry considera che se il nostro titolo "Psicosi CAP-10" è effettivamente allarmante, ha il merito di indurre la gente a leggere quel che segue ed a riflettere sul problema.

Ciò detto, veniamo a ciò che ci interessa realmente, cioè a sapere perchè si verificano le rotture in volo.

Dapprincipio, sembrava che la versione dell'incidente avvenuto al velivolo dell'Aero Club di Piccardia che noi avevamo pubblicato a caldo (poiché l'incidente si era verificato poco prima della messa in stampa e l'inchiesta non era realmente avviata) fosse erronea: ciò dimostra cosa valgono le testimonianze...

Bisogna tuttavia spiegare a tal proposito che in questo caso i rottami del velivolo sono stati recuperati, diversamente dall'incidente di Chateau-Thierry nel quale l'aereo era quasi completamente bruciato. I rottami sono stati trasportati a Saclay e, senza volere anticipare nulla sulle conclusioni ufficiali, si può dire che anche quell'aereo si era rotto in positivo presentando il logherone tutte le caratteristiche di una rottura per sovraccarico. Bisognerebbe dunque ammettere che il pilota abbia tirato circa 10 g.

Le testimonianze si spiegano così: il pubblico non guardava l'aereo quando si è rotto, ma è stata la detonazione della rottura che ha fatto levare gli sguardi. E' sopravvenuto poi il distacco dell'ala nel modo seguente (sempre secondo quanto risulta dai rottami in esame): dopo la prima rottura netta del longherone all'attacco con la fusoliera, l'aereo partiva quasi stallato. L'ala, mentre si strappava, tirava violentemente sul comando dell'alettone (la bielletta era ancora intatta), provocando un'altrettanto violenta deflessione dell'alettone; questa iniziava la rottura dell'estremità dell'ala, segnalata dai testimoni come se si fosse prodotta in un looping rovescio (cosa possibile essendo l'aereo stallato dopo la prima rottura).

Ecco i fatti: ben inteso ogni mese porterà una quantità di nuove informazioni che vi saranno comunicate.

Torniamo dunque al fondo del problema, che è di sapere perchè i CAP si rompono in volo. Sia ben chiaro che questo non è che un articolo di rivista, cioè l'opinione di un buon uomo che può anche sbagliarsi: ma noi pubblicheremo una grande quantità di opinioni, e fra queste quella di Auguste Mudry, sperando che questo possa aiutare.

Nel frattempo, se qualcuno di voi ha qualcosa da dire, lo invitiamo a scriverci: anzi, vi domandiamo di scriverci, poiché troppa gente ha cose da dire riguardo a questo o quel modo di utilizzare l'aereo ma sembra di soffrire di un blocco quando si tratta di esprimere un punto di vista. Bisogna superare il blocco, aprirlo...

Nenad Hrisafovic è un ingegnere che ha lavorato in Jugoslavia ed in Polonia prima di stabilirsi in Francia. La sua formazione di progettista e pilota acrobatico viene quindi dall'Est, presso gli inventori degli Zlin, della Lomcovak e con piloti quasi leggendari.

Egli era dunque ultramotivato per intraprendere il lavoro consistente nel far passare l'Emeraude allo stato di aereo acrobatico che lui stesso qualifica come "minimale", cioè destinato, all'epoca, a fare tutto ciò che faceva lo Zlin, non di più e ben dentro le regole ufficiali.

Oggi, Nenad ha cambiato campo di attività, dato che il suo ultimo nato (d'accordo, si tratta di un'opera collettiva, ma lui è pur sempre uno dei "top men") si chiama Ariane... Bisognerebbe dunque essere un po' stupidi per sostenere che Hrisafovic non presenta tutte le garanzie di serietà e competenza richieste!

Ciò detto, dopo averlo contattato ci siamo incontrati nel suo ufficio dell'Aerospatiale a Mureaux, nell'antro dei lanciatori Ariane, e vi abbiamo trascorso il pomeriggio. Fu un corso speciale quello che ci fece, poiché con noi



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 46

---

si trovavano altri due ingegneri specialisti della SNIAS, che volavano anch'essi sui CAP-10 della Sezione Sport Aerei della SNIAS stessa.

Nenad ha cominciato lamentandosi del costume francese secondo il quale un ingegnere che ha la paternità di una macchina non ha con questa più alcun contatto quando la sua "traiettoria" professionale lo porta ad occuparsi d'altro: egli mi spiegò che aveva progettato due alianti in Jugoslavia e che, anche dopo il suo trasferimento in Francia, aveva ricevuto dai costruttori e dalle autorità aeronautiche di quel Paese delle corrispondenze che l'avevano portato a tenere sempre un occhio sull'evoluzione tecnica delle sue creature.

Poi si passò a quello che lo turbava di più, cioè che egli, come responsabile dei calcoli, aveva progettato e calcolato il CAP-10 per +6/-3g, punto a capo.

Ora, il CAP-10 ha visto il suo certificato di navigabilità portato da -3 a -4,5g già da qualche anno, ed egli vorrebbe sapere come si giustifica questa estensione dell'involuppo di volo. Infatti, se sul diagramma d'involuppo si cerca di estendere il limite inferiore fino a -4,5g, si vede subito che il campo di velocità in cui questo è usabile è estremamente ridotto, nell'ordine di qualche Km/h, e dunque in pratica inutilizzabile con precisione.

Nenan ammette nondimeno, con il dossier dei calcoli aperto sul tavolo e le dita sulle cifre, che il longherone, essendo largamente dimensionato in negativo, è dotato di una resistenza supplementare, ma, avendo chiesto agli organi ufficiali una spiegazione dell'estensione (domanda fatta da tecnici dell'Aerospaziale che volano sui CAP-10 basati a Mureaux, anch'essi preoccupati, da professionisti quali sono, del limite portato a -4,5g), non si è ottenuta alcuna risposta, così come non ne è venuta dal costruttore Avions Mudry.

Il vero fondamento del problema, come lo posso vedere io, mi apparve allora: abbiamo parlato per tre ore riferendoci a quello schema preciso, disegnato sulla lavagna, dell'involuppo di volo del CAP-10. Confesso di aver imparato più in quel pomeriggio che in quattro o cinque anni di aviazione sportiva. E, di colpo, certe cose mi fecero riflettere: avevamo sul tavolo il manuale di volo del CAP-10, il dossier dei calcoli, il certificato di navigabilità, ma tutto quello che abbiamo trovato in questi documenti non riguardava altro che l'utilizzazione del velivolo in condizioni non acrobatiche!

Sole indicazioni sul manuale: accelerazioni limite autorizzate, senza, insisto, alcuna indicazione delle relative velocità. Per il resto, si trovano indicazioni sulle prestazioni in crociera, in salita, ecc., cosa che corrisponde certamente alle esigenze ufficiali.

Prima osservazione: un aereo acrobatico lavora almeno quanto un aereo da caccia. Voi, piloti militari, andreste in volo su un Jaguar per ottenerne il massimo senza conoscerne l'involuppo di volo? No.

Cosa dispensa dunque un postulante acrobata dal fare altrettanto, soprattutto visto che non deve uscire dall'Università per saper leggere e comprendere dove può spingersi e dove si nascondono i mostri scassa-aeroplani?

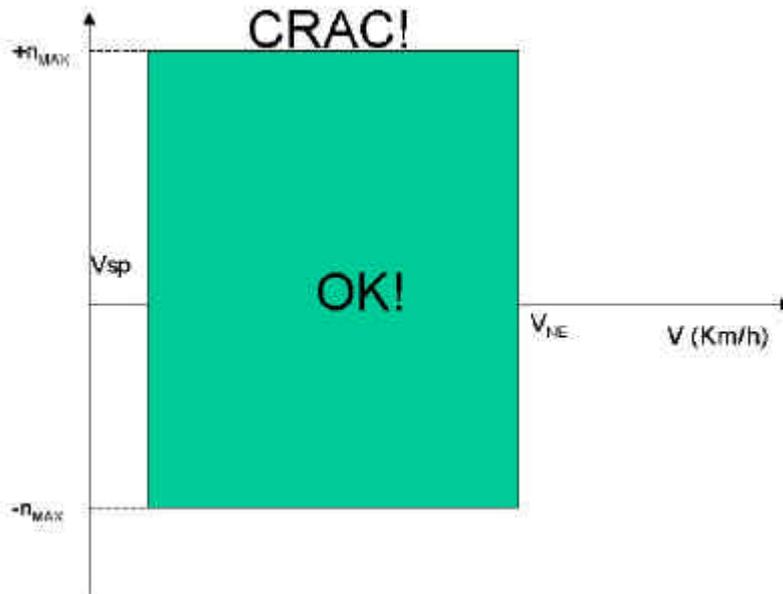
Questo è davvero scandaloso: io non conosco piloti di CAP-10 che abbiano mai visto questo famoso grafico, poiché non è pubblicato né nel certificato di navigabilità, né nel manuale di volo!

Ma cos'è dunque questo involuppo? Io, bestia ignorante, credevo che il CAP-10 fosse idoneo a volare a +6/-4,5g, quindi in un involuppo come quello riportato nella figura seguente.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 47



D'accordo, questo è semplicistico perchè, se ci riflettiamo un po', tutti abbiamo sperimentato che un aereo stalla, in positivo o negativo, a velocità crescenti in funzione del fattore di carico. La figura prende quindi la forma seguente, modificata dall'introduzione delle curve di  $C_p$ MAX in positivo e negativo.

Si vede in questa figura l'importanza della  $V_a$  o velocità di manovra, cioè quella alla quale possiamo spingere a fondo qualsiasi comando senza superare i limiti di resistenza del velivolo: superata la  $V_a$ , se si porta a fondo un comando l'aereo si rompe ed è finita.

Ciò vuol dire che, nel caso del CAP-10 che ha  $V_a$  di 235Km/h, bisogna sapere che un alettone deflesso a fondo a 300Km/h avvia la rottura. Ciò che sorprende, ma è tuttavia evidente, è che si avrà rotto l'aereo senza che il g-metro segni qualcosa di anormale: si può scassare tutto anche ad 1 g...

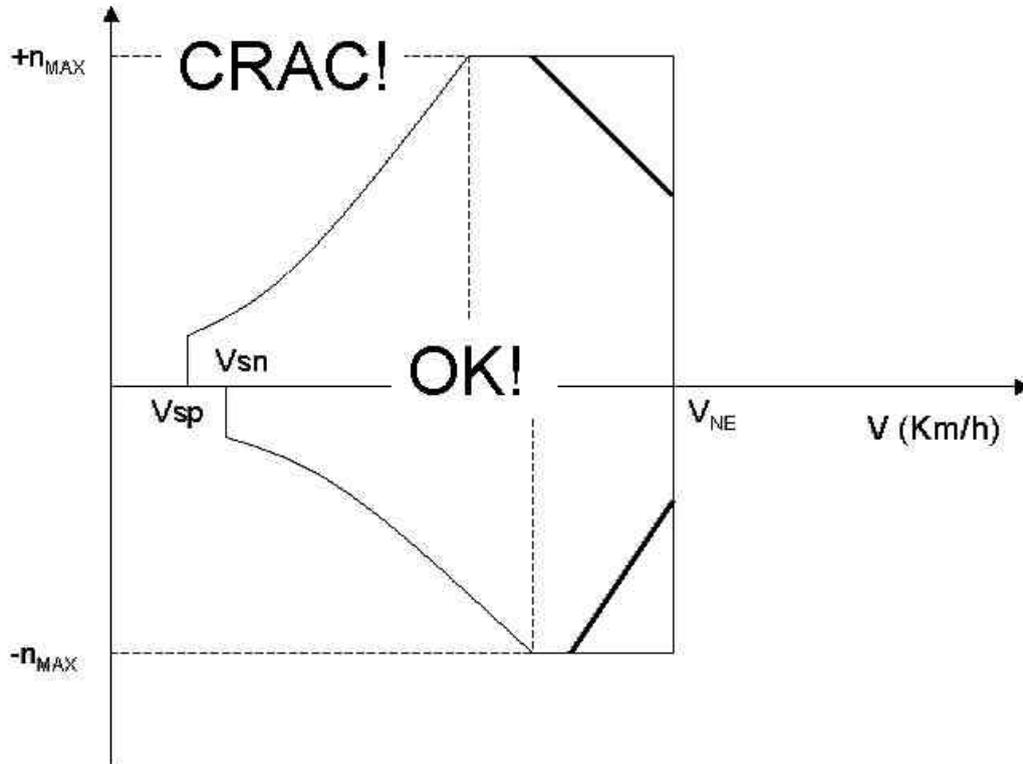
Dunque, attenzione: oltre la  $V_a$ , niente comandi a fondo.

Su questa seconda figura appaiono, sull'asse delle velocità, una  $V_d$  che è la velocità limite calcolata dell'aereo, ben superiore alla famosa  $V_{NE}$ , che è invece la velocità massima autorizzata. Oltre la  $V_d$  del 10% si entra nel campo delle rotture esplosive causate da flutter, che non sembra aver avuto parte nei nostri due incidenti.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 48



Nelle due figure presentate in questo articolo, non troppe per una volta sola, si nota che il limite negativo è stato fissato a  $-3g$ . Prossimamente continueremo il nostro piccolo viaggio nei grafici, cercando di passare dalle nostre prime deboli e fiacche manovre al vero inviluppo di volo.

Ma sia ben chiaro che non si tratta dell'inviluppo del CAP-10, ma di un caso tipico a questo ispirato, poiché l'importante è riuscire a far sì che ogni pilota che sale su un aereo acrobatico abbia visto e capito quali sono i veri limiti di utilizzo del suo velivolo, e non solo i semplicistici "+6/-4,5g".

Se non si vuole che l'acrobazia aerea diventi un'attività pericolosa è imperativo che i piloti acrobatici divengano gente responsabile ed istruita, essendo il velivolo che pilotano spesso di proprietà collettiva: nessuno ha il diritto, nemmeno per ignoranza, di mandare in volo un compagno su un aereo criccato, scassato o indebolito.

Infatti, mi confidò Nenad Hrisafovic, non esiste attualmente a suo avviso un metodo per evidenziare una possibile fenditura nel bngherone del CAP-10: infatti, fra la crepa e la rottura netta non c'è che un pelo di mosca, e, d'altra parte, quando si incrina un aereo questo produce uno scricchiolio assolutamente sinistro che previene largamente il pilota. Però, se questo non dice nulla dopo l'atterraggio...

Vedremo le riflessioni che questi fatti hanno ispirato alla ditta Mudry, che non bisogna, come ho purtroppo sentito fare, caricare di tutte le colpe: nessun costruttore al mondo ha interesse a veder cadere i propri aeroplani, se non altro per politica commerciale.

E' per questo che una casa come la Boeing, per esempio, fa di tutto per assicurarsi che i propri prodotti siano utilizzati correttamente, perchè, ogni volta che un Boeing cade, anche se per colpa esclusiva dell'equipaggio, è sempre un Boeing che è caduto.

E' assolutamente lo stesso per Mudry, e bisogna anche e soprattutto ricordare che, senza Mudry, non vi sarebbe acrobazia moderna in Francia, o per lo meno non avrebbe la diffusione che fa della Francia il primo Paese al mondo per numero di praticanti la specialità.

Ancora, continueremo il nostro embrione di esposizione sull'inviluppo di volo e la sua corretta interpretazione ripetendo ancora che non si tratta di un corso ma di un articolo scritto da qualcuno che cerca di scoprire e



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 49

---

capire cose che altri avrebbero dovuto insegnargli, molto tempo prima, quando cominciava la sua carriera di acrobata.

Lo scopo è che il pilota di club, che non ha una formazione professionale e che vuole avvicinarsi all'acrobazia, abbia a disposizione il minimo ragionevolmente esigibile per affrontare l'argomento da persona responsabile ed adulta: l'acrobata, anche di primo ciclo, lavora in condizioni paragonabili a quelle di un pilota da caccia, e dovrebbe esigere dal proprio istruttore un discorso, anche semplificato ma facile ed evidente, sul tema, cosa che non richiede più che un'ora di attenzione.

Infine vi sono, fra costruttori ed utilizzatori, quelli che noi chiamiamo servizi ufficiali la cui missione (di servizio pubblico e quindi al servizio del pubblico) è quella di fare la parte dello Sceriffo. L'aereo è certificato da servizi che devono verificarne la conformità alle regole da essi stessi scritte ed approvate: l'aereo è successivamente commercializzato munito di manuale d'impiego il cui contenuto deve essere conforme ai voleri dei suddetti servizi e l'utilizzatore, accordando totale fiducia allo Sceriffo, dovrebbe poter volare in totale sicurezza.

Ora, si verificano due cose:

1. Il manuale di volo del CAP-10 non contiene copia del diagramma dell'inviluppo di volo, cosa che è assai grave trattandosi di un velivolo acrobatico. Il grafico si trova invece nel manuale del CAP-20L.
2. Riguardo al CAP-10B, il certificato di navigabilità (che non riporta a sua volta l'inviluppo) ha un bel giorno avuto riportato il passaggio da -3 a -4,5g autorizzati, e chi ha chiesto spiegazioni non ne ha ottenute. Ora, questi -4,5g non sono ammessi se non su 2 o 3 Km/h, e, senza aver visto il grafico, è difficile sapere dove vi si posizionino.

Come scriveva Bertrand Hasler il mese scorso, gli albori dell'aviazione si sono sviluppati in un contesto di incidenti che avvenivano con agghiacciante regolarità perchè si ignorava, non si sapeva e quindi bisognava per forza andare ad ammazzarsi per scoprire perchè.

Noi viviamo nel 1980 e, oggi, si sa pressoché tutto quello che si deve sapere per fare acrobazia in sicurezza: nondimeno, questa conoscenza è disponibile a discrezione dei piloti.

Non si tratta dunque di trasformare piloti di club in collaudatori né di far fare acrobazia ai soli ingegneri: sarebbe sufficiente spezzare il totale oscurantismo e servirsi un po' del proprio cervello per potere, come dice Hasler, comprendere tutti meglio, da bestie quali siamo, come si fa a volare.



# COMPLEMENTI DI ACROBAZIA AEREA

EDIZIONE: 1  
DATA: MARZO 2004  
PAGINA: 50

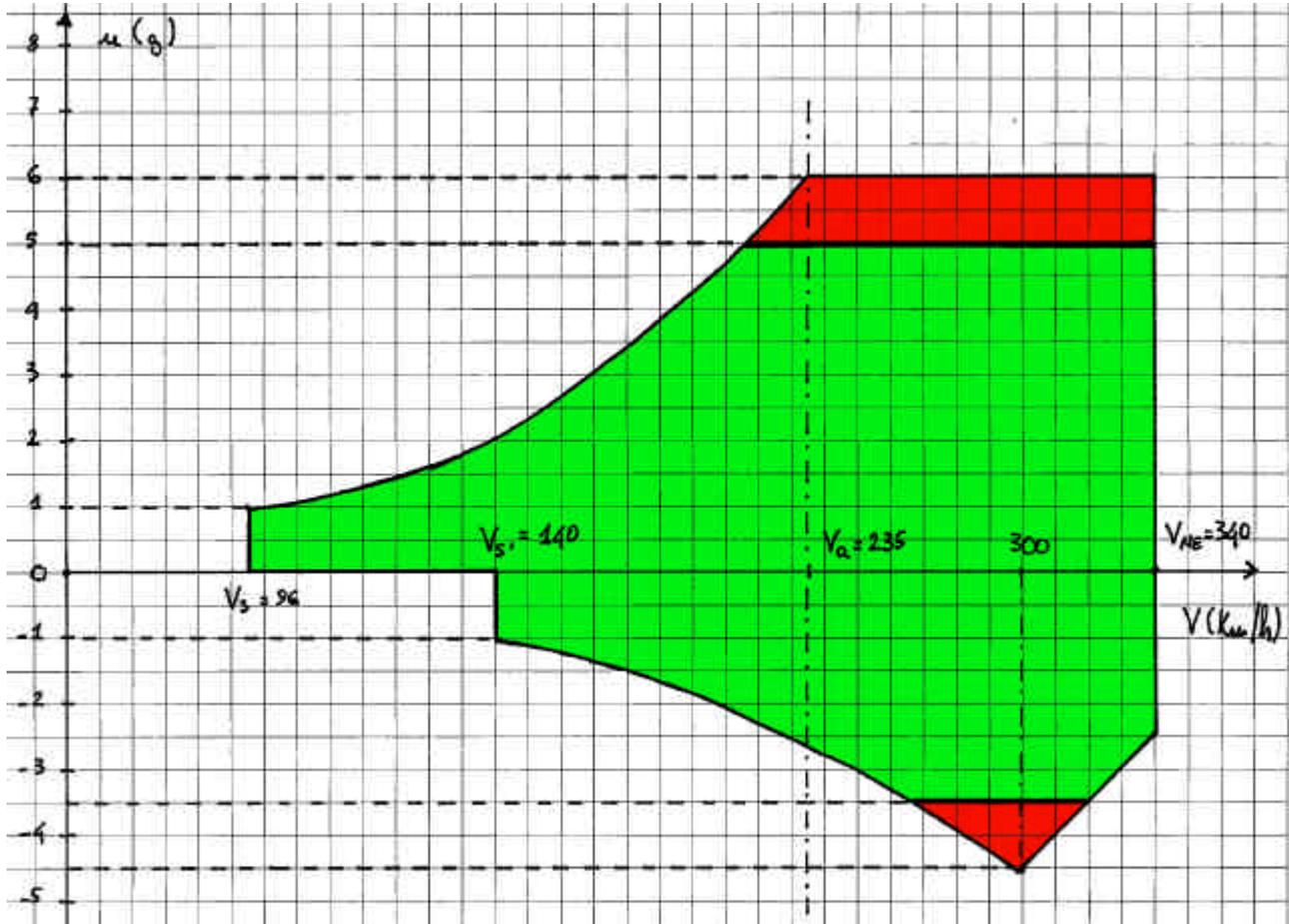


Diagramma dell'Involuppo di Volo del CAP-10B