



centroappunti.it

CORSO LUIGI EINAUDI, 55/B - TORINO

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2553A

ANNO: 2023

A P P U N T I

STUDENTE: Binetti Thomas

**MATERIA: Sistemi di bordo aerospaziali - 01MZBLZ - Prof.
Maggiore**

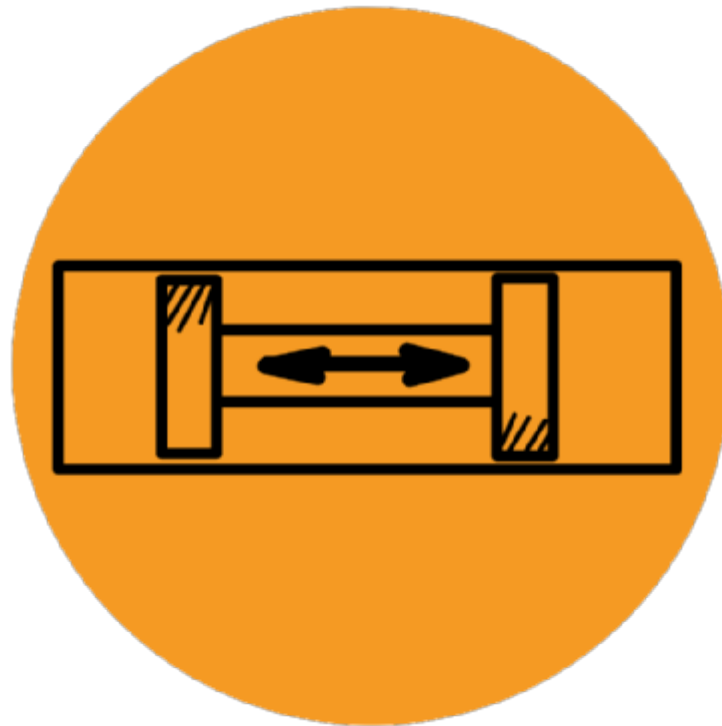
Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTI E NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

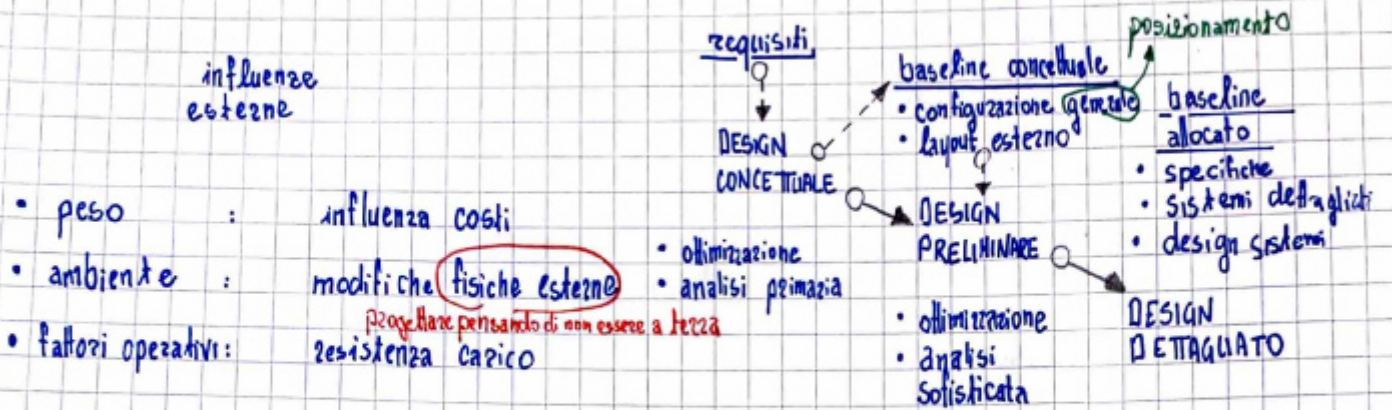
SISTEMI DI BORDO

01MZBLZ - Sistemi di bordo aerospaziali



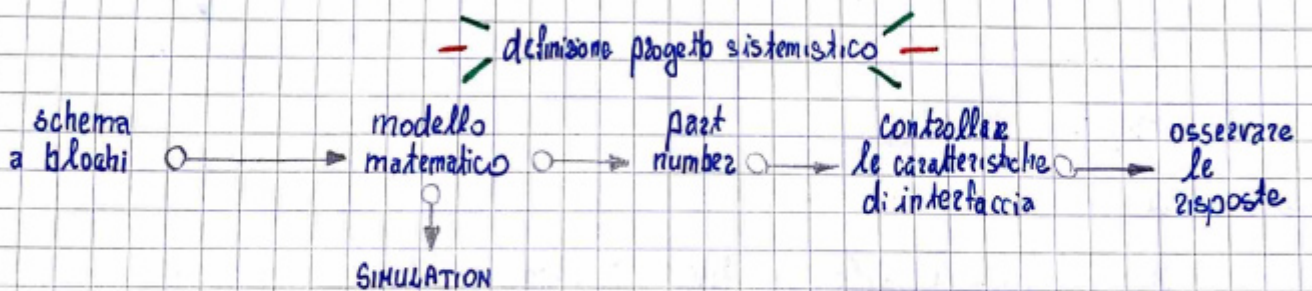
Versione 1.0

■ Sviluppo del Progetto



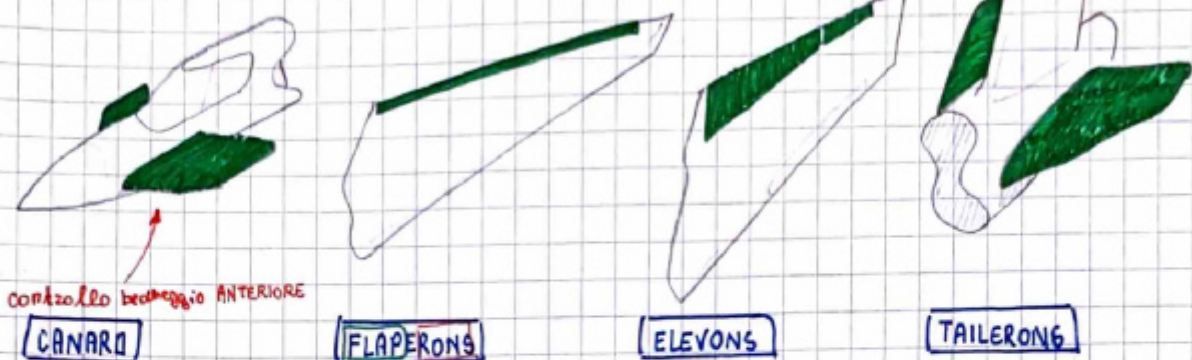
■ Codifica ATA

normalizzazione dei sistemi aerospaziali secondo ATA
(Aircraft Traffic Association)



Comandi di Volo Particolari

- combinazione di comandi di volo per ottenere nuovi elementi -



controllo beccheggio ANTERIORE

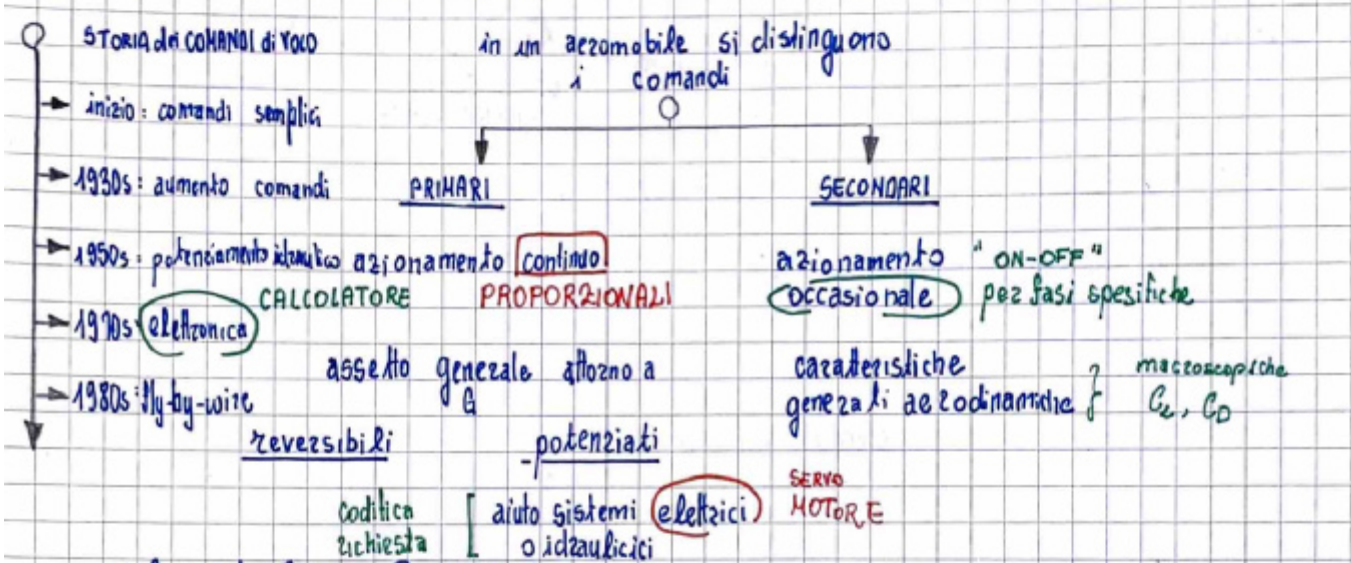
CANARD

FLAPERONS

ELEVONS

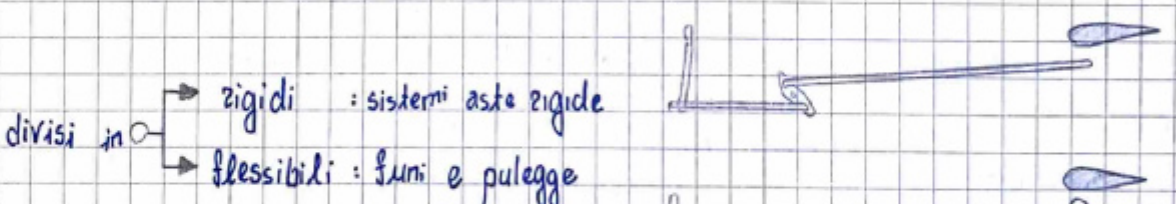
TAILERONG

Classificazione dei Comandi

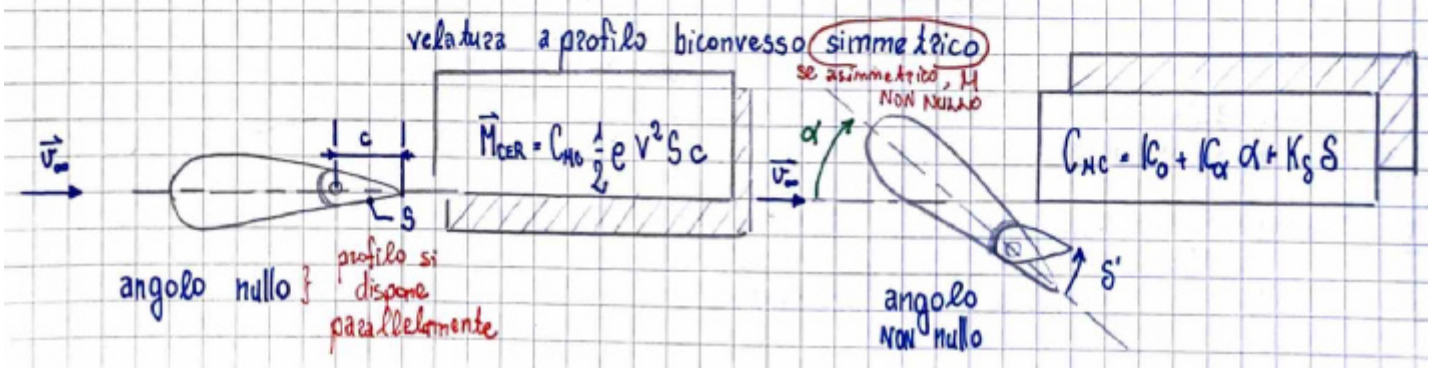


Comandi Primari Reversibili

primo tipo di comandi primari



Caratteristiche Aerodinamiche

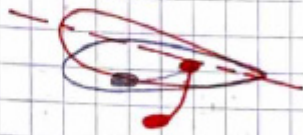


Bilanciamento

BILANCIAMENTO STATICO

fenomeno secondo il quale si sposta il baricentro, rendendolo coincidente con l'asse di rotazione

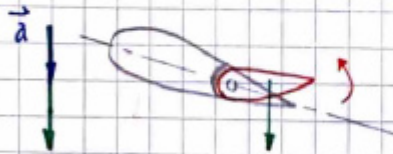
- contrappeso statico



soluzioni costruttive

BILANCIAMENTO DINAMICO

fenomeno secondo il quale una superficie mobile crea una deportanza se soggetta a carichi inerziali



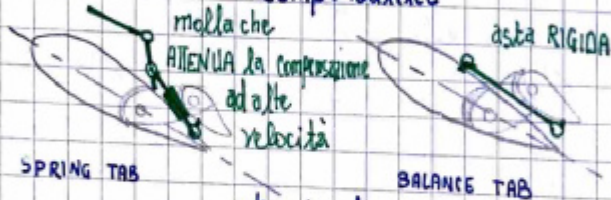
Compensazione e Correzione

COMPENSAZIONE AERODINAMICA

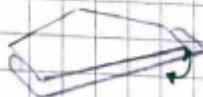
mediante FORZE AERODINAMICHE

riduzione dello sforzo del pilota nel compiere determinate forze sulle parti mobili

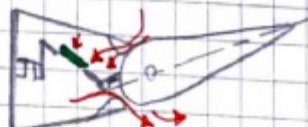
- aletta compensatrice



- becchi di compensazione



- balance panel

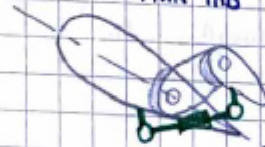


CORREZIONE del COMANDO

facilitazione del volo in condizione del volo

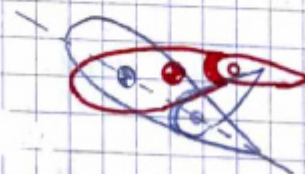
VARIATA precisa, costante nel tempo

- aletta correttiva TRIM TAB



ELETRICI

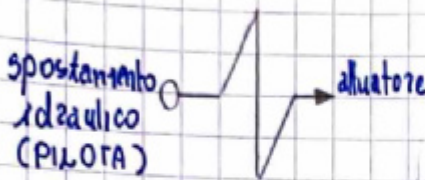
- cassetta comando regolabile



Architettura di Sistemi Potenziati

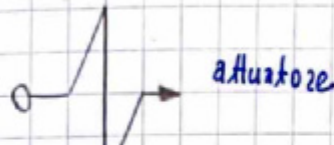
descrizione dei principali tipi di sistemi

idraulico

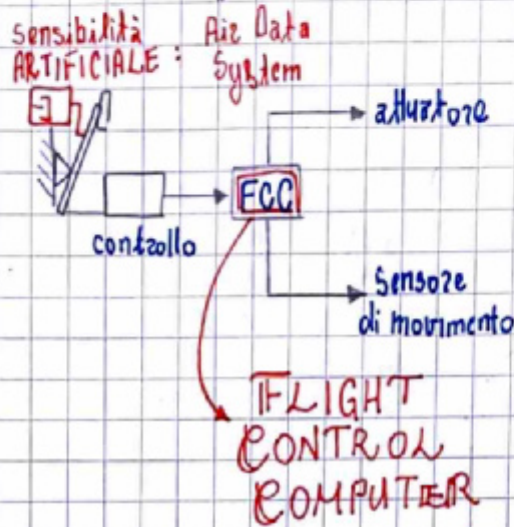
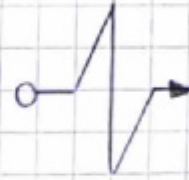


demanda (PILOTA)

fly-by-wire



fly-by-light

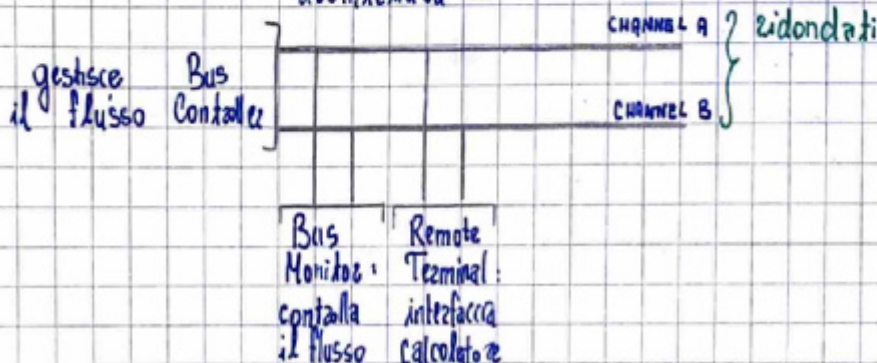


- sistema centralizzato { uso di un DATABUS con tutti gli altri comandi
- validazione SOFTWARE e HARDWARE

FOCUS Databus Elettronico

collegamento intercomponente che trasmette una informazione elettronica.

- architettura -

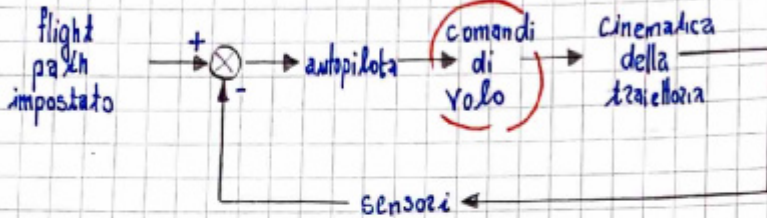


Autopilota

OUTER LOOP

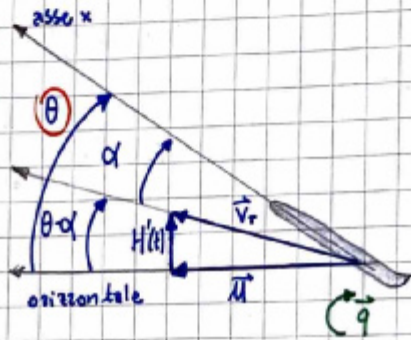
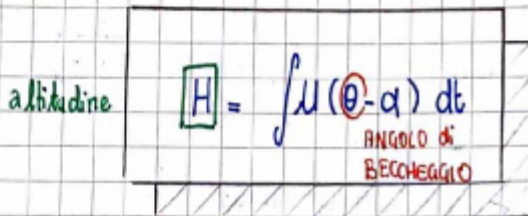
loop dell'autopilota

OUTER: lento
INNER: veloce



► Controllo Alitudine - Beccheggio

Prop. La funzione di controllo dell'alitudine tiene conto della variazione dell'angolo di BECCHEGGIO.



$$\text{dim: } i. H(t) = \int H'(t) dt = \int (v_r \sin(\theta - \alpha)) dt$$

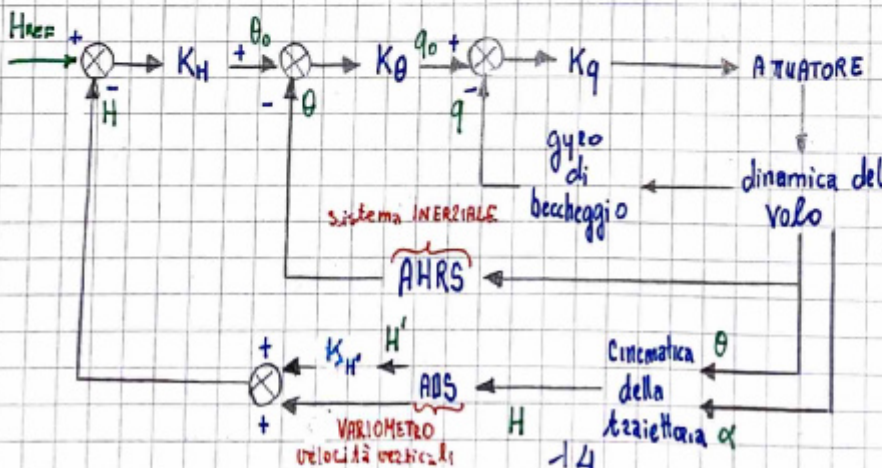
ii. per piccole oscillazioni ($\theta - \alpha \approx 0$)

$$v_r \approx u$$

$$\sin(\theta - \alpha) \approx \theta - \alpha$$

$$\Rightarrow H(t) = \int u(t) \cdot (\theta - \alpha) dt$$

AHRS: Air Heading Reference System
ADS: Air Data System



PITCH ALTITUDE CONTROL LOOP

■ Yaw Dampers

Prop. Un velivolo soggetto ad **IMBARCATA** nasce una coppia che opportunamente regolata, restituisce un opportuno riposizionamento

$$C = J_R \omega_R \Omega_{yaw}$$

X NON UTILE

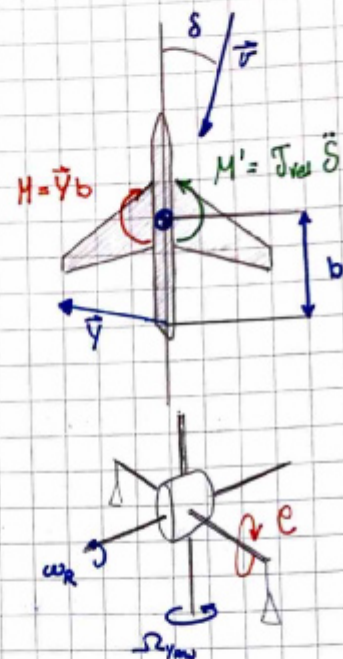
elevata turbolenza

atterraggio

diminuisce il
CONTROLLO AERODINAMICO

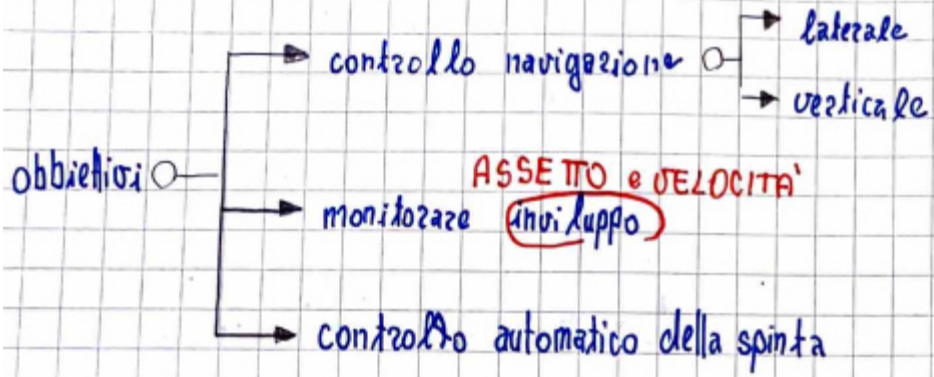
✓ UTILE

mal d'orecchio



■ Automanetta

automanetta sistema che mantiene costante la velocità durante la manetta.



Focus Navigazione 4D

gestione della navigazione nello SPAZIO e nel TEMPO stima del Tempo dall'ATC

gestito dal FMS

- spinta: AUTOMANETTA
- frenamento: FLIGHT SPOILER

Ammortizzamento

ammortizzatore oleopneumatico sistema di ammortizzazione formato da una combinazione di olio e un gas in compressione. **ASSORBIMENTO e TRASFORMAZIONE dell'Energia**

mezzo DISSIPATIVO mezzo elastico

$$\vec{R} = A p_0 \left(\frac{V_0}{V_0 - A\delta} \right)^\gamma + A^3 K \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2$$

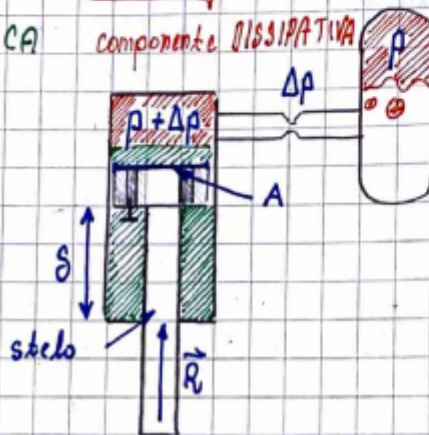
dim: i. A superficie

p_0 pressione gas pre-carico

V_0 volume gas pre-carico

δ schiacciamento

K coefficiente di perdita di carico (strozzatura)



Δp perdita di carico (strozzatura)

ii. $R = A p = A(p + \Delta p)$

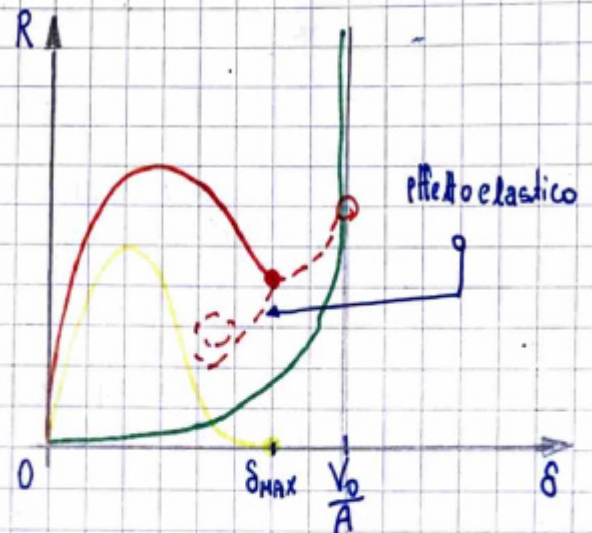
ove

$p = p_0 \left(\frac{V_0}{V_0 - A\delta} \right)^\gamma$ ■ isentropica

$\Delta p = K Q^2 = K (v A)^2 = K \left(\frac{d\delta}{dt} A \right)^2$ ■ viscosità

iii. da cui

$$R = A \left(p_0 \left(\frac{V_0}{V_0 - A\delta} \right)^\gamma + K \left(A \frac{d\delta}{dt} \right)^2 \right)$$



■ Pneumatico

pneumatici aeronautici simile agli automobilistici

tranne **DIMENSIONI** e **PRESSIONI**

accorgimenti

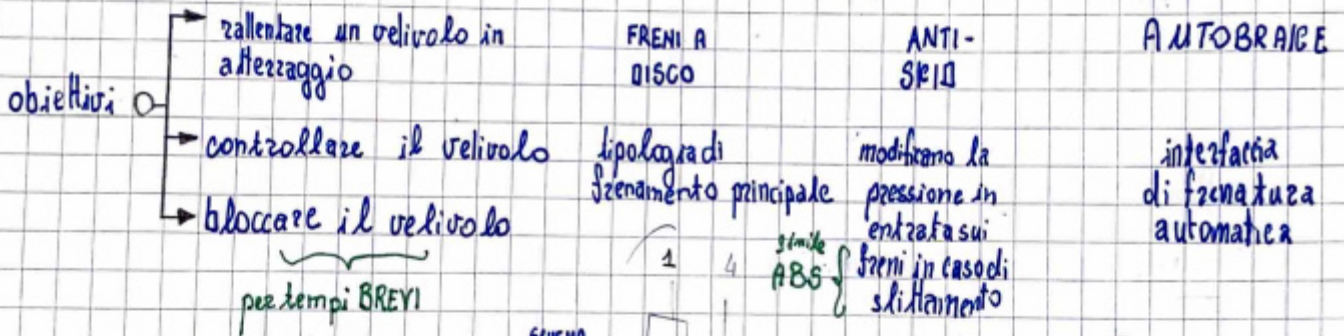
bottoming fenomeno secondo il quale il cerchio tocca la pista

normazione piste

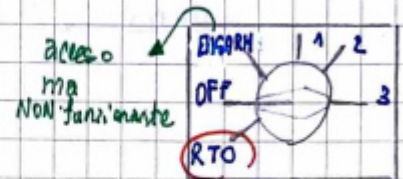
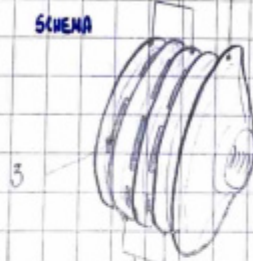
rigature evitare acqua planing senza tassellature

■ Freni

tipologie di frenatura



- legenda
- 1 statore
 - 2 rotore
 - 3 rivestimento
 - 4 piatto di pressione

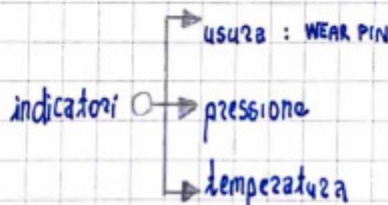
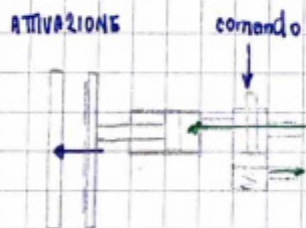


circuito abortito AVARIA del MOTORE

input di segnalazione

in base a quale sistema si attiva

- WOW ammortizzatori
- aerofreni

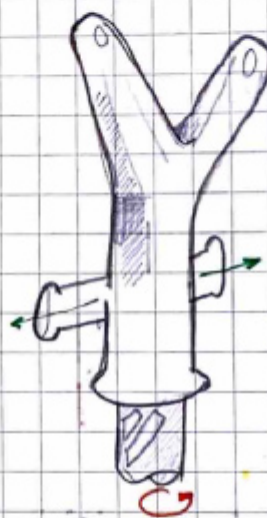
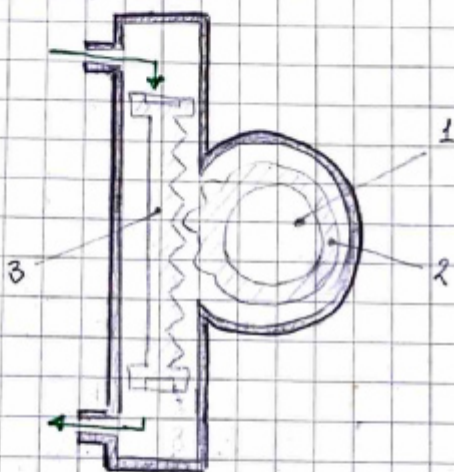


● CARRELLO (Lezione 2)

■ Stezzatura

azione sull'asse del carrello anteriore
nell'A380 anche sul BODY
soluzione classica

- gruppo CREMAGLIERA-RUOTA



- 1 stelo
- 2 ruota
- 3 pistone (cremagliera)

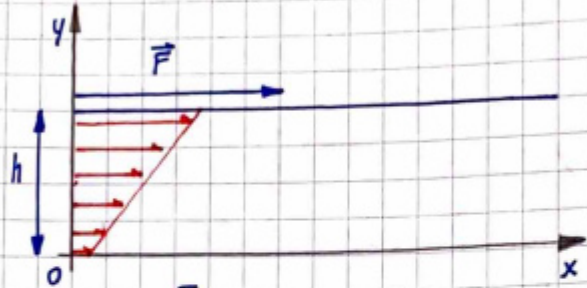
ultraleggeri :
linea : gruppo cremagliera - ruota
grandi : attuatori

A380, B747

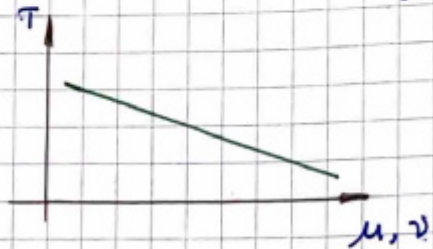
■ Viscosità

Prop. La VISCOSITÀ è il rapporto fra lo sforzo tangenziale e il gradiente di scorrimento.

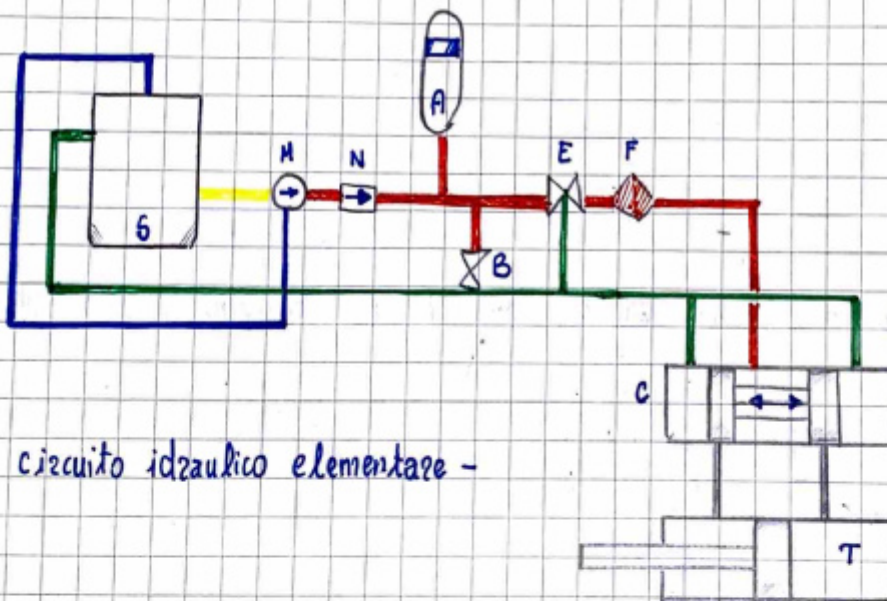
$$\mu = \frac{\alpha}{\gamma}$$



ove $\gamma = \frac{\partial v}{\partial y} \approx \frac{v}{h}$ gradiente di velocità
 $\alpha = \frac{F_{tang}}{S}$ sforzo tangenziale



■ Circuito Elementare



ρ costante
 valori standardizzati

FUNZIONAMENTO

PROVA attivazione B

SCOPPIO deformazione irreversibile

- circuito idraulico elementare -

- S serbatoio
- M motore (pompa)
- A accumulatore
- C Valvola comando
- T attuatore

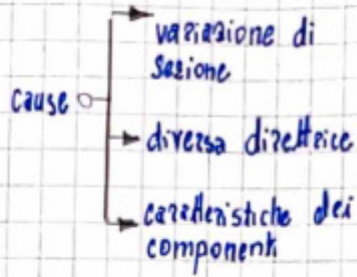
- COMPONENTI -

- N non ritorno
- B sicurezza (due vie)
- E trivio
- F filtro

- VALVOLE -

- aspirazione
- mandata
- ritorno
- deinaggio

PERDITE



Oss La perdita è parametrizzata da un coefficiente di perdita per piccole turbolenze.

Oss La perdita dei tubi può essere schematizzata come perdite almetriche (dovute alla legge di Bernoulli).

fattore di perdita

$$\Delta P = K \frac{1}{2} \rho v^2 = K \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q^2}{A^2} \right)$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} + \sum h_{\text{loss}}$$

perdite ALTIMETRICHE

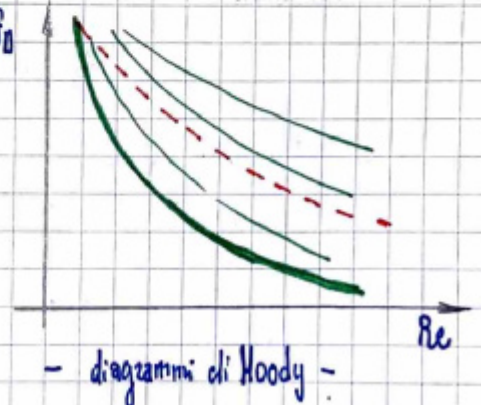
$$\Delta P \propto \frac{1}{d^4}$$

Oss Il fattore di perdita dipende dalla «snellezza» del tubo e dal «friction factor» (coefficiente d'attrito).

$$K = f_0(Re) \left(\frac{L}{D} \right)$$

snellezza del tubo f_0

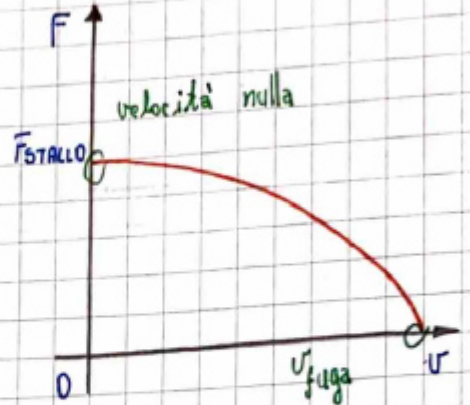
friction factor, dal DIAGRAMMA di MOODY



► Dimensionamento Preliminare

Def La forza di un attuatore dipende dalla velocità di esso.

$$\vec{F} = S_1 p_{MANDATA} - K_{TOT} v^2$$



dim: i. tra sovrare e inerzia

$$F = p_1 S_1 - p_2 S_2 = p_1 S_1 - p_2 K S_1$$

$$= S_1 (p_1 - K p_2)$$

M mandata
R ritorno

■ punti di potenza nulla

$$p_1 = p_M - \Delta p_M \quad v_1 = K_M v$$

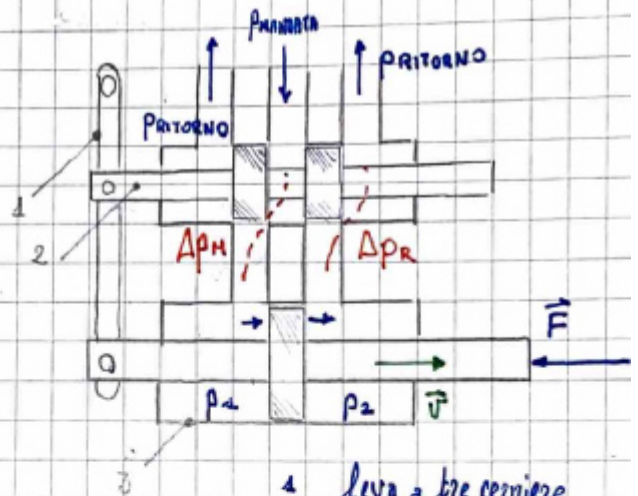
$$p_2 = p_S + \Delta p_R \quad v_2 = K_R v$$

coefficienti COSTRUTTIVI

$$\Rightarrow \Delta p_M \propto v_M^2 \sim K_M K_M^2 v^2$$

$$\Delta p_R \propto v_R^2 \sim K_M K_R^2 v^2$$

viscosità dell'olio



iii. Si ha che

$$\vec{F} = S_1 (p_M - \Delta p_M) - K (p_R + \Delta p_R)$$

$$= S_1 (p_M - K_M K_M^2 v^2 - K (p_R + K_M K_R^2 v^2))$$

$$= S_1 (p_M - K p_R - v^2 (K_M K_M^2 + K_M K_R^2 K))$$

$$= S_1 p_M - S_1 K p_R - v^2 (S_1 K_M K_M^2 + S_1 K K_M K_R^2)$$

$$\sim S_1 p_M - v^2 K_{TOT}$$

1 leva a tre cerniere
2 servovalvola
3 attuatore

Pompe

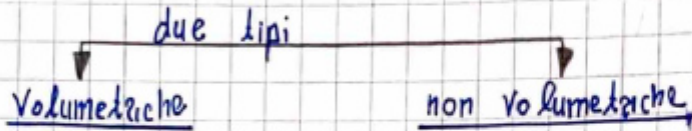
pompa macchina che erogata la quale, attraversando un circuito fluidico induce una pressione

generazione

meccaniche (Engine Driven Pump)

motori elettrici (Electric Motor Driven Pump)

aria e stema (Ram Air Turbine)

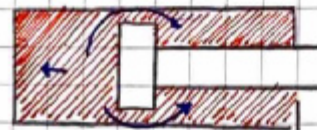
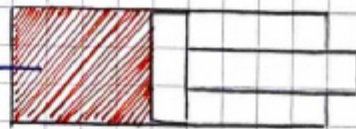


spostano il volume di fluido indipendentemente dalla pressione a valle

- impianti idraulici

accelerano il fluido per poi rallentarlo in una voluta

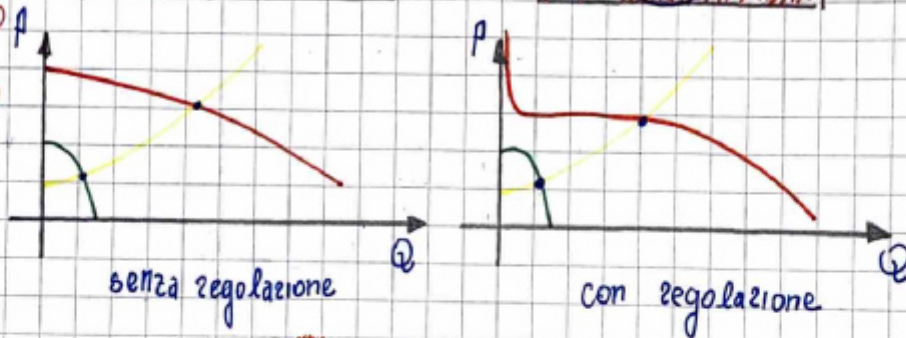
- combustibile
- lubrificante



decremento dovuto PERDITE di CARICO

caratteristiche di funzionamento pompa

simile al grafico ATTUATORE



- volumetriche
- non volumetriche
- sistema
- punto di lavoro

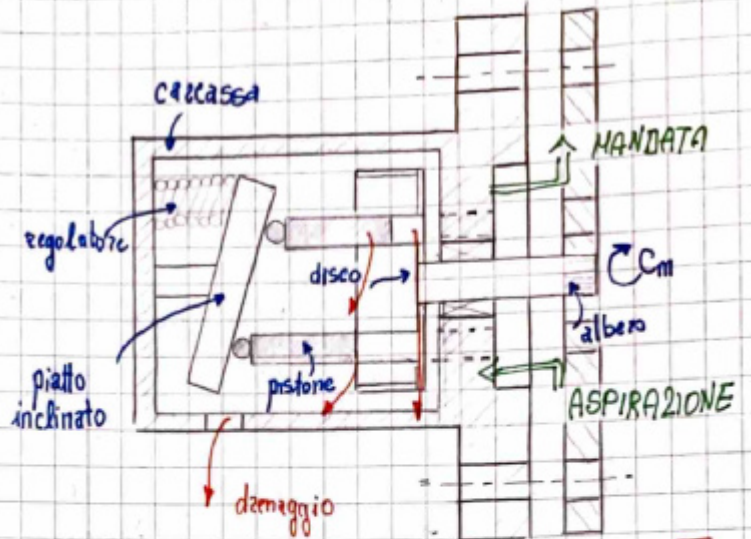
Oss

la pompa è una macchina reversibile. In tal caso è chiamata MOTORE IDRAULICO.

► Pompe a Pistoni Assiali

tipico funzionamento di una pompa utilizzata

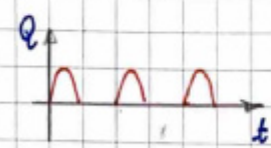
funzionamento



i. pompa a pistone **singolo**

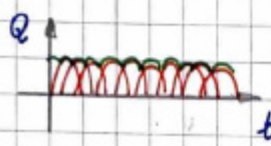
velocità alterata

azionata da **BIELLA-MANOVELLA**

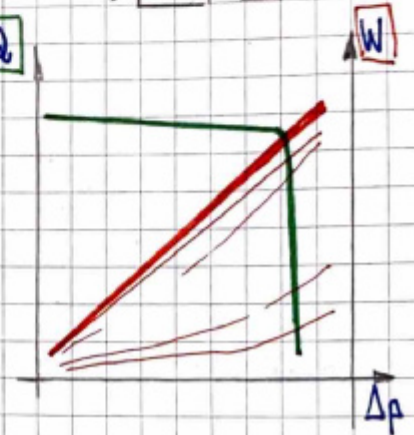


ii. serie di pistoni stasati

portata quasi-costante



iii. azionamento



► Cavitazione nelle Pompe

dislivello **SERBATOIO**
POMPA

NPSH (Net Positive Suction **Head**) tendenza di una pompa alla cavitazione.

Se

NPSH R(quired):

Carico energetico attraversamento

FLANGIA

PRIMA

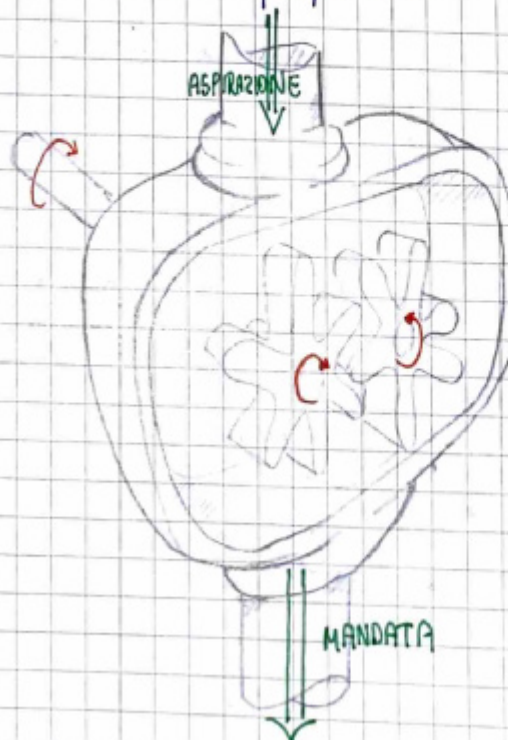
ASPIRAZIONE

GIRANTE

► Pompe a Ingranaggi

funzionamento

i. movimentazione dell'ingranaggio velocità olio in aspirazione



● IDRAULICA (Lezione 5)

■ Accumulatore

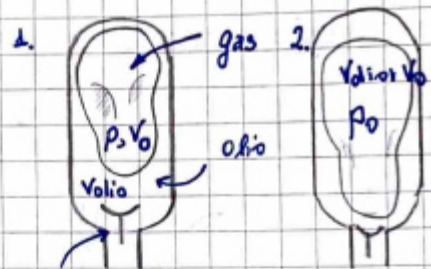
accumulatore elemento che redistribuisce l'energia idraulica = olio in pressione
Accumula / DISPENDE

- funzioni principali:
- riserva energetica
 - attenuamento picchi durante TRANSITORI
 - limitare quantità flusso in mal funzionamento

Oss Il gas e l'olio all'interno di un accumulatore usano una politropica. Da essa è facile ricavare il dimensionamento.

$$P_n = P_0 \left(\frac{V_{olio} + V_0}{V_0} \right)^\gamma$$

pressione scarico
Volume scarico



- accumulatore a sacca -

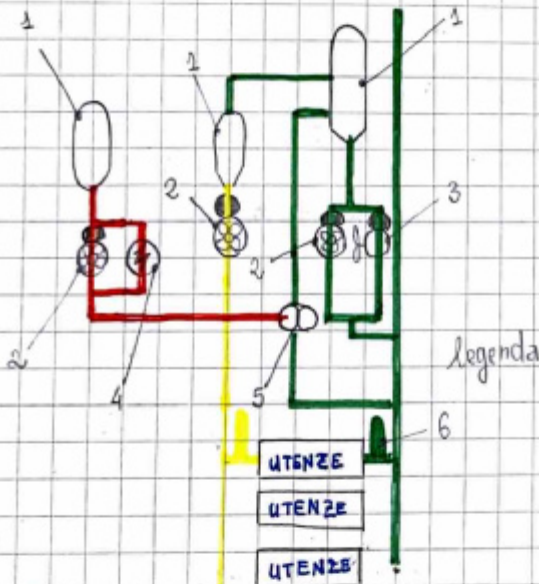
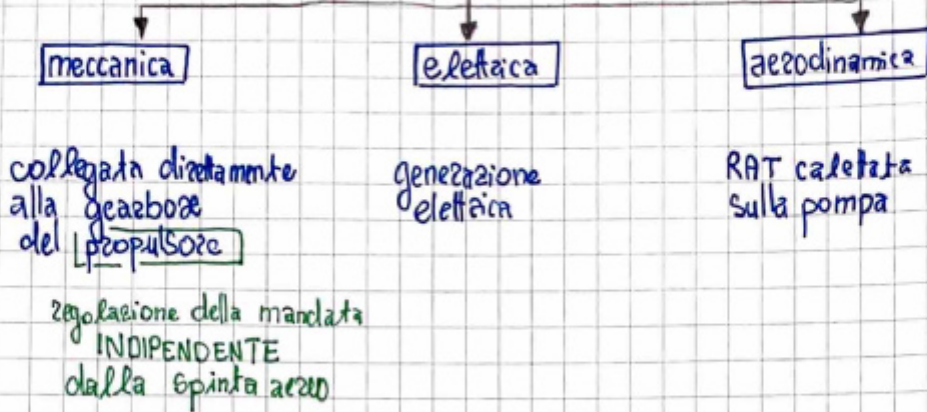
Oss L'olio da fornire alle utenze dipende anche dal numero di azionamenti.

$$V_{olio} = n_{AZIONAMENTI} \text{ Cilindrata}$$

● IDRAULICA (Lezione 6)

■ Azionamento

tipologie di azionamento di una pompa



configurazione B737 NG (ETOP)

3 linee idrauliche

- legenda
- 1 serbatoio
 - 2 pompa meccanica
 - 3 RAT
 - 4 pompa elettrica
 - 5 PTU
 - 6 accumulatore

FOCUS Power Transfer Unit (PTU)

macchina a pistoni = POMPA INVERSA

gruppo reversibile che trasferisce la potenza idraulica da un sistema idraulico ad un'altro

• Sistema simmetrico

- bassa pressione
- alta pressione

