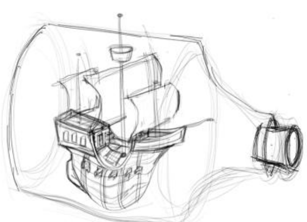
Ing. Sandro Rizzo

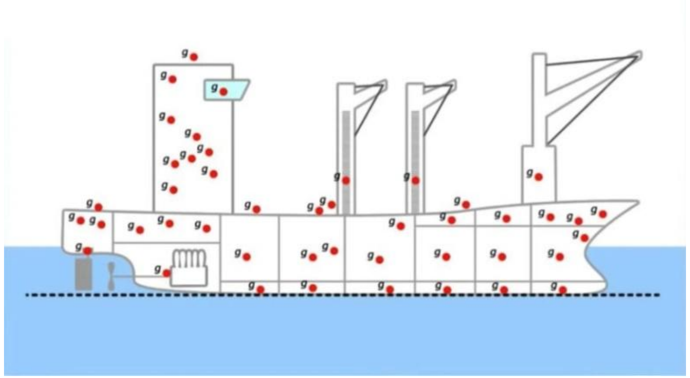
WL

WL

Appunti di
MOVIMENTAZIONI PESI A BORDO



"Se Pitagora avesse posto il copyright sulle sue tabelline non saremmo mai arrivati sulla Luna" (Pelagusplus)



Pesi e Centri

Caricare la nave

✓ *pesi*:

- scafo,macchinari,equipaggiamento;
- carico
- carburante
- personale
- acqua potabile
- acqua di zavorra

✓centri: trasversale, longitudinale e verticale centro di gravità

✓ la combinazione di quanto elencato sopra, per calcolare KG dell'intera nave

Carichi della nave

Spostamenti di pesi a bordo

Spostamento di pesi a bordo

Pierre Varignon (1654-1722) fu il matematico francese che elaborò la famosa regola del parallelogramma per eseguire la somma di vettori

La giustificazione matematica di questa affermazione deriva dal *teorema di Varignon* o *teorema dei momenti*:

Teorema dei momenti

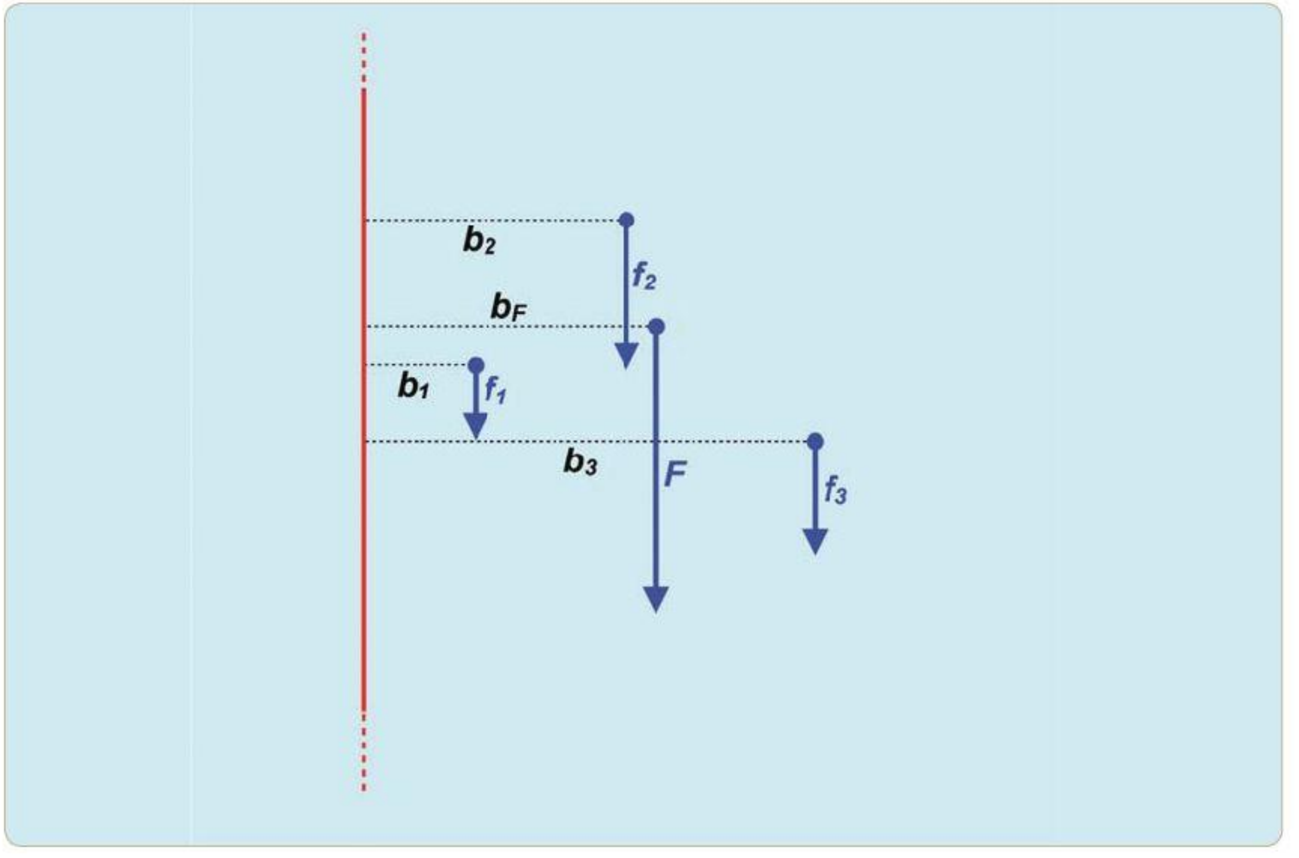
La somma algebrica dei momenti m delle forze f componenti un sistema rispetto ad un punto è uguale, in valore e segno, al momento M della forza risultante F del sistema rispetto allo stesso punto

$$M = m_1 + m_2 + \ldots + m_n = \sum_{k=1}^{n} m_k$$

$$F \cdot b_F = f_1 \cdot b_1 + f_2 \cdot b_2 + \ldots + f_n \cdot b_n = \sum_{k=1}^{n} (f_k \cdot b_k)$$

dove b sono i bracci delle varie forze, essendo un momento rappresentato per definizione dal prodotto di una forza con il rispettivo braccio

Spostamento di pesi a bordo

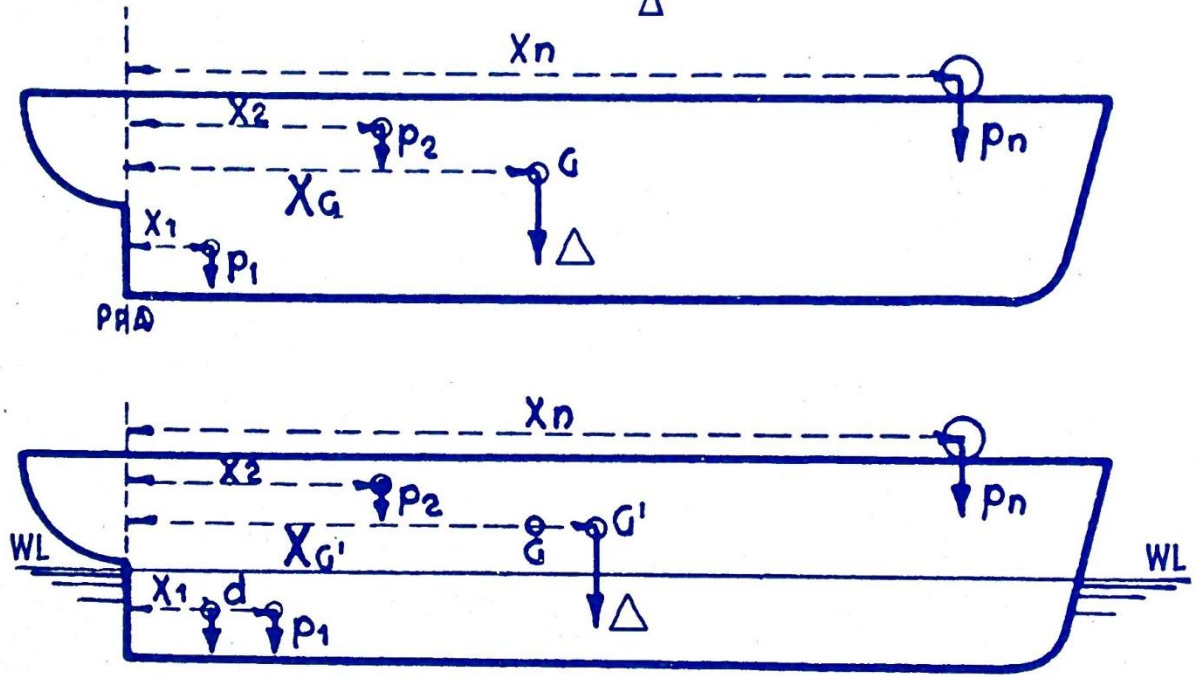


$$\sum_{i=1}^{3} f_i \cdot b_i = F \cdot b_F$$

Spostamento di pesi a bordo

In seguito allo spostamento di un peso *p* per una distanza *d* il centro di gravità della nave (*G*) si sposta parallelamente e nello stesso senso dello spostamento effettuato per una distanza:

$$GG' = \frac{p \cdot d}{\Delta}$$



Spostamento di pesi a bordo

Infatti, considerando prima dello spostamento la distribuzione dei pesi a bordo come in figura e riferendo le varie forze a uno stesso asse, ad esempio la *Pp*AD, per teorema dei momenti si avrà:

$$\Delta \cdot X_G = p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 + \ldots + p_n \cdot x_n \qquad (1)$$

Eseguendo poi lo spostamento di un peso p_1, ad esempio per una distanza *d*, se *G'* è la nuova posizione del centro di gravità della nave si avrà:

$$\Delta \cdot X_{G'} = p_1 (x_1 + d) + p_2 \cdot x_2 + p_3 \cdot x_3 + \ldots + p_n \cdot x_n \qquad (2)$$

Sottraendo la (1) dalla (2) si avrà:

$$\Delta \cdot X_{G'} - \Delta \cdot X_G = p_1 (x_1 + d) - p_1 \cdot x_1$$

$$\Delta (X_{G'} - X_G) = p_1 \cdot x_1 + p_1 \cdot d - p_1 \cdot x_1$$

$$\Delta \cdot \mathrm{GG'} = p_1 \cdot d$$

e in formula generale:

$$GG' = \frac{p \cdot d}{\Delta}\ c.v.d.$$

Spostamento di pesi a bordo

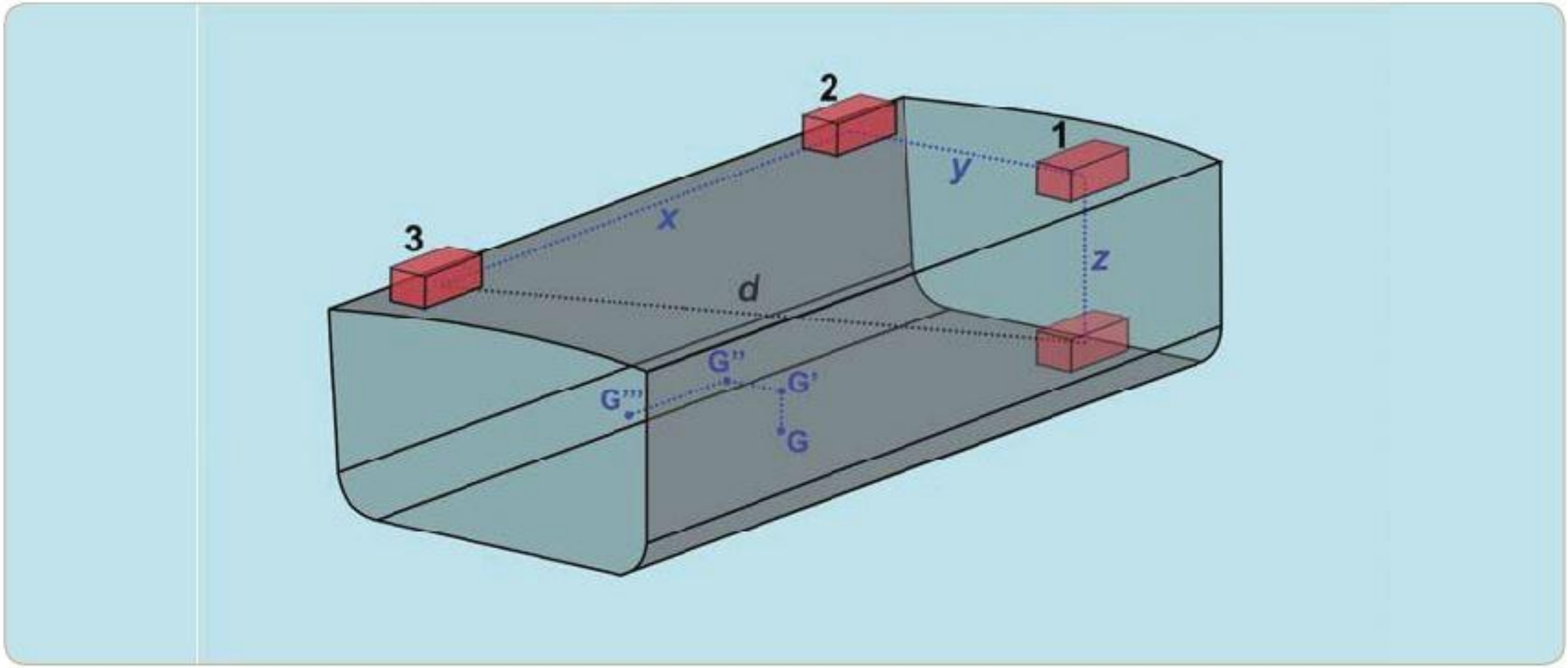


Figura 17.2

Quando viene spostato un peso, G subirà uno spostamento nella direzione della movimentazione del peso, con entità proporzionale al peso stesso ed alla distanza fatta ad esso percorrere; se si scompone la distanza d in tre componenti, ognuna corrispondente a ciascun asse della terna di riferimento, lo stesso si può fare anche per il «moto» del baricentro

Spostamento di pesi a bordo

$$
\begin{cases}
GG_x = \dfrac{p \cdot x}{\Delta} \\[2ex]
GG_y = \dfrac{p \cdot y}{\Delta} \\[2ex]
GG_z = \dfrac{p \cdot z}{\Delta}
\end{cases}
$$

ascissa del centro di gravità

longitudinal centre of gravity

$$X_G = LCG$$

vertical centre of gravity

$$Z_G = VCG$$

quota del centro di gravità

Lettere minuscole (x,y,z) indichiamo lo spostamento dei pesi
Lettere maiuscole (X,Y,Z) per le coordinate assolute del baricentro

Spostamento verticale di pesi

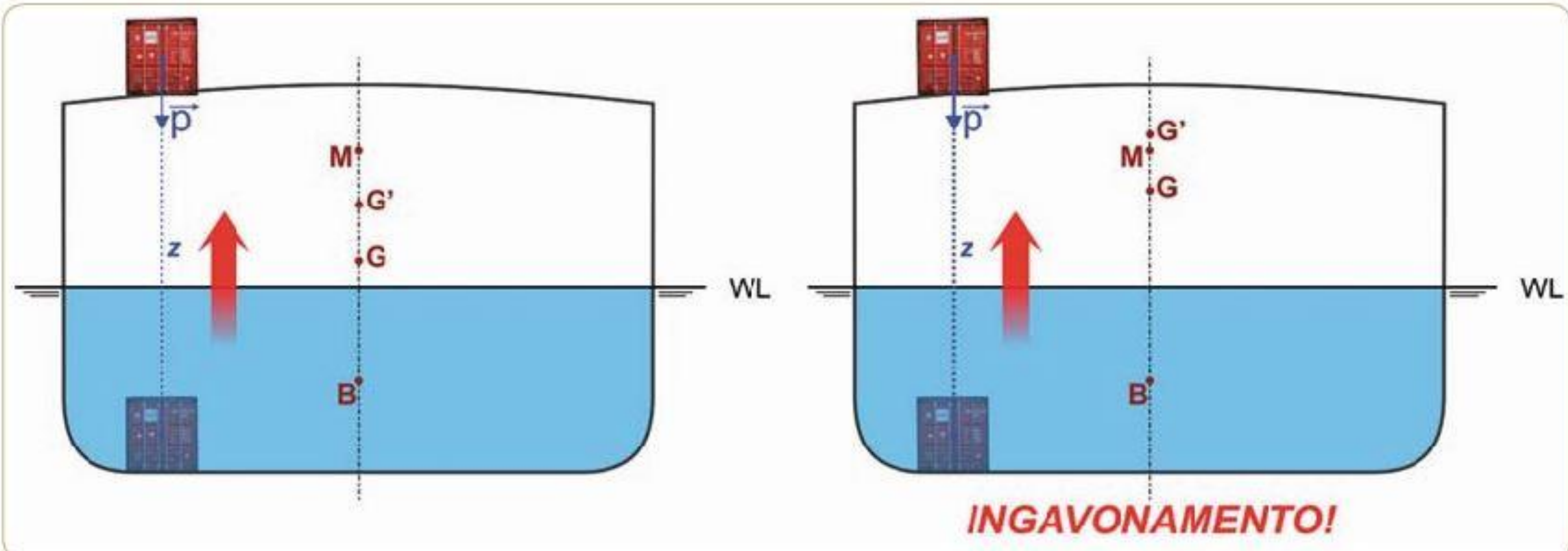


Figura 17.4

Un certo spostamento di un peso verso l'alto può condurre a conseguenze molto diverse a seconda della posizione iniziale del baricentro: si vede nel disegno a destra che G è inizialmente già molto alto (piccola GM) e in seguito allo spostamento si viene a trovare al di sopra del metacentro (instabilità iniziale e quindi ingavonamento)

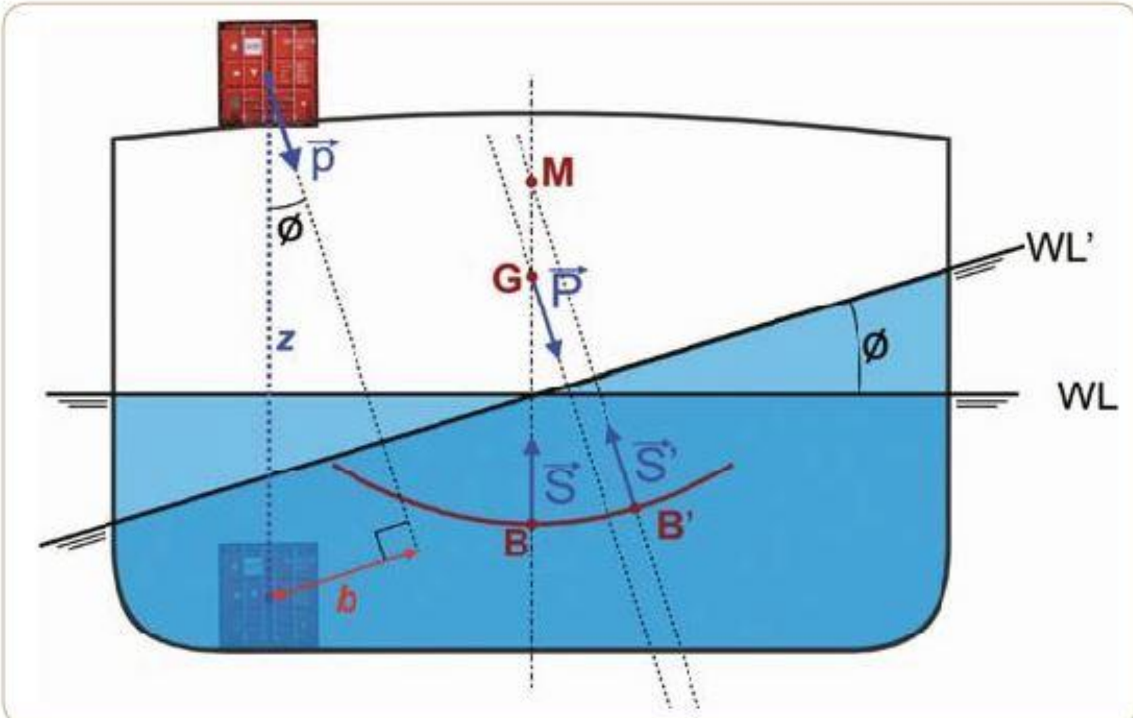
Spostamento verticale di pesi

Immaginando di osservare da fuori una nave al cui interno avvengono importanti spostamenti di peso verso l'alto non si noterà alcunché, almeno fino a quando l?altezza metacentrica rimarrà positiva.
Se G dovesse raggiungere e superare M, cioè se la GM dovesse annullarsi e diventare negativa, la nave diventerebbe instabile in posizione dritta e si avvierebbe all'ingavonamento.

$$GM' = GM \pm GG' \quad \Longrightarrow \quad GM' = GM \pm \frac{p \cdot z}{\Delta}$$

Si metterà + per spostamento verso il basso (G scende e altezza metacentrica aumenta), e si metterà – per spostamento verso l'alto (G sale e l'altezza metacentrica diminuisce).

Spostamento verticale di pesi

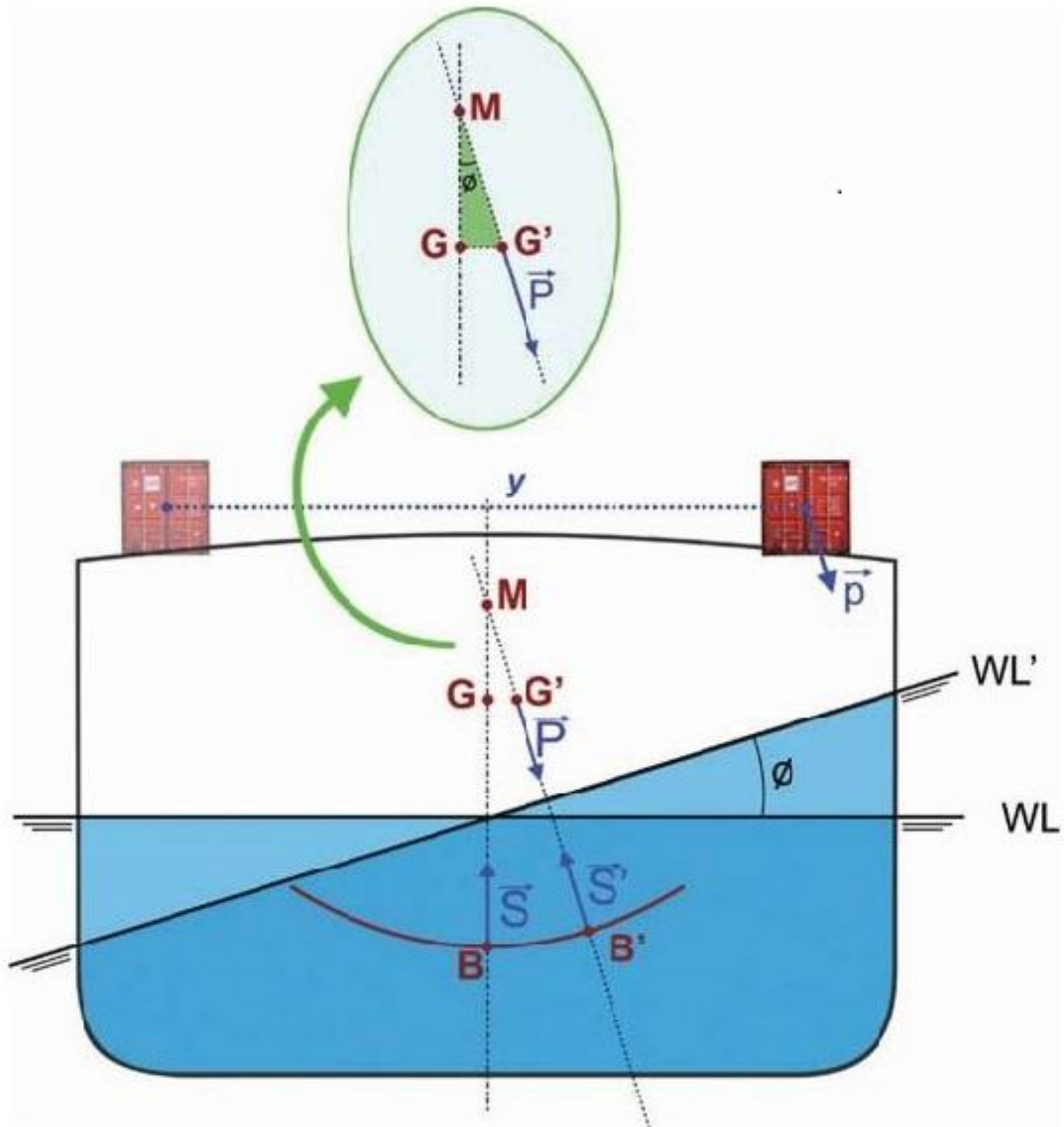


il momento causato dallo spostamento verticale è dovuto dal peso che nella nuova posizione insiste su una verticale passante non più per la posizione originaria ma ad una distanza da essa corrispondente al braccio pari a b = z sinø

$$M'_S = \Delta \cdot GM \cdot \sin \varnothing \pm p \cdot z \cdot \sin \varnothing$$

$$M'_S = \Delta \cdot \left(GM \pm \frac{p \cdot z}{\Delta} \right) \cdot \sin \varnothing$$

Spostamento trasversale di pesi

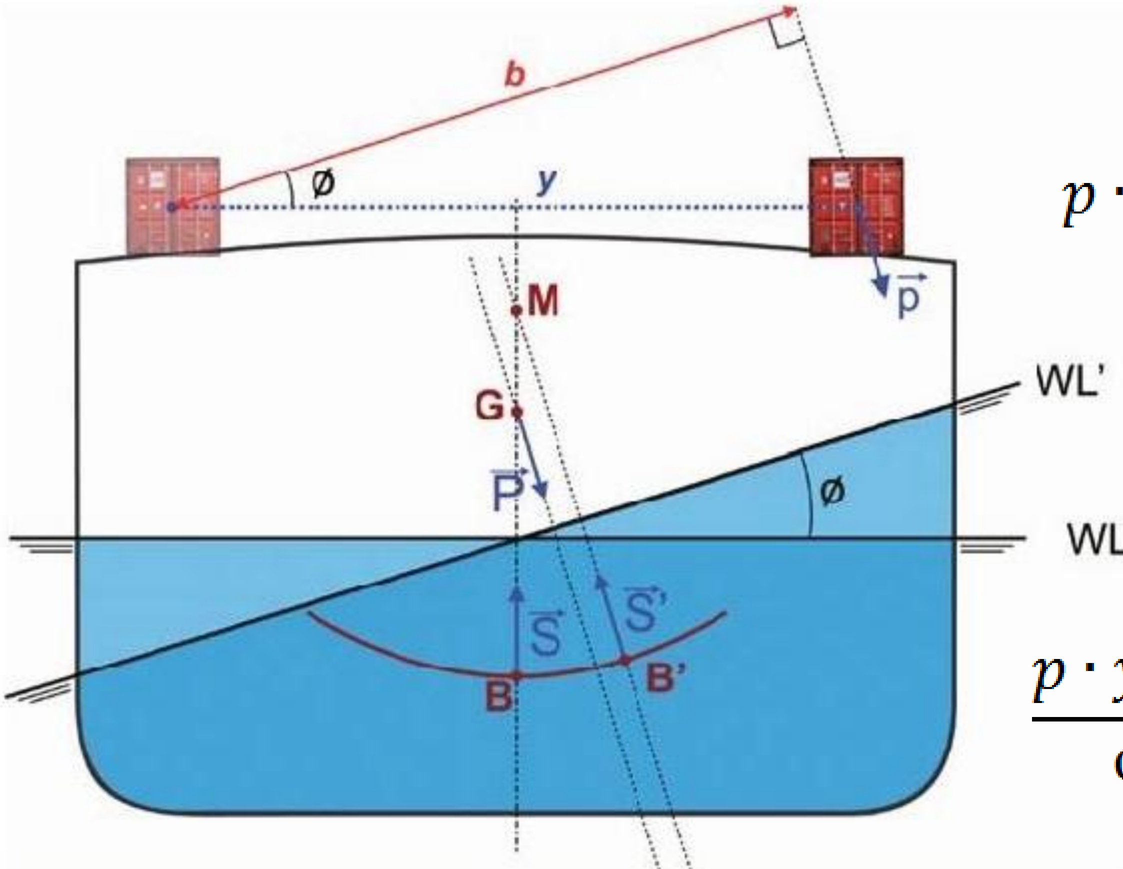


$$GG' = Y_B - Y_{G'}$$

$$\tan\emptyset = \frac{GG'}{GM}$$

$$\boxed{\tan\emptyset = \frac{p \cdot y}{\Delta \cdot GM}}$$

Spostamento trasversale di pesi



$$p \cdot y \cdot \cos \emptyset = \Delta \cdot GM \cdot \sin \emptyset$$

<u>Il momento provocato dal peso dovrà esser compensato dal momento di stabilità</u>

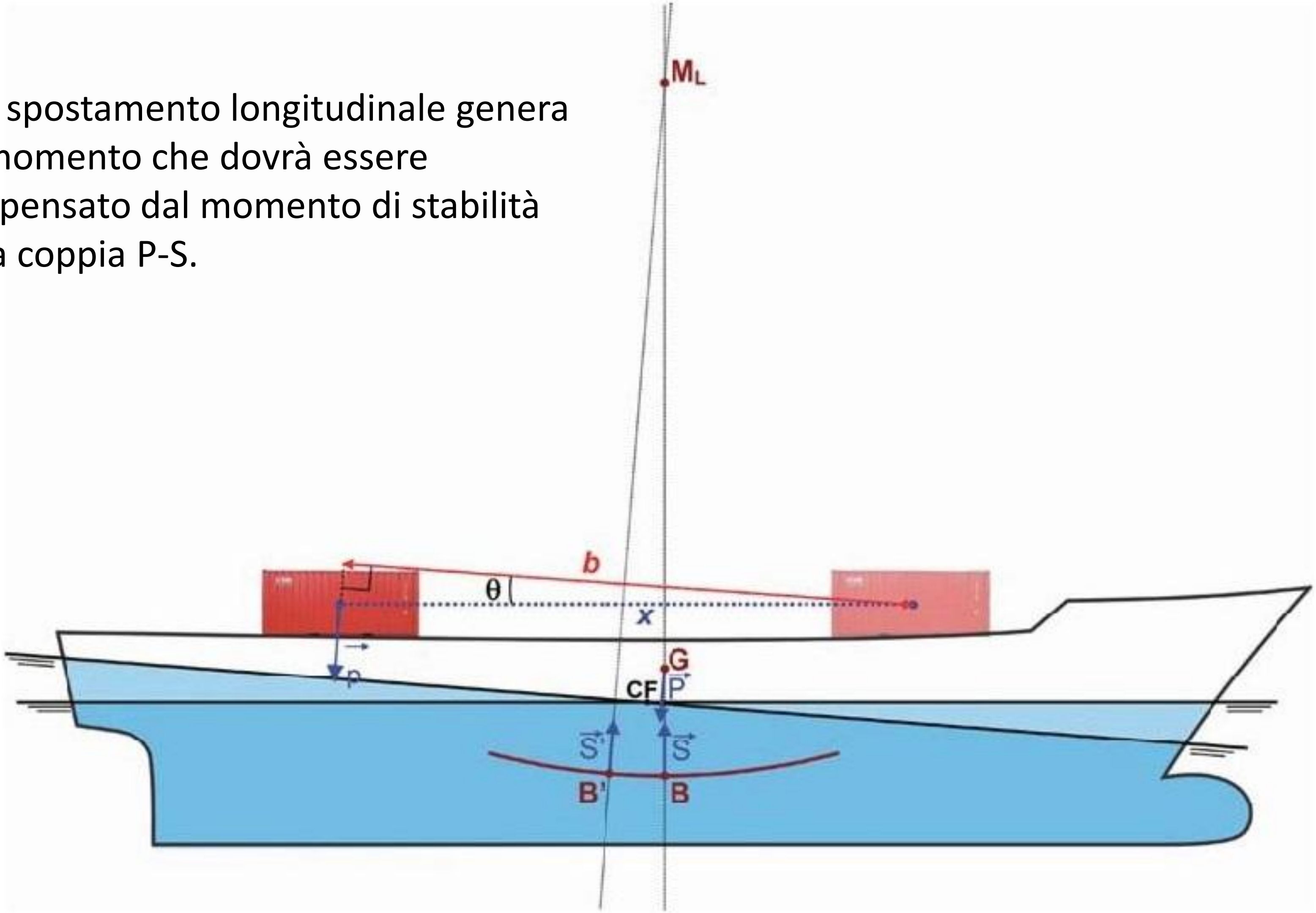
$$\frac{p \cdot y \cdot \cos \emptyset}{\cos \emptyset} = \frac{\Delta \cdot GM \cdot \sin \emptyset}{\cos \emptyset}$$

$$p \cdot y = \Delta \cdot GM \cdot \tan \emptyset \Rightarrow \boxed{\tan \emptyset = \frac{p \cdot y}{\Delta \cdot GM}}$$

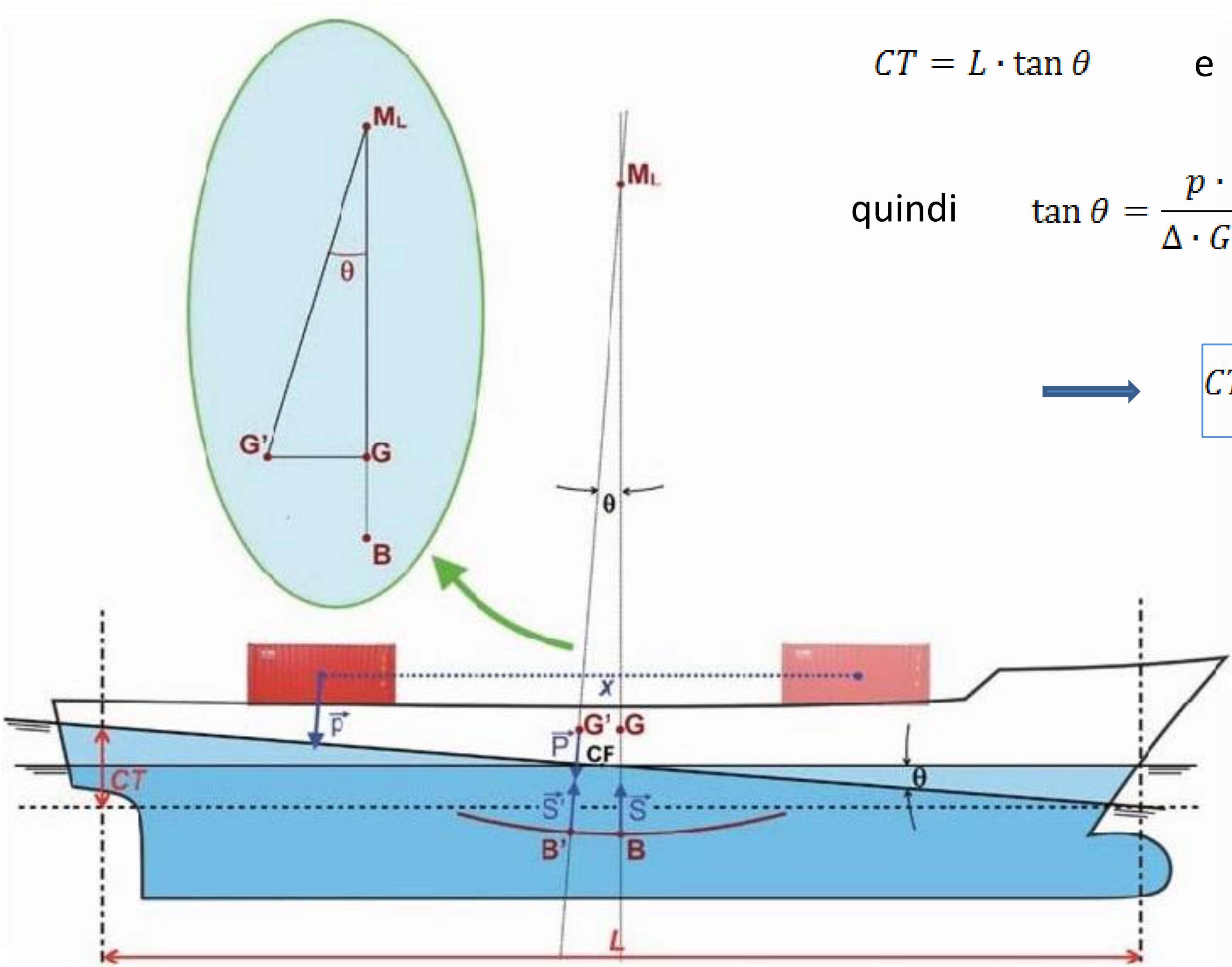
<u>*Prova di Stabilità*</u>

Spostamento longitudinale di pesi

Uno spostamento longitudinale genera un momento che dovrà essere compensato dal momento di stabilità della coppia P-S.



Spostamento longitudinale di pesi



$$CT = L \cdot \tan\theta \quad \text{e} \quad \tan\theta = \frac{GG'}{GM_L}$$

quindi $$\tan\theta = \frac{p \cdot x}{\Delta \cdot GM_L}$$

$$\longrightarrow \boxed{CT = L \cdot \frac{p \cdot x}{\Delta \cdot GM_L}}$$

Spostamento longitudinale di pesi

$$CT = L \cdot \frac{p \cdot x}{\Delta \cdot GM_L}$$

coinvolgendo il momento unitario di assetto MCTC

E ricordando che $MCTC = \frac{\Delta \cdot GM_L}{100 \cdot L}$ possiamo scrivere

$$\boxed{CT = \frac{p \cdot x}{100 \cdot MCTC} \quad [m]}$$

$$\boxed{CT = \frac{M_x}{MCTC} \quad [cm]}$$

Spostamento longitudinale di pesi

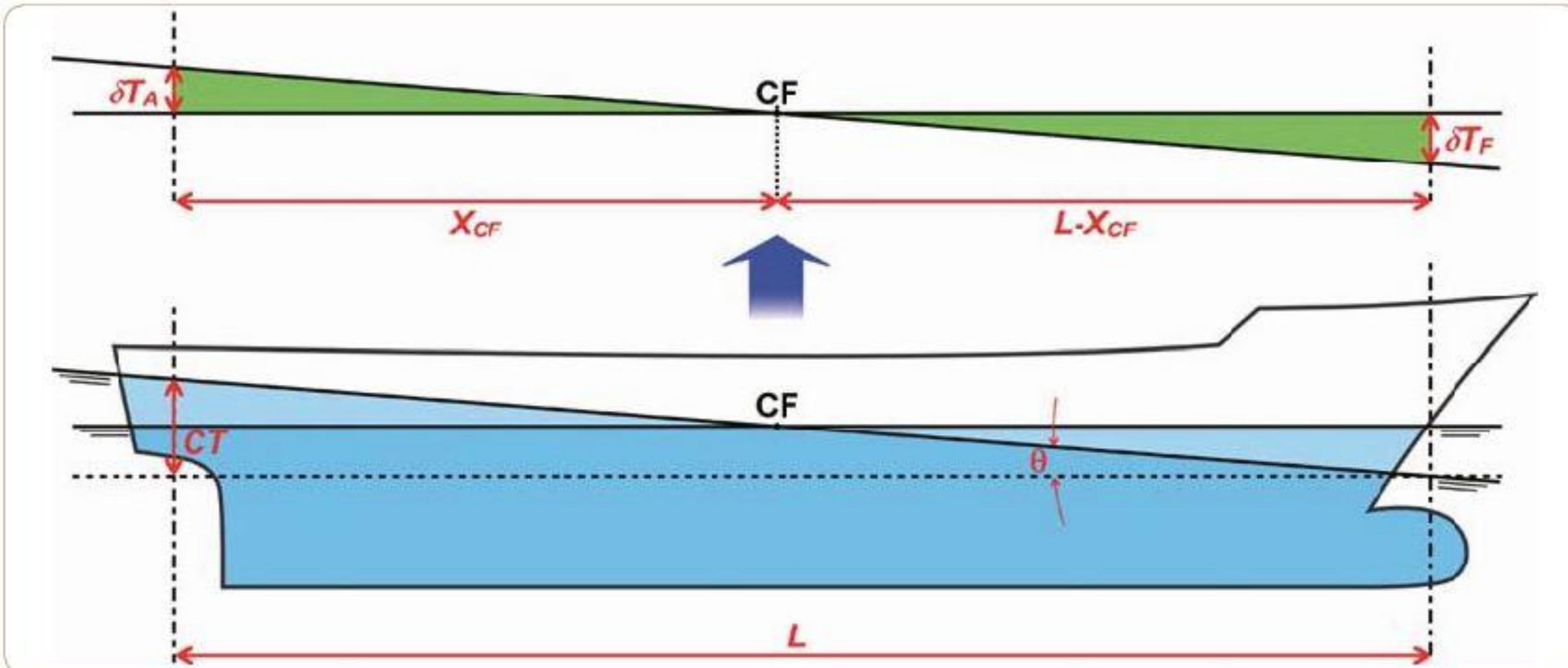
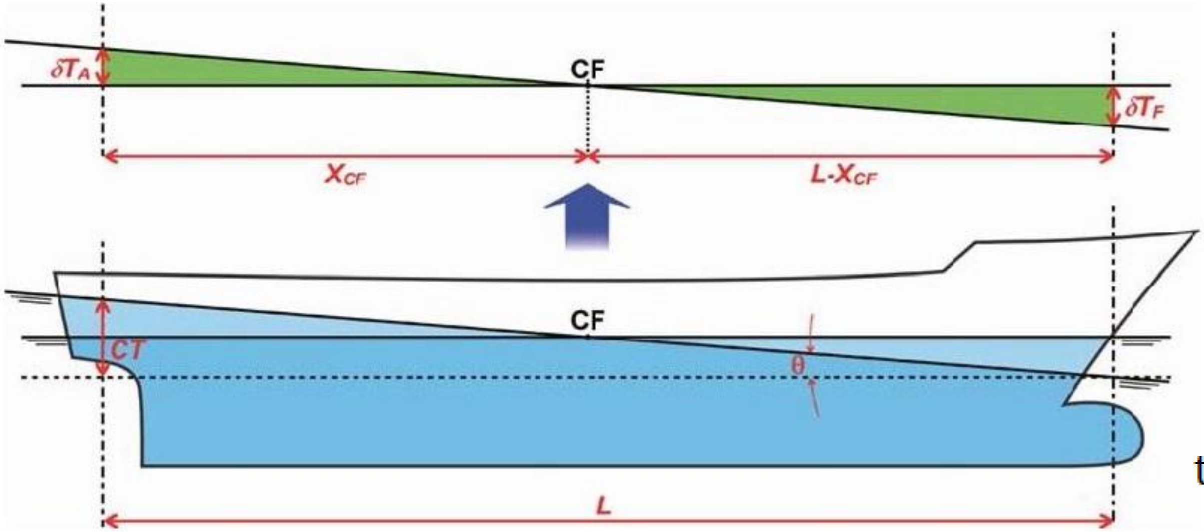


Figura 17.14

La variazione di assetto è costituita da variazioni opposte delle immersioni estreme, molto simili in entità ma non esattamente uguali; saranno infatti proporzionali alla distanza del centro della figura di galleggiamento CF della perpendicolare considerata (risulteranno uguali quando CF si trova esattamente a centro nave)

Spostamento longitudinale di pesi



$$\tan\theta = \frac{CT}{L} = \frac{\delta T_A}{X_{CF}} = \frac{\delta T_F}{(L - X_{CF})}$$

Quindi valgono le seguenti espressioni:

$$\begin{cases} \delta T_A = \dfrac{X_{CF}}{L} \cdot CT \\ \delta T_F = \dfrac{(L - X_{CF})}{L} \cdot CT \end{cases}$$

Spostamento longitudinale di pesi

Inoltre, considerando che: $\delta T_A = \frac{X_{CF}}{L} \cdot CT$ e $\delta T_F = \frac{(L - X_{CF})}{L} \cdot CT$

E ricordando che: $CT = \frac{p \cdot x}{100 \cdot MCTC}$

<u>Possiamo scrivere</u>

$$\begin{cases} \delta T_A = \dfrac{X_{CF}}{L} \cdot \dfrac{p \cdot x}{100 \cdot MCTC} \\ \\ \delta T_F = \dfrac{(L - X_{CF})}{L} \cdot \dfrac{p \cdot x}{100 \cdot MCTC} \end{cases}$$

Spostamento longitudinale di pesi

Concludendo, una volta calcolate le variazioni di immersione è immediato trovare le nuove immersioni:

$$T'_A = T_A \pm \delta T_A$$

$$T'_F = T_F \pm \delta T_F$$

Bibliografia(libri/dispense/e-book)/Videografia

- Riccardo Antola “Fondamenti di Costruzione e Gestione della Nave” 1 – Simone PER LA SCUOLA
- Paolo Di Candia “Appunti di SCIENZA DELLA NAVIGAZIONE E TECNOLOGIE NAVALI 2-II”
- N.E.E.C. Naval Engineering Education Center – Educational Short Course Series
- F.Rapacciuolo “Elementi di Teoria della Nave” – Moderna Edizioni La Spezia