augmenter la stabilité initiale sans augmenter la sécurité du navire ; si en effet la courbe de stabilité différentielle (fig. 68) s'abaissait rapidement et passait sous l'axe des abscisses, elle diminuerait les ordonnées maxima de la courbe elle-même. Sur la plupart des navires ordinaires, cet effet n'est pas à redouter, mais on pourrait, avec les formes variées données actuellement aux navires de guerre, rencontrer des formes telles que l'addition de poids augmentât le stabilité initiale et diminuât la sécurité du navire ; il est donc prudent de ne pas perdre de vue cette particularité.

CHAPITRE V

CALCULS DE DÉPLACEMENT ET DE STABILITÉ POUR TOUTES LES INCLINAISONS [1].

---

§ 1er. — Objet des calculs, méthode de M. Reech.

Notations. — Soient (fig. 71) F_1L_1 une flottaison inclinée d'un angle θ, C_1 le centre de la carène correspondante, h_1 le point où la perpendiculaire C_1h_1 menée à la flottaison coupe l'axe OZ, et B le point où F_1L_1 coupe ce même axe.

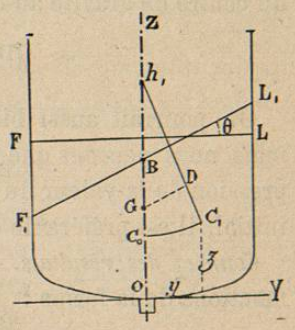

Fig. 71.

Nous désignerons respectivement par V, h, t, le volume de la carène, la hauteur du point h_1 au-dessus d'un point O qu'on peut considérer comme arbitraire et la hauteur de B au-dessus du même point. Dans les calculs qui suivent, nous supposerons que le point O est le dessous de la

1. On emploie quelquefois des méthodes expérimentales pour déterminer les éléments de la stabilité sous les grands angles ; le principe de ces méthodes est très simple : ayant déterminé par suspension la position du centre de gravité G d'un modèle du navire, on incline ce modèle flottant dans une cuve, à l'aide de moments connus, on obtient ainsi le moment de stabilité P.GD (fig. 71) ; par conséquent, on a la longueur du bras de levier GD, correspondant à la position du centre de gravité G ; il est facile d'en déduire la valeur correspondante à une autre position G'. On peut également employer des modèles en creux. Mais ces procédés ne peuvent pas être considérés comme suffisants ; la précision dépend trop de la fidélité avec laquelle le navire a été reproduit. Les calculs donnent des résultats plus certains ; quelque compliqués qu'ils paraissent, ils n'exigent pas plus de trois ou quatre journées de travail, et l'importance des résultats auxquels ils conduisent est assez grande pour justifier un pareil effort.

carène au couple milieu, de sorte que OY sera la trace de la ligne d'eau zéro sur la figure.

Objet des calculs. — Les calculs dont nous nous occupons dans ce chapitre ont pour objet :

1° La détermination de t en fonction de V et de θ, ce qui permettra de tracer immédiatement la flottaison F_1L_1 inclinée d'un angle donné et qui détache une carène de volume V ;

2° La détermination de h en fonction de V et de θ ; ce qui permettra de calculer, pour un déplacement donné et une inclinaison θ, la longueur du bras de levier GD du couple de stabilité ; on aura, en effet, en désignant ici par a la hauteur du centre de gravité au-dessus du point O :

$$GD = (h - a) \sin \theta.$$

On pourrait aussi bien calculer immédiatement $h \sin \theta$, mais nous pensons que, pour conserver l'analogie avec l'expression de la valeur du bras de levier du couple de stabilité initial, il est préférable de calculer h.

Courbes des résultats. — Les éléments cherchés sont des fonctions de la forme :

$$t = f(V, \theta) \qquad h = \varphi(V, \theta)$$

qu'il est évidemment impossible d'obtenir sous leur forme analytique, mais on peut obtenir un nombre de points aussi grand qu'on le voudra des courbes représentant les équations :

$$t = f_1(\theta) \qquad h = \varphi_1(\theta)$$
$$t = f_2(\theta) \qquad h = \varphi_2(\theta),$$

qui lient entre elles les valeurs de t et θ, quand V est constant et égal respectivement à V_1 ou V_2..... En joignant ces points par des traits continus, on obtiendra, pour chaque valeur de V considérée, deux courbes, dont l'une donnera t et l'autre h en fonction de θ. Nous avons représenté ces courbes

sur la figure 72, les valeurs de t sont données par les courbes situées au-dessus de l'axe des abscisses et les valeurs de h par celles qui sont tracées au-dessous [1].

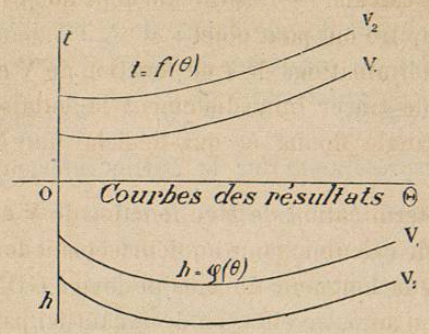

Fig. 72.

Méthode de M. Reech. — Les éléments cherchés ne pouvant être obtenus par un calcul direct, on choisit convenablement plusieurs stations A_1 A_2 A_3 (fig. 73) sur l'axe ; pour chacune d'elles on mène des flottaisons obliques également inclinées les unes sur les autres (l'écart angulaire adopté généralement est 10°) ; on calcule, pour chaque station, les volumes en fonction des inclinaisons.

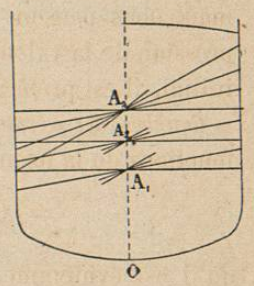

Fig. 73.

On a ainsi pour les valeurs t_1, t_2, t_3..... des stations, les éléments nécessaires au tracé par points des courbes :

$$V = F_1(\theta), \qquad V = F_2(\theta), \qquad V = F_3(\theta),$$

que nous représentons sur la figure 74, au-dessus de l'axe des θ.

De même, on calcule les moments des carènes inclinées

1. Les courbes tracées sur les figures 72 et 74 sont tout à fait arbitraires et n'ont d'autre objet que d'éclairer les explications du texte.

relativement aux plans OZ et OY (fig. 71), on en déduit les coordonnées Y et Z des centres des carènes, par la formule (fig. 71) :

$$h = Y \operatorname{cotg} \theta + Z.$$

On a ainsi pour chaque valeur de t, les éléments nécessaires au tracé par points des courbes :

$$h = \Phi_1(\theta), \qquad h = \Phi_2(\theta), \qquad h = \Phi_3(\theta),$$

que nous représentons sur la partie inférieure de la figure 74.

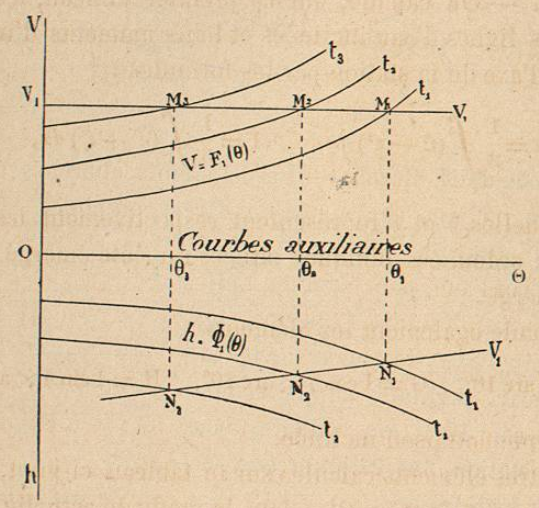

Fig. 74.

Actuellement, pour tracer les courbes finales correspondantes à un déplacement donné, on mènera par le point V_1, situé à la hauteur correspondante au volume considéré, une parallèle à $O\Theta$; il est clair que, pour ce volume et pour l'inclinaison $O\theta_3$, on aura $t = t_3$; pour l'inclinaison $O\theta_2$, on aura $t = t_2$, etc... On connaîtra donc autant de couples de valeurs θ, t que l'on aura de stations et on pourra tracer sur la figure 72 la courbe correspondante au volume V_1 :

$$t = f_1(\theta).$$

De même, les ordonnées de la courbe

$$h = \Phi_1(\theta)$$

seront respectivement $\theta_3 N_3$, $\theta_2 N_2$... aux inclinaisons $O\theta_3$, $O\theta_2$...

On peut remarquer qu'en joignant par un trait continu les points N_3, N_2, N_1, on obtient directement sur la figure 74 la courbe $h = \Phi_1(\theta)$.

Calcul d'une station par la méthode de M. Reech[1]. — *Tableau n° 1.* — On calcule, sur ce premier tableau, les moments des lignes d'eau inclinées et leurs moments d'inertie relatifs à l'axe de la station par les formules :

$$m = \frac{1}{2}\int (i^2 - e^2)\,dx, \qquad I = \frac{1}{3}\int (e^3 + i^3)\,dx,$$

dans lesquelles e et i représentent respectivement les portions des ordonnées obliques situées du côté émergé et du côté immergé.

On calcule également les éléments :

$$D = m \times \text{arc } 10^\circ, \quad G = I \cos\theta \times \text{arc } 10^\circ, \quad H = I \sin\theta \times \text{arc } 10^\circ,$$

pour chaque flottaison inclinée.

Les autres éléments calculés sur le tableau ci-joint, c'est-à-dire A, η et ζ, sont inutiles dans la méthode actuelle, mais ils seront nécessaires à l'application de la méthode simplifiée indiquée plus loin.

Tableau n° 2. — Volumes des carènes inclinées ; leurs moments relatifs aux plans OY et OZ.

Le volume d'un onglet élémentaire immergé est égal à :

$$\frac{1}{2}\int i^2 d\theta dx,$$

1. Les tableaux pour les calculs nécessaires à la méthode de M. Reech ont été dressés par M. Risbec, ingénieur du génie maritime ; nous leur avons apporté quelques modifications de peu d'importance.

Tableau n° 1 pour la station n° .

	LIGNE D'EAU A 10°.						LIGNE D'EAU A 20°.						LIGNE D'EAU A 30°.					
	Ordonnées		Carrés		Cubes		Ordonnées		Carrés		Cubes		Ordonnées		Carrés		Cubes	
	i	e	i^2	e^2	i^3	e^3	i	e	i^2	e^2	i^3	e^3	i	e	i^2	e^2	i^3	e^3
10																		
9																		
8																		
7																		
6																		
5																		
4																		
3																		
2																		
1																		
0																		
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
	Σi	Σe	Σi^2	Σe^2	Σi^3	Σe^3												
	Somme		Différence		Somme													
Produits.	par l		par $\frac{l}{2}$		par $\frac{l}{3}$													
	A		m		I		A		m		I		A		m		I	
	$\eta = \frac{m}{A} \cos 10°$		D_1 m arc 10° =		G_1 I cos 10°. × arc 10° =		$\eta = \frac{m}{A} \cos 20°$		D_2 m arc 10° =		G_2 I cos 20°. × arc 10° =		$\eta = \frac{m}{A} \cos 30°$		D_3 m arc 10° =		G_3 I cos 30°. × arc 10° =	
	$\zeta = \frac{m}{A} \sin 10°$				H_1 I sin 10°. × arc 10° =		$\zeta = \frac{m}{A} \sin 20°$				H_2 I sin 20°. × arc 10° =		$\zeta = \frac{m}{A} \sin 30°$				H_3 I sin 30°. × arc 10° =	

Tableau 2 (méthode Reech) pour la station n° .

	$D = m.$ arc 10° (1)	MOYENNES $\frac{D_{n-1}+D_n}{2}$ (2)	ΔV (3)	V (4)	$G = I \cos \theta$ × arc 10° (5)	MOYENNES $\frac{G_{n-1}+G_n}{2}$ (6)	$\Delta (VY) = VY$ (7)	$H = I \sin \theta$ × arc 10_0 (8)	MOYENNES $\frac{H_{n-1}+H_n}{2}$ (9)	$\ell \frac{(D_{n-1}+D_n)}{2}$ (10)	$\Delta (VZ)$ (11)	VZ (12)	Y (13)	Z (14)	$h = Y \cos \theta + Z$ (15)
0°	0		0	V_0	G_0		0	0			0	$V_0 Z_0$	0	Z_0	h_0
10°															
20°															
30°															
40°															
50°															

(4) (12) (14) (15) Les valeurs de V_0, V_0Z_0, Z_0 sont données par les calculs des carènes droites et l'on a $h_0 = Z_0 + \rho$.
(5) La valeur de G_0 est le produit par (arc 10°) du moment d'inertie transversal de la ligne d'eau horizontale.
(3) (7) Ajouter entre eux les nombres de la colonne précédente jusqu'à celui qui est immédiatement supérieur à la ligne relative à l'inclinaison considérée.
(11) Ajouter entre eux tous les nombres des colonnes 9 et 10 qui sont au-dessus de la ligne relative à l'inclinaison considérée.
(4) $V = V_0 + \Delta V$, $VY = V_0Z_0 + \Delta (VZ)$.
(10) Produits des nombres de la colonne 2 par le tirant d'eau de la station.

le volume de l'onglet élémentaire émergé est égal à :

$$\frac{1}{2}\int e^2 d\theta dx;$$

l'accroissement du volume de la carène quand la flottaison s'incline de $d\theta$ est donc égal à la différence :

$$\frac{d\theta}{2}\int (i^2 - e^2)\, dx = m d\theta;$$

la différence entre le volume V_0 de la carène droite et celui de la carène inclinée de l'angle θ est donc :

$$\Delta V = \int_0^\theta m d\theta = \text{arc } 10^\circ \left(\frac{m_0 + m_1}{2}\right) + \text{arc } 10^\circ \left(\frac{m_1 + m_2}{2}\right) + \ldots\ldots$$

$$= \frac{D_0 + D_1}{2} + \frac{D_1 + D_2}{2} + \ldots\ldots$$

Ces quantités sont calculées dans les colonnes (1), (2), (3); la colonne (4) donne les volumes des carènes obliques.

Moments horizontaux des carènes obliques, VY. — Le moment de la carène oblique, relativement à un plan quelconque, est égal au moment de la carène droite augmenté du moment de l'onglet immergé et diminué de celui de l'onglet émergé; le moment de la carène droite relativement à OZ étant nul, on a :

$$VY = \text{moment onglet immergé} - \text{moment onglet émergé},$$

c'est-à-dire en tenant compte du signe du moment de l'onglet émergé, à la somme des valeurs absolues de ces moments.

Or, pour un onglet élémentaire d'ouverture $d\theta$, on a, *relativement à l'arête de l'onglet*,

$$\text{moment élémentaire} = \frac{1}{3}\int i^3 dx,$$

et, relativement au plan OZ qui fait avec l'onglet considéré un angle égal à $90^\circ - \theta$, on aura :

$$\text{moment élémentaire} = \frac{\cos\theta}{3}\int i^3 dx;$$

pour l'onglet immergé entier, on aura donc :

$$\text{moment horizontal} = \int_0^\theta \cos\theta d\theta \frac{1}{3}\int i^3 dx.$$

De même, pour l'onglet émergé, on aura en valeur absolue :

$$\text{moment horizontal} = \int_0^\theta \cos\theta d\theta \frac{1}{3}\int e^3 dx.$$

On déduit de là :

$$VY = \int_0^\theta \cos\theta d\theta \frac{1}{3}\int (e^3 + i^3)\, dx$$

c'est-à-dire, avec les notations du tableau 1,

$$= \int_0^\theta I \cos\theta d\theta$$

et enfin, par la formule des trapèzes, avec la notation $G = I \cos\theta \text{ arc } 10^\circ$:

$$VY = \frac{G_0 + G_1}{2} + \frac{G_1 + G_2}{2} + \ldots\ldots$$

le calcul de VY est donné dans les colonnes (5) (6) (7).

Moments verticaux, VZ. — On verrait de même que

$$VZ = V_0 Z_0 + \text{moment onglet immergé} - \text{moment onglet émergé}.$$

La différence des deux moments pris relativement à la flottaison droite s'obtient de la même manière que dans le cas précédent, elle a pour valeur :

$$\int_0^\theta I \sin\theta d\theta = \frac{H_0 + H_1}{2} + \frac{H_1 + H_2}{2} + \ldots\ldots,$$

mais les moments devant être pris relativement à l'axe OY,

il faut ajouter à cette expression le produit de ΔV par la distance de la flottaison à l'axe OY, on aura donc :

$$VZ = V_0Z_0 + \frac{H_0 + H_1}{2} + \frac{H_1 + H_2}{2} + \ldots\ldots + t\Delta V$$

$$= V_0Z_0 + \left[\frac{H_0+H_1}{2} + t\frac{D_0+D_1}{2}\right] + \left[\frac{H_1+H_2}{2} + t\frac{D_1+D_2}{2}\right] + \ldots.$$

Le calcul de VZ est donné par les colonnes (8) (9) (10) (11) (12).

Valeurs de Y, Z, h. —Ces quantités s'obtiennent immédiatement par les formules :

$$Y = \frac{VY}{V}, \qquad Z = \frac{VZ}{V}, \qquad h = Y \operatorname{cotg} \theta + Z.$$

Tracé des courbes. — Les résultats inscrits dans les colonnes (4) et (5) de ce tableau permettront de tracer, pour la valeur de t correspondante à la station considérée, les courbes auxiliaires de la figure 74.

On calculera de la même manière d'autres stations qui fourniront d'autres courbes, et on en déduira, comme nous l'avons indiqué plus haut, les éléments nécessaires au tracé des courbes finales de la figure 72.

L'échelle de l'épure sera choisie d'après les valeurs des nombres fournis par les calculs, que l'on pourra d'ailleurs évidemment réduire par la soustraction d'une constante quelconque.

Remarques générales sur l'application de la méthode de M. Reech. — Il est bon de faire les calculs dont nous nous occupons ici, pour les différents états de chargement du navire, c'est-à-dire pour l'état en charge et l'état lège après consommation des approvisionnements.

On doit alors choisir trois stations telles que, sous toutes les inclinaisons, les flottaisons correspondantes aux stations extrêmes comprennent les flottaisons aux états de chargement considérés ; on peut d'ailleurs, à cet effet, donner aux stations

des écarts supérieurs à celui des lignes d'eau qui ont servi au calcul des carènes droites.

En agissant ainsi, on obtiendra toujours les résultats cherchés par interpolation, tandis que si, sous une inclinaison donnée, le volume de la carène inclinée de la station supérieure était moindre que le volume de la carène en pleine charge, il faudrait employer le moyen, beaucoup moins précis, des extrapolations.

L'avantage de la méthode Reech consiste à fournir, sans nouveaux calculs, les éléments correspondants à une carène quelconque dans les limites comprises entre les stations extrêmes.

En Angleterre, on ne calcule d'ordinaire les éléments de la stabilité sous les grandes inclinaisons que pour un seul état de chargement, on emploie alors la méthode suivante qui est beaucoup plus expéditive, car elle ne demande qu'une station.

§ 2. — Méthode simplifiée.

Principe de la méthode. — Dans cette méthode, on calcule, pour une station située à la hauteur de la flottaison en charge, les éléments suivants :

1° Les aires des flottaisons inclinées ;

2° Les différences ΔV entre les volumes des carènes inclinées de la station et celui de la carène droite ;

3° Les moments VY et VZ de ces carènes, relativement à des plans de coordonnées analogues à ceux que nous avons choisis.

On calcule ensuite la quantité dont il faut abaisser ou élever le plan de la ligne d'eau parallèlement à elle-même pour que le volume devienne égal au volume de la carène droite.

Enfin, on calcule les corrections, résultant du changement de flottaison, qu'il faut apporter aux moments VY et VZ.

On a donc ainsi les moments des carènes inclinées équi-

valentes à la carène droite ; on en déduit les coordonnées Y et Z des points de la courbe C, et de ces coordonnées on déduit, comme plus haut, la valeur de h.

Tableau 1. — On établira donc le tableau 1 comme dans la méthode précédente, en calculant toutefois ici les aires A des lignes d'eau, qui étaient inutiles dans le problème précédent, ainsi que les ordonnées et les abscisses ζ et η des centres des flottaisons inclinées.

Tableau 3. — Les valeurs de ΔV s'obtiendront, comme dans le cas précédent, dans les colonnes (1), (2), (3); on inscrira les aires des lignes d'eau dans la colonne (4).

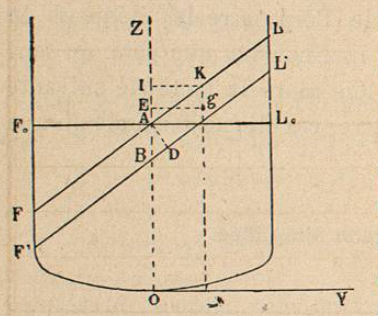

Fig. 75.

Calcul de Δt. — Désignons par Δt la correction, positive ou négative, à apporter au tirant d'eau de la station, pour qu'une flottaison FL (fig. 75), inclinée de l'angle θ, devienne isocarène avec la flottaison droite.

Supposons ΔV positif ; il faudra faire descendre FL d'une quantité telle que le volume de la tranche FF′ soit égal à ΔV ; on aura donc, en désignant par ε l'épaisseur normale AD de la tranche :

$$\Delta V = A.\varepsilon \qquad \text{ou} \qquad \varepsilon = \frac{\Delta V}{A},$$

et ensuite, en désignant AB par $-\Delta t$

$$-\Delta t = \varepsilon \sec \theta.$$

Dans ces formules, ε est toujours du signe de ΔV, et par conséquent Δt a le signe contraire; la dernière formule est donc générale.

Tableau 3. — Méthode simplifiée.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)
	$D = m \times \text{arc } 10°$	MOYENNES $\frac{D_{n-1}+D_n}{2}$	$\Delta V = \int_0^\theta m d\theta$	λ	$\varepsilon = \frac{\Delta V}{A}$	$\Delta t = -\varepsilon \sec \theta$	$G = I \cos \theta \times \text{arc } 10°$	MOYENNES $\frac{G_{n-1}+G_n}{2}$	$\int_0^\theta I \cos \theta d\theta$	$\eta = \frac{m}{A} \cos \theta$	$\eta \times \Delta V$	$V_0 Y$	$H = I \sin \theta \times \text{arc } 10°$	MOYENNES $\frac{H_{n-1}+H_n}{2}$	$\int_0^\theta I \sin \theta d\theta$	$\zeta' = \frac{m}{A} \sin \theta - \frac{\Delta t}{2}$	$\zeta' \times \Delta V$	$\int_0^\theta I \sin \theta d\theta - \zeta' \Delta V$	$V_0 Z''$	$Y = \frac{V_0 Y}{V_0}$	$Z = \frac{V_0 Z}{V_0}$	$h = Y \cot g \theta + Z$
0°	0		0		0	0	G_0		0	0	0	0	0						$V_0 Z_0$	0	Z_0	
10°		||						||					||								
20°		||						||					||								
30°		||						||					||								
40°		||						||					||								
50°		||						||					||								
60°		||						||					||								

Les valeurs de Δt pour toutes les inclinaisons sont calculées dans les colonnes (5) et (6).

Calcul de $V_0 Y$. — $V_0 Y$ représente le moment de l'isocarène $F'L'$, de volume V_0, relativement au plan OZ; or ce moment est égal au moment de la carène FL diminué de celui de la tranche FF'.

Nous avons trouvé pour le moment de la carène FL :

$$\int_0^\theta I \cos\theta d\theta = \frac{G_0 + G_1}{2} + \frac{G_1 + G_2}{2} + \ldots\ldots$$

La tranche FF' étant très mince, on peut admettre que son centre a la même abscisse que le centre K de la flottaison FL, or on a :

$$AK = \frac{m}{A} \qquad \text{et} \qquad KI = \frac{m}{A}\cos\theta = \eta;$$

donc le moment de la tranche est égal en grandeur et en signe à :

$$+\eta\,\Delta V.$$

On aura donc :

$$V_0 Y = \int_0^\theta I \cos\theta d\theta - \eta\Delta V.$$

Le calcul de cette quantité sera effectué dans les colonnes (7), (8), (9), (10), (11) et (12) du tableau 3.

Calcul de $V_0 Z$. — Nous avons trouvé pour le moment vertical de la carène FL relativement au plan OY :

$$V_0 Z_0 + \int_0^\theta I \sin\theta d\theta + t\Delta V;$$

le moment vertical de la tranche est égal à ΔV. OE, c'est-à-dire, en admettant que le point g est au milieu de l'épaisseur, à :

$$t\Delta V\left(t + AI - \frac{\Delta t}{2}\right),$$

$$t\Delta V + \Delta V\left(\frac{m}{A}\sin\theta - \frac{\Delta t}{2}\right).$$

On aura donc finalement, en posant

$$\zeta' = \frac{m}{A}\sin\theta - \frac{\Delta t}{2},$$

$$V_0 Z = V_0 Z_0 + \int_0^\theta I \sin\theta d\theta - \zeta'\Delta V.$$

Le calcul de $V_0 Z$ est donné dans les colonnes de (13) à (19) inclus du tableau.

On obtiendra enfin, comme dans la méthode précédente, les coordonnées Y et Z des centres des isocarènes, et la hauteur métacentrique h pour chaque inclinaison.

Courbes des résultats. — A l'aide des nombres contenus dans la colonne (6), on pourra construire la courbe ayant pour abscisses les inclinaisons et pour ordonnées les distances à la flottaison droite des points où les flottaisons inclinées isocarènes rencontrent l'axe.

Enfin, la colonne (22) donnera, pour chaque inclinaison, les valeurs de h; on pourra ainsi construire la courbe de stabilité par points en prenant pour abscisses les inclinaisons, et pour ordonnées les moments $P(h - a)\sin\theta$ correspondants.

Remarque. — On remarquera que, pour que cette méthode donne une précision suffisante, il faut que les valeurs de ΔV soient petites; c'est ce qui a lieu pour les carènes ordinaires; dans le cas où la tranche serait trop épaisse pour que l'on pût appliquer les méthodes différentielles, il faudrait tracer sur le plan la flottaison isocarène approchée donnée par le calcul, évaluer le volume de la tranche exactement en employant une flottaison intermédiaire, corriger ensuite la position de la flottaison approchée, et enfin calculer directement le moment de la tranche exacte. Mais alors la méthode actuelle devient plus compliquée que la méthode de M. Reech, et il est préférable de recourir à cette dernière lorsque l'on prévoit que cet inconvénient peut se présenter.

LIVRE III

DU NAVIRE EN MOUVEMENT EN EAU CALME

CHAPITRE Ier

RÉSISTANCES DES CARÈNES

---

§ 1. — Généralités sur les résistances des carènes.

Flottaison du navire en mouvement. — Lorsque le navire se meut, il refoule le liquide devant lui, et il se produit le long de ses parois des dénivellements tels que la partie mouillée ne constitue plus à proprement parler une carène, c'est-à-dire un volume détaché dans le navire par l'intersection d'un plan. Cependant l'ébranlement du liquide étant local, nous pouvons convenir de désigner sous le nom de *Flottaison du navire en mouvement* l'intersection du navire par le plan de la surface libre de la mer dans les régions non ébranlées.

Actions du liquide sur la carène. — La pression que le liquide en mouvement exerce sur un élément infiniment petit de la carène peut être considérée comme décomposée en deux : l'une, normale à l'élément, est la *pression*; l'autre, tangentielle, est le *frottement*; cette dernière est d'autant plus grande que le liquide est plus visqueux et la carène moins lisse. Nous supposerons d'abord, pour dégager le problème, que les frottements sont nuls, nous montrerons ensuite comment on fait habituellement pour tenir compte de ces forces.