Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BTS CONSTRUCTION NAVALE

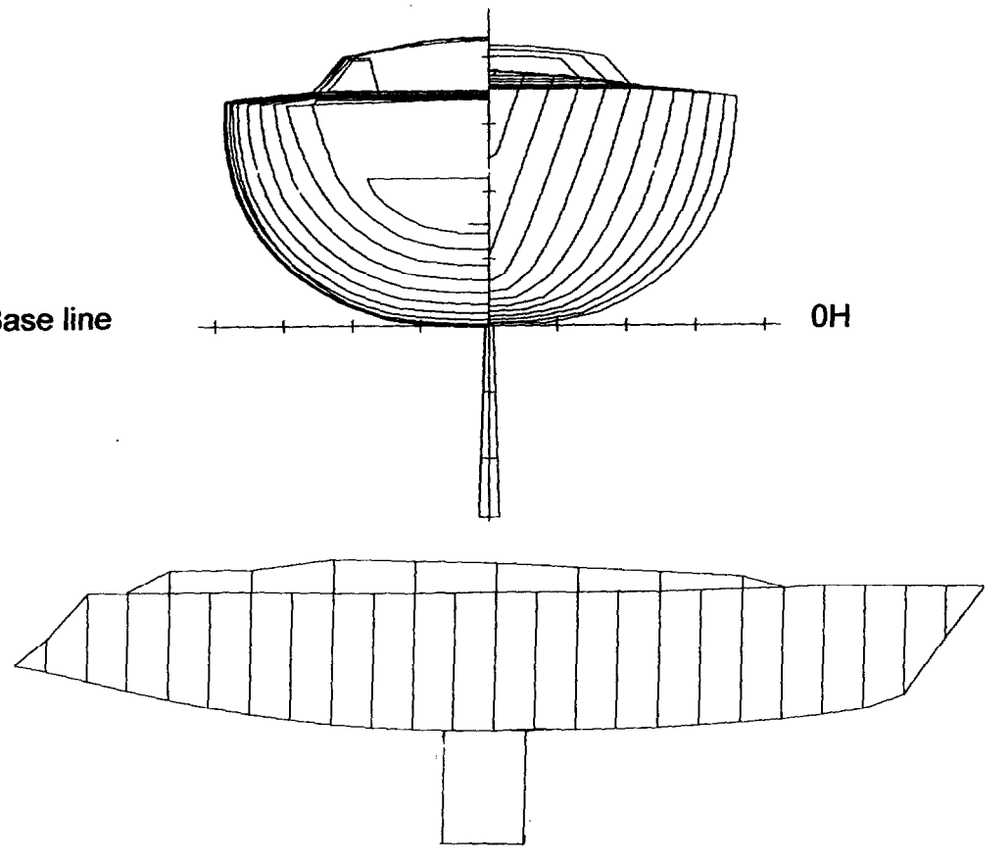
ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION

PRÉSENTATION

Concernant un voilier de 41 pieds de série la réglementation européenne impose au niveau de la stabilité à l'état intact le calcul de l'indice de stabilité (STIX) qui permet d'obtenir une évaluation globale des propriétés de stabilité des voiliers monocoques.

Le sujet d'étude portera sur les différentes phases de calcul permettant :

- de valider la catégorie de conception qui doit figurer sur la plaque signalétique du navire.
- de déterminer les critères de stabilité à l'état intact
- de vérifier l'échantillonnage



U- 41 SOUS-ÉPREUVE ÉTUDE DU NAVIRE

ÉTUDE DE STABILITÉ ET RÉGLEMENTATION D' UN VOILIER DE 41 PIEDS

Mise en situation

On possède le dossier technique suivant d'un voilier de 41 pieds

- Les caractéristiques dimensionnelles du voilier ***document 1.***
- Le devis de tracé du plan de quille ***document 2***.
- Le devis masse du voilier ***document 3.***
- Les éléments hydrostatiques et pantocarènes ***document 4.***
- Les résultats informatiques de la condition minimale de navigation ***document 5***.
- La norme sur le calcul de l'indice de stabilité des voiliers ***document 6.***
- Le règlement sur l'échantillonnage des fonds ***document 7.***

Travail demandé

1- Déterminez la masse et le centre de gravité de la quille

A partir du devis de tracé de la quille ***document 2*** en utilisant la méthode du cahier de déplacement (méthode des trapèzes ou des rectangles) sous forme d'un tableau à double entrée, déterminez :

1-1 Le volume de la quille.

1-2 La masse de la quille (densité du matériau utilisé 11,38).

1-3 La position du centre de volume de la quille par rapport à la base line 0H, au couple A et à la center line.

2- Déterminez la masse de déplacement en charge du voilier

A partir des éléments de masse concernant le voilier lège et la charge maximale sans carène liquide défini au ***document 3***, (à compléter et à rendre avec votre copie) déterminez :

2-1 La masse de déplacement en charge du voilier.

2-2 La position du centre de gravité en charge du voilier par rapport à la 0H.

3- Déterminez les éléments géométriques de la carène et la stabilité initiale correspondant au voilier en charge

A partir des éléments hydrostatiques obtenus par informatique et donnés sur le ***document 4***, (à compléter et à rendre avec votre copie) déterminez :

3-1 Le tirant d'eau du voilier en charge.

3-2 A quelle distance doit-on positionner le couple A de la quille pour que le voilier en charge soit en assiette nulle ?

Quelle remarque faites vous à propos de votre réponse ?

3-3 Le module de stabilité transversal du voilier en charge.

4- Déterminez la courbe et les critères de stabilité du voilier en charge

A partir des éléments pantocarènes au déplacement en charge donné sur le ***document 4***, (à compléter et à rendre avec votre copie) déterminez :

4-1 Les bras de levier de redressement et la courbe des GZ.

Échelles : en abscisse 1 cm égal 10 degrés

en ordonnée 1 cm égal 0,100 mètre

4-2 Les critères de stabilité suivants :

- GZ maxi
- Aire entre 0 et 40° en m.rd
- Angle de chavirement statique
- Angle critique de chavirement statique et son moment correspondant
- Angle critique de chavirement dynamique

5- Déterminez l'indice de stabilité (STIX)

A partir du :

- ***document 4*** donnant les éléments hydrostatiques,
- ***document 5*** des données informatiques en condition minimale de navigation,
- ***document 6*** concernant le mode de calcul de l'indice de stabilité,

déterminez :

5-1 La longueur et la largeur à la flottaison.

5-2 L'angle de chavirement statique.

5-3 Le moment de redressement à 90°.

5-4 L'aire positive sous la courbe du moment de redressement jusqu'à l'angle de chavirement statique.

5-5 La distance entre le centre de flottabilité à 90° et le haut du mât.

5-6 La surface projetée des voiles et le centre de cette surface par rapport au pied de mât

5-7 Les facteurs F_{BS}, F_{RE}, F_{IR}, F_{KR}, F_{DL}, F_{BD}, F_{DF}.

5-8 L'indice de stabilité (STIX) et la catégorisation du voilier.

6- Déterminez l'échantillonnage de la structure du fond de la coque

A partir du règlement du Bureau Véritas ***document 7*** concernant l'échantillonnage de la structure des navires en matériaux composites, déterminez :

6-1 Le moment de flexion M_s en N.m/m du stratifié dans le bordé monolithique du fond de la coque dans la région milieu du voilier construit dans le système longitudinal.

CARACTERISTIQUES DIMENSIONNELLES DU VOILIER

Coque

L_H	Longueur de coque	11,830 m
B_H	Largeur de coque	3,850 m
C	Creux	1,700 m
q	Hauteur de quille	1,380 m
m_{MSC}	Déplacement condition minimale de navigation	7,300 t

Aucune réserve de flottabilité le navire envahi

Mâture

H_M	Hauteur du mât par rapport à la base line	17,000 m
I	Distance verticale entre l'emplanture du mât et le point de drisse de la grande voile	14,500 m
P	Distance verticale entre le dessus de bôme et le point de drisse de la grande voile	14,000 m
J	Distance horizontale entre l'avant du mât et l'extrémité avant de la coque	5,270 m
E_M	Distance horizontale entre l'arrière du mât et le point d'écoute de la grande voile	4,300 m

Structure

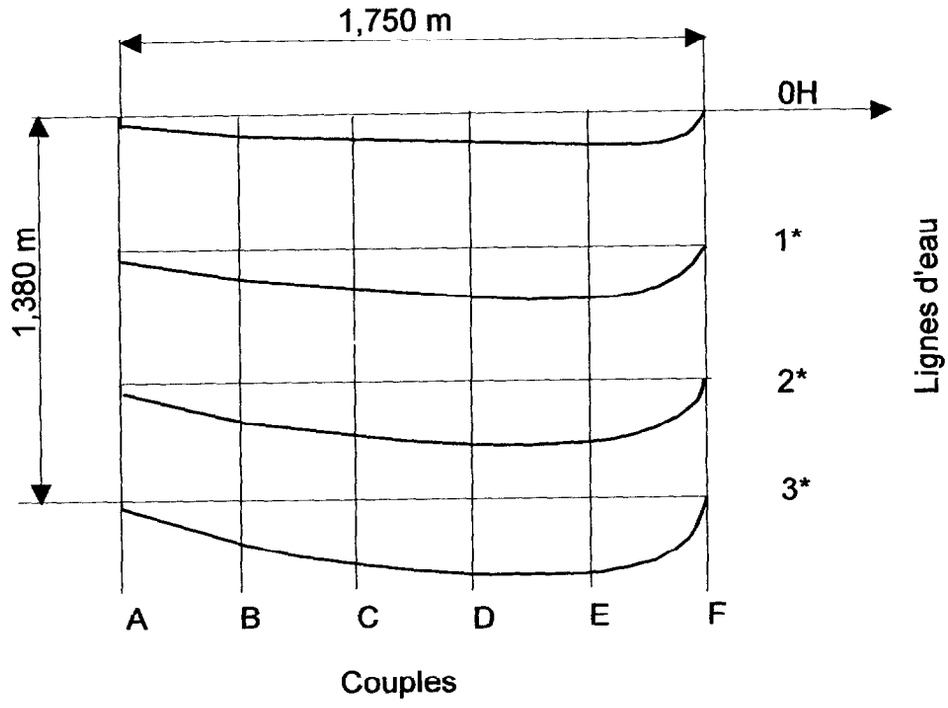
	Système de construction longitudinal	
ℓ	Portée des raidisseurs	1,105 m
E	Ecartement des raidisseurs	0,826 m
a	Dimension de la grande base des raidisseurs trapézoïdaux	0,100 m
f	Flèche du bordé entre raidisseurs	0,019 m
h	Hauteur de charge d'échantillonnage	1,925 m
d_{em}	densité eau de mer	1,025
d_q	densité matériau de quille	11,38
g	accélération de la pesanteur	9,806 m/s^{-2}

Document 1

DEVIS DE TRACE DE LA QUILLE

Lignes d'eau

Couples	3 *	2*	1*	0H
A	0,005	0,005	0,005	0,005
B	0,055	0,045	0,03	0,015
C	0,072	0,055	0,045	0,03
D	0,095	0,082	0,067	0,052
E	0,087	0,072	0,057	0,042
F	0	0	0	0



Equidistance des couples : 0,350 m

Equidistance des lignes d'eau : 0,460 m

Document 2

DEVIS MASSE DU VOILIER

Navire Lège

	Masse (kg)	**G / C0** (mètres)	**G / 0H** (mètres)
Coque	1900	4,772	0,65
Structure	900	5,11	0,71
Machine	430	0,36	0,43
Armement	40	4,2	0,92
Emménagement	850	4,8	0,58
Accastillage	150	3,8	1,15
Gréement	350	7,32	8,53
Quille			

Charge maximale

	Masse (kg)	**G / C0** (mètres)	**G / 0H** (mètres)
Equipage	400	2,5	1,2
Matériel de navigation	40	2,725	0,55
Matériel de sécurité	320	2,98	0,72
Consommables	450	5,38	0,37
Combustibles	200	4,21	0,38

Navire en charge

	Masse (kg)	**G / C0** (mètres)	**G / 0H** (mètres)

Document 3

ÉLÉMENTS HYDROSTATIQUES Masse volumique 1,025 t/m^3

TRIM ON BASE LINE ..... 0.000 m

CODE OF ORIGIN .... AP

TABULATION OF HYDROSTATIC PARTICULARS

D/BASE (m)	DISPLT (t)	TPCM (t)	MCT/CM (t.m)	LCB (m)	LCF (m)	KMT (m)	KML (m)	KB (m)
0.100	0.73	0.07	0.011	4.713	4.699	1.997	16.00	-0.237
0.150	1.18	0.10	0.021	4.723	4.748	2.145	18.32	-0.106
0.200	1.73	0.12	0.032	4.729	4.769	2.218	19.52	-0.004
0.250	2.38	0.14	0.043	4.730	4.753	2.177	19.13	0.059
0.300	3.12	0.15	0.055	4.727	4.726	2.134	18.59	0.113
0.350	3.94	0.17	0.066	4.720	4.687	2.086	17.86	0.158
0.400	4.83	0.18	0.078	4.708	4.640	2.041	17.10	0.200
0.450	5.80	0.20	0.089	4.686	4.581	2.004	16.39	0.238
0.500	6.82	0.21	0.100	4.663	4.521	1.971	15.72	0.275
0.550	7.90	0.22	0.112	4.638	4.464	1.944	15.14	0.310
0.600	9.04	0.23	0.123	4.611	4.408	1.922	14.64	0.344

D/BASE (m)	VOLUME (m3)	WL AREA (m2)	BMT (m)	BML (m)	WT.SURF. (m2)	MID.AREA (m2)	CB	CW	CP
0.100	0.62	6.80	2.234	16.234	6.67	0.29	0.6916	0.7538	0.4356
0.150	1.04	9.09	2.251	18.421	8.88	0.38	0.5759	0.7349	0.4530
0.200	1.54	11.15	2.222	19.524	10.96	0.48	0.4971	0.7182	0.4680
0.250	2.16	12.94	2.124	19.069	12.87	0.60	0.4694	0.7037	0.4794
0.300	2.85	14.59	2.020	18.480	14.72	0.72	0.4497	0.6914	0.4907
0.350	3.63	16.09	1.928	17.706	16.49	0.84	0.4413	0.6854	0.5018
0.400	4.47	17.49	1.841	16.900	18.23	0.97	0.4348	0.6803	0.5128
0.450	5.39	18.79	1.766	16.156	19.93	1.12	0.4306	0.6762	0.5175
0.500	6.36	20.03	1.697	15.444	21.60	1.26	0.4277	0.6731	0.5219
0.550	7.39	21.20	1.634	14.833	23.26	1.41	0.4260	0.6717	0.5268
0.600	8.48	22.31	1.578	14.301	24.90	1.56	0.4256	0.6717	0.5320

PANTOCARENES (Masse du voilier en charge)

Inclinaison	0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
KN	0	0,161	0,319	0,615	0,869	1,077	1,208	1,257	1,287	1,223
GZ										

Inclinaison	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
KN	1,159	1,243	1,323	1,4	1,471	1,543	1,617	1,692	1,759	1,794
GZ										

Document 4

LOADING CONDITION : Condition minimale de navigation

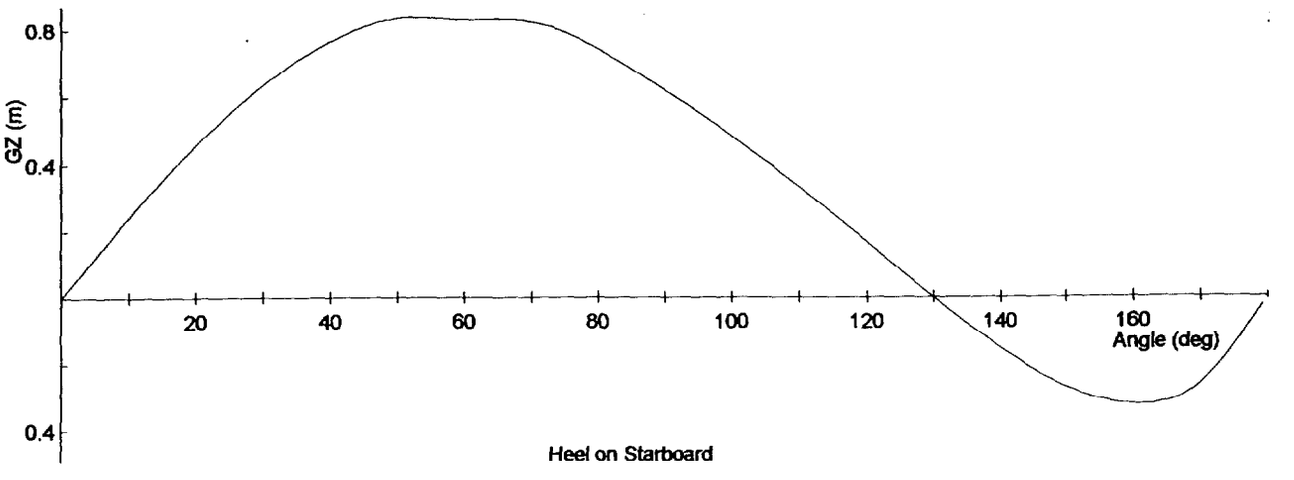
	WEIGHT (t)	KG (m)	LCG (m)	YG (m)	FSM (t.m)	CORR.KG (m)
TOTAL WEIGHT	7.30	0.541	4.735	0.000	0.00	0.541

CALCULATION FROM LINES PLAN

GZ CURVE - Heel on starboard

	HEEL (deg)	DMID (m)	TRIM (m)	LCB (m)	YB (m)	KB (m)	KN (m)	GZ (m)	AREA (m.rad)
	0.0	0.526	-0.056	4.737	0.000	0.291	0.000	0.000	0.000
	5.0	0.521	-0.063	4.737	0.143	0.297	0.168	0.121	0.005
	10.0	0.507	-0.083	4.738	0.285	0.316	0.336	0.242	0.021
	20.0	0.451	-0.159	4.734	0.545	0.385	0.644	0.459	0.083
	30.0	0.346	-0.302	4.739	0.763	0.487	0.905	0.634	0.179
	40.0	0.168	-0.533	4.758	0.940	0.611	1.113	0.765	0.302
	50.0	-0.109	-0.851	4.773	1.065	0.735	1.248	0.833	0.442
	60.0	-0.557	-1.322	4.790	1.139	0.839	1.296	0.828	0.588
	70.0	-1.402	-2.149	4.804	1.203	0.978	1.330	0.822	0.732
	85.0	-9.047	-9.158	4.829	1.232	1.113	1.217	0.678	0.931
	90.0	99.999	0.000	4.836	1.233	1.157	1.157	0.616	0.988
	95.0	-11.315	-9.166	4.839	1.231	1.202	1.090	0.551	1.039
	100.0	-6.221	-4.516	4.837	1.225	1.245	1.014	0.481	1.084
	110.0	-3.656	-2.151	4.837	1.202	1.328	0.837	0.329	1.154
	120.0	-2.786	-1.283	4.827	1.167	1.405	0.634	0.165	1.198
	130.0	-2.340	-0.782	4.808	1.117	1.477	0.413	-0.001	1.212
	140.0	-2.067	-0.452	4.784	1.044	1.550	0.197	-0.151	1.198
	150.0	-1.887	-0.213	4.761	0.936	1.626	0.003	-0.268	1.161
	160.0	-1.765	-0.032	4.743	0.764	1.705	-0.135	-0.320	1.109
	170.0	-1.690	0.090	4.725	0.483	1.780	-0.167	-0.261	1.055
*	180.0	-1.660	0.132	4.718	0.000	1.819	0.000	0.000	1.031

	FREEBOARD AT EQUILIBRIUM (m)	ANGLE OF IMMERSION (deg)
WEATHERTIGHT POINTS	0.742	129.7



Document 5

Termes abrégés bateaux à voiles d'une longueur de coque supérieure ou égale à 6 mètres

Symbole	Unité	Terminologie
$\varnothing$	degré (°)	Angle de gîte
$\varnothing_D$	degré (°)	Angle effectif d'envahissement
$\varnothing_{D®}$	degré (°)	Angle d'envahissement requis
$\varnothing_{DA}$	degré (°)	Angle d'envahissement jusqu'à une quelconque ouverture d'envahissement
$\varnothing_{DC}$	degré (°)	Angle d'envahissement pour un cockpit qui n'est pas rapidement auto videur
$\varnothing_{DH}$	degré (°)	Angle d'envahissement jusqu'à une quelconque ouverture de descente principale
$\varnothing_{GZmax}$	degré (°)	Angle de gîte correspondant au moment de redressement maximal
$\varnothing_V$	degré (°)	Angle de disparition de stabilité
$\varnothing_{V®}$	degré (°)	Angle de disparition de stabilité requis
A_{GZ}	m . degré	Aire positive sous la courbe des bras de levier de redressement
A_S	m^2	Surface projetée des voiles
B_{CB}	m	Distance entre les centres de carène des coques latérales
B_H	m	Largeur de coque
B_{WL}	m	Largeur de flottaison en charge. Multicoques somme des largeurs de chacune des coques
CL		Nombre maximal de personnes à bord
d		Densité
F_M	m	Franc-bord milieu
GM	m	Distance métacentrique transversale
GZ	m	Bras de levier de redressement
GZ_{90}	m	Bras de levier de redressement à 90°
h_{CE}	m	Hauteur de centre de surface de A_S au dessus de la flottaison à m_{MSC}
h_D	m	Hauteur d'envahissement effective
$h_{D®}$	m	Hauteur d'envahissement requise
h_{LP}	m	Hauteur de flottaison à m_{MSC} au dessus du centre de surface du profil immergé
L_{BS}	m	Longueur de base = $(2\ L_{WL} + L_H) / 3$
LCG	m	Longueur du centre de gravité par rapport au C0
L_H	m	Longueur de la coque
L_{WL}	m	Longueur de la flottaison en charge
m_{LCC}	kg	Masse du bateau lège
m_{LDC}	kg	Masse du bateau en charge
m_{MSC}	kg	Masse du bateau dans les conditions minimales de navigation
m_{MTL}	kg	Masse de charge totale maximale
OG	m	Hauteur du centre de gravité au dessus de la flottaison
STIX		Valeur effective de l'index de stabilité
$STIX_{(R)}$		Valeur requise de l'index de stabilité
T_C	m	Tirant d'eau de coque
∇	m^3	Volume de déplacement en charge
VCG	m	Hauteur du centre de gravité par rapport à la 0H
v_W	m/s	Vitesse de vent de calcul
x_D	m	Distance longitudinale d'une ouverture d'envahissement de l'extrémité la plus proche du bateau
$x_{D'}$	m	Distance longitudinale d'une ouverture d'envahissement de l'extrémité avant du bateau
y_D	m	Distance transversale d'une ouverture d'envahissement de la périphérie du bateau
$y_{D'}$	m	Distance transversale d'une ouverture d'envahissement de l'axe du bateau
z_D	m	Hauteur d'une ouverture d'envahissement au dessus de la flottaison

Document 6

6.4.1 Méthode

L'indice de stabilité est une méthode pour obtenir une évaluation globale des propriétés de stabilité des voiliers monocoque. L'indice consiste en un facteur de longueur, qui peut être modifié par sept facteurs qui prennent en compte différents aspects des propriétés de stabilité et de flottabilité.

Chaque facteur individuel doit être calculé selon les indications données de 6.4.2 à 6.4.8, la valeur du *STIX* et des catégories de conception associées devant alors être déterminée selon 6.4.9.

Il convient de noter que chaque facteur est sujet à la fois à une limite supérieure et inférieure.

Toutes les propriétés du bras de levier de redressement correspondent à un bateau en conditions minimales de navigation, modifiées, le cas échéant, pour les bateaux prévus pour un ballastage asymétrique. La catégorie de conception la plus avantageuse est obtenue si ces propriétés sont calculées avec les calculs rigoureux. Les

6.4.2 Facteur de stabilité dynamique (*FDS*)

Ce facteur représente l'énergie de redressement inhérente à vaincre avant qu'un incident de stabilité se produise.

$$FDS = \left(\frac{A_{GZ}}{15{,}81\sqrt{L_H}} \right)$$ mais FDS ne sera jamais pris inférieur à 0,5 ou supérieur à 1,5

où

A_{GZ} est l'aire positive inscrite sous la courbe des bras de levier de redressement, exprimée en mètre-degrés, en conditions minimales de navigation, comme précisé ci-dessous :

de la position droite jusqu'à ϕ_V, si $\phi_D \geq \phi_V$;

de la position droite jusqu'à ϕ_D, si $\phi_D < \phi_V$;

ϕ_D doit être pris comme ϕ_{DC} ou ϕ_{DH}, la plus faible valeur étant retenue.

6.4.3 Facteur de récupération après une inversion (*FIR*)

Ce facteur représente la capacité d'un bateau à revenir sans aide d'une inversion.

$FIR = \phi_V / (125 \cdot m_{MSC} / 1600)$ si $m_{MSC} < 40\,000$

$= \phi_V / 100$ si $m_{MSC} \geq 40\,000$

mais FIR ne doit jamais être pris inférieur à 0,4 ou supérieur à 1,5.

6.4.4 Facteur de récupération du bateau couché (*FKR*)

Ce facteur représente la capacité du bateau à rejeter l'eau de ses voiles et se relever après qu'il ait été couché.

Calculer

$$F_R = (GZ_{90} \cdot m_{MSC} / (2\, A_s\, h_{CE})$$

où

h_{CE} est la hauteur du centre de surface de A_S au-dessus de la flottaison, lorsque le navire est en position droite, exprimée en mètres (m), et en conditions minimales de navigation (déplacement m_{MSC}) ;

GZ_{90} est le bras de levier de redressement à 90° de gîte, exprimé en mètres (m), en conditions minimales de navigation (déplacement m_{MSC}).

Si $F_R \geq 1{,}5$ $FKR = 0{,}875 + 0{,}0833\, F_R$;

si $F_R < 1{,}5$ $FKR = 0{,}5 + 0{,}333\, F_R$;

si $\phi_V < 90^\circ$ $FKR = 0{,}5$,

mais FKR ne doit jamais être pris inférieur à 0,5 ou supérieur à 1,5.

6.4.5 Facteur déplacement-longueur (*FDL*)

Ce facteur rend compte de l'effet favorable d'un déplacement plus lourd pour une longueur donnée, lequel augmente la résistance au chavirage.

$$FDL = \left[0{,}6 + \left\{ \frac{15.m_{MSC}.F_L}{L_{BS}{}^3 (333 - 8L_{BS})} \right\} \right]^{0.5}$$ mais FDL ne doit jamais être pris inférieur à 0,75 ou supérieur à 1,25

où

$L_{BS} = (2\,L_{WL} + L_H) / 3$

$F_L = (L_{BS}/11)^{0.2}$

6.4.6 Facteur bau-déplacement (*FBD*)

Ce facteur rend compte de la vulnérabilité accrue au chavirage par mer de travers des bateaux ayant des murailles fortement évasées et un bau important par rapport à leur déplacement.

Calculer

$F_B = 3{,}3\,B_H / (0{,}03\,m_{MSC})^{1/3}$

Si $F_B > 2{,}2$ $FBD = [\,13{,}31\,B_{WL} / (B_H F_B{}^3)\,]^{0.5}$;

Si $F_B < 1{,}45$ $FBD = [\,B_{WL} F_B{}^2 / (1{,}682\,B_H)\,]^{0.5}$;

Sinon $FBD = 1{,}118\,(B_{WL} / B_H)^{0.5}$,

mais FBD ne doit jamais être pris inférieur à 0,75 ni supérieur à 1,25.

6.4.7 Facteur de moment dû au vent (*FWM*)

Pour les bateaux où ϕ_D ou ϕ_{DH} sont inférieurs à 90°, ce facteur représente le risque d'envahissement survenant lorsqu'une rafale de vent couche un bateau dont la voilure n'est pas arisée.

Si $\phi_D \geq 90^O$ $FWM = 1{,}0$;

si $\phi_D < 90^O$ $FWM = v_{AW} / 17$,

mais FWM ne doit jamais être pris inférieur à 0,5 ni supérieur à 1,0.

où

v_{AW} est la vitesse moyenne de vent apparent, exprimé en mètres par seconde (m/s), nécessaire pour faire gîter le bateau à ϕ_D lorsqu'il porte toute sa toile (c'est à dire voilure non arisée) ;

$= \{\, 13\,m_{MSC}\,GZ_D / [A_S\,(h_{CE}+h_{LP})\,|\cos\phi_D|^{1,3}]\,\}^{0,5}$

où

GZ_D est le bras de levier de redressement lorsque l'angle pour l'angle de gîte ϕ_D (en mètres) ;

ϕ_D est ϕ_{DC} où ϕ_{DH}, l'angle le plus faible étant choisi ;

$h_{CE} + h_{LP}$ est la hauteur, exprimée en mètres (m), entre les centres de surface respectifs des profils des œuvres vives et des œuvres mortes, en incluant les voiles, les mâts et la coque, avec les dérives en position basse, le bateau étant en position droite.

6.4.8 Facteur d'envahissement (*FDF*)

Ce facteur représente le risque d'envahissement d'un bateau lorsqu'il est couché.

$FDF = \phi_D / 90$

mais FDF ne doit jamais êtrepris inférieur à 0,5 ou supérieur à 1,25.

où

ϕ_D doit être pris comme le plus faible des valeurs de : ϕ_{DC}, ϕ_{DH}, et ϕ_{DAI} ;

ϕ_{DAI} est l'angle de gîte pour lequel les ouvertures qui n'ont pas de moyen de fermeture correspondant au degré d'étanchéité 3 de l'ISO 12216 ayant une section totale combinée, exprimée en millimètres carrés (mm^2), supérieure au nombre ($2\ m_{MSC}$), commence à être immergée.

6.4.9 Calcul de l'indice de stabilité (*STIX*)

L'indice de stabilité (*STIX*) est déterminé par les formules :

$$STIX = (14 + 0{,}16\ L_{BS}{}^2)\ (\ FDS \times FIR \times FKR \times FDL \times FBD \times FWM \times FDF\ )^{0,5} + \delta \qquad \text{si } L_{BS} < 10$$

$$STIX = (8 + 2{,}2\ L_{BS})\ (\ FDS \times FIR \times FKR \times FDL \times FBD \times FWM \times FDF\ )^{0,5} + \delta \qquad \text{si } L_{BS} \geq 10$$

où

$L_{BS} = (2\ L_{WL} + L_H) / 3$;

$\delta = 5$ si, lorsque le bateau est entièrement envahi, il conserve une réserve de flottabilité conforme à 7.6, et si également $GZ_{90} > 0$;

$\delta = 0$ dans les autres cas.

STIX doit être supérieur à la valeur requise pour la catégorie de conception ($STIX_{(R)}$) donnée dans le Tableau 7.

Tableau 7 — Exigences pour *STIX*

Catégorie de conception	A	B	C	D
STIX doit être supérieur à $STIX_{(R)}$ =	32	23	14	5

Section 2-4 | ÉCHANTILLONNAGE DE LA STRUCTURE

Notations

Pour les notations non définies dans cette section, se reporter à la liste des notations au début de ce chapitre.

2-41 Principes généraux

1 - Généralités

11 - L'échantillonnage est donné pour la région milieu et les extrémités du navire. Dans les régions intermédiaires, l'échantillonnage doit varier graduellement de la région milieu vers les extrémités.

12 - Les formules réglementaires tiennent compte de la participation éventuelle des éléments de structure à la résistance longitudinale de la coque.

2-42 Bordés monolithiques

1 - Généralités

11 - Les échantillonnages du bordé sont donnés en terme de moment de flexion M_s, en N.m/m, pour un bande de stratifié de largeur unitaire égale à 1 m.

12 - Le moment de flexion M_s, en N.m/m, du stratifié est multiplié par le coefficient de réduction k_s suivant:

$$k_s = \mu_1 \alpha r_c$$

où μ_1, α et r_c sont définis respectivement en 13, 16 et 17 ci-après.

13 - Le coefficient de maille μ_1 est défini par:

$\mu_1 = 1$ si $\ell \geq 2E$

$\mu_1 = 1 - 1{,}5 \left(1 - \frac{\ell}{2E}\right)^2$ si $E < \ell < 2E$

$\mu_1 = 0{,}625$ si $\ell = E$

14 - Le coefficient de maille μ_2 est défini par:

$\mu_2 = 1$ si $\ell \geq 2E$

$\mu_2 = 1 - 2{,}1 \left(1 - \frac{\ell}{2E}\right)^2$ si $E < \ell < 2E$

$\mu_2 = 0{,}475$ si $\ell = E$

15 - Le coefficient de maille μ_3 est défini par:

$\mu_3 = 1$ si $\ell \geq 2E$

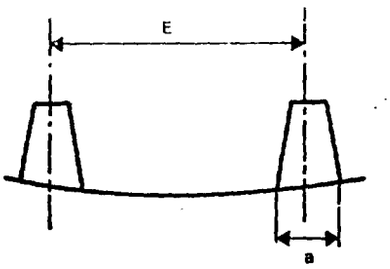
$\mu_3 = 1 - 1{,}8 \left(1 - \frac{\ell}{2E}\right)^2$ si $E < \ell < 2E$

$\mu_3 = 0{,}55$ si $\ell = E$

16 - Dans le cas de bordés raidis par des profilés à base large, le coefficient α est défini par:

$$\alpha = 1 - 3\left(\frac{a}{E}\right)\left(1 - \frac{a}{E}\right)$$

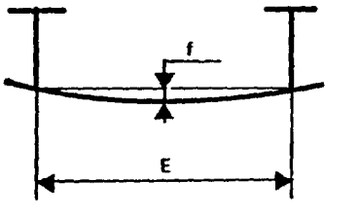
la valeur de α n'étant pas prise inférieure à 0,4, a et E étant définis sur le schéma suivant:

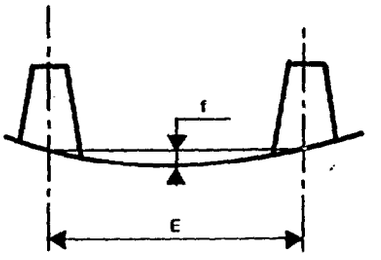


17 - Le coefficient de courbure r_c est défini par:

$$r_c = 1 - \frac{f}{E}$$

sans être inférieur à 0,8 et où f et E sont définis sur les croquis suivants:





18 - Dans le cas de bordé non raidi, ayant une courbure importante et un moment théorique inférieur au moment réglementaire, une étude justificative des moments doit être soumise pour examen à la Société.

2 - Echantillonnage des bordés monolithiques

21 - Les critères définissant l'échantillonnage d'un bordé monolithique sont donnés en 22 ~~à 25 ci-après.~~

Document 7

22 - Les épaisseurs minimales des bordés monolithiques ne doivent pas, en principe, être inférieures aux valeurs suivantes :

- $1{,}5\ \sqrt{L + 10}$ pour le bordé de fond et de bouchain,
- $1{,}25\ \sqrt{L + 10}$ pour le bordé de muraille,
- $\sqrt{L + 10}$ pour les autres bordés.

Des valeurs inférieures peuvent être acceptées sous réserve d'une étude justificative soumise à la Société.

23 - Le moment des stratifiés, en N.m/m, ne doit pas être inférieur à :

$$M_s = \lambda_s k_s h E^2$$

où λ_s est défini dans le Tableau 2-4-I.

Tableau 2-4-I

Elément	Région milieu raidissage transversal	Région milieu raidissage longitudinal	Extrémités
– Quille, fond – Pont de résistance – Pont de longue superstructure	5 500	4 400	4 000
– Carlingues – Supports longitudinaux de double-fond	5 400	4 300	4 000
– Muraille, double-fond	5 300	4 200	4 000
– Ponts inférieurs – Cloisons longitudinales	5 200	4 200	4 000
– Cloisons transversales de cale à liquide – Varangues étanches – Ponts des courtes superstructures et des roufles	4 000	4 000	4 000
– Cloisons transversales étanches	3 700	3 700	3 700
– Façades et parois latérales des superstructures et des roufles	2 900	2 900	2 900