

## **ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION**

### **U - 41 ÉTUDE DU NAVIRE**

**Durée 4 heures**

**coefficient 2,5**

**Aucun document autorisé**

**Contenu du dossier :**

Mise en situation : page 1/1  
Texte et questions : pages 1/2 et 2/2  
Documents techniques : annexe 1 plan des formes  
annexe 2 calque pour correction d'aboutissement  
annexe 3 tableau de calculs de cahier de déplacement  
annexe 4 données informatiques  
annexe 5 extrait de norme ISO 12217-2 (2 pages)  
annexe 6 liste de symboles utilisés

**Barème :**

Question 1 : 3 pts  
Question 2 : 10 pts  
Question 3 : 3,5 pts  
Question 1 : 3,5 pts

**Chemise à rendre avec :**

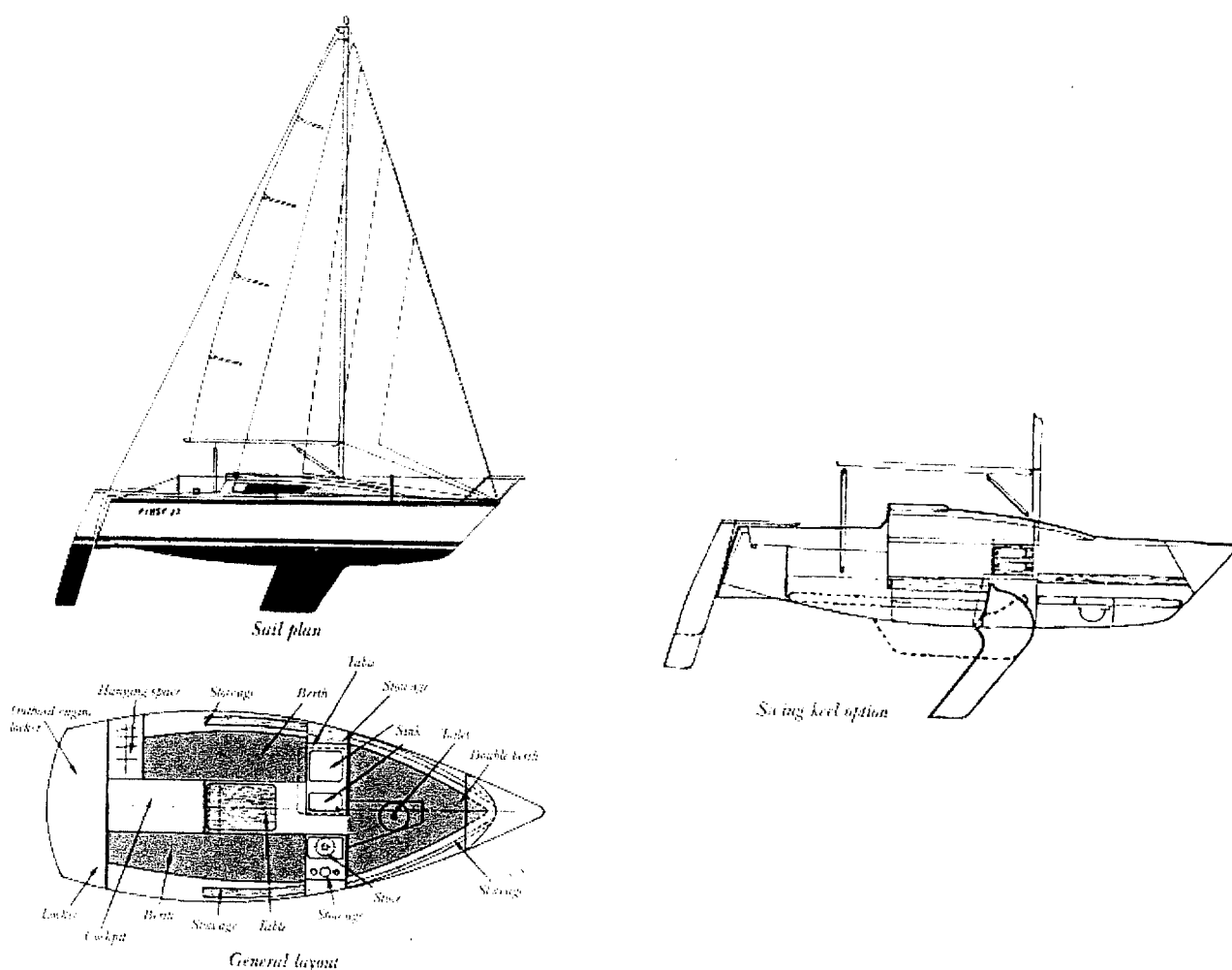
- vos copies numérotées (1/n, 2/n, 3/n.....)
- l'annexe 1
- l'annexe 2
- l'annexe 3

# BTS CONSTRUCTION NAVALE

## U - 41 ÉTUDE DU NAVIRE

### MISE EN SITUATION

Soit le navire de plaisance, voilier habitable en PRVT de 22 pieds.



L'étude sur ce navire de plaisance porte sur:

- La terminologie du navire de plaisance .
- La détermination des éléments hydrostatiques de la carène.
- L'évaluation de la stabilité à l'état intact.
- La réglementation concernant le calcul de l'angle d'envahissement.

# BTS CONSTRUCTION NAVALE

## U - 41 ÉTUDE DU NAVIRE

### VOILIER HABITABLE DE 22'

Sur le plan des formes du voilier habitable de 22' où la flottaison en charge maximale est la H3.

1 Représentez et donnez les valeurs des éléments géométriques suivants relevés sur le plan des formes en complétant le tableau (**annexe 1**) :

- 1-1 La longueur de la coque  $L_H$
- 1-2 La largeur hors membres de la coque  $B_H$
- 1-3 Le creux
- 1-4 Le bouge
- 1-5 Le tirant d'eau version quillard.
- 1-6 L'élançement avant.
- 1-7 Le déplacement calculé dans la question ci-après.

2 Déterminer pour la carène à la flottaison de **référence H3**, masse de charge maximale  $m_{LDC}$ , les éléments hydrostatiques.

On utilisera la méthode des trapèzes pour le calcul approché des aires planes et on procédera comme pour un cahier de déplacement en utilisant la trame de l'**annexe 2** qui sera complétée dans un premier temps par les facteurs  $\frac{1}{4}$  et  $\frac{1}{2}$ .

Pour ce faire on demande de déterminer:

- 2-1 La valeur des équidistances  $h$  et  $\lambda$  des sections horizontales et verticales des lignes d'eau et des couples de tracé (la longueur entre perpendiculaires est de 5,800 m et la profondeur de carène est de 0,360 m).
- 2-2 La correction des aboutissements de lignes d'eau sans altérer la surface de chaque ligne d'eau [Cf. remarque (b)].
- 2-3 Le relevé des demi-ouvertures [Cf. remarque (a)].
- 2-4 La surface fictive puis réelle de la flottaison [Cf. remarque (c)].
- 2-5 Le volume fictif puis réel de la carène sans appendice limité à la H3 [Cf. remarque (c)].
- 2-6 La position réelle du centre de carène [Cf. remarques (c) et (d)].
- 2-7 Le centre de surface de la flottaison de référence H3 [  $LCF = (D/\Sigma)\lambda$  ].
- 2-8 Le rayon métacentrique transversal réel [  $\rho = [((C/3)/V)h]$  ].

2-9 Le rayon métacentrique longitudinal réel [  $R = ((Q - \Sigma LCF^2)/M) (\lambda^2/h)$  ].

2-10 Le déplacement du navire (densité 1,025).

2-11 Le déplacement par centimètre d'immersion à la flottaison en charge.

2-12 Le coefficient prismatique de la carène.

**Remarques :**

(a) Le relevé des demi-ouvertures se fera sur le vertical, sauf pour les corrections d'aboutissement, et les cotes relevées seront arrondies au millimètre supérieur. Ces valeurs exprimées en mètre à l'échelle 1 : 1 figureront dans le tableau **annexe 3**.

(b) La correction des aboutissements se fera sur le calque **annexe 2** (faire apparaître votre méthode de correction sur le calque) et sera repérée par un astérisque dans le tableau du relevé des demi-ouvertures **annexe 3**.

(c) La méthode de calcul, les calculs intermédiaires et les relations utilisées doivent apparaître sur votre feuille de copie.

(d) Le référentiel du navire C0, H0, CL

3 A partir des résultats obtenus par informatique concernant ce voilier en condition minimum de navigation  $m_{MSC}$  **annexe 4**

3-1 Démontrez en utilisant une silhouette verticale à main levée du voilier que :

$$GZ = KN - KG \sin\theta$$

3-2 Que représente la colonne FSM dans l'**annexe 4** et justification de la valeur.

3-3 Tracez la courbe des bras de levier de redressement (1cm = 10°; 1cm = 0,05 m).

3-4 En utilisant cette courbe donnez la valeur du GMT.

3-5 Calculez la réserve de stabilité en mètre radian.

3-6 Donnez l'angle de disparition de stabilité  $\phi_V$ .

4 La prise d'air pour le moteur thermique est située à :

$$x_D = 1,65m ; y_D = 0,9m ; z_D = 1,09m$$

4-1 Reportez sur le plan des formes **annexe 1** en couleur bleue les coordonnées de la prise d'air.

Pour la condition minimum de navigation  $m_{MSC}$  :

4-2 Donnez la longueur et la largeur à la flottaison.

4-3 Donnez les franc-bords avant, milieu et arrière.

4-4 Calculez l'angle d'envahissement  $\phi_D$  par la méthode approchée améliorée de la norme ISO 12217-2 fournie en **annexe 5**.

# TABLEAU DU CAHIER DE DÉPLACEMENT

CNE4EN

ANNEXE 3

Relevé des ½ ouvertures des lignes d'eau

Lignes d'eau  Couples	H3	H2	H1	H0	Ω	Ω . f	Ordonnées des lignes d'eau par les facteurs	Ordonnées des lignes d'eau par le carré des facteurs	Cube des ordonnées des lignes d'eau
C0									
C1									
C2									
C3									
C4									
C5									
C6									
C7									
C8									
C9									
C10									
Σ					V	M	D	Q	C
Σ . f					m				

Nom :

Prénom :

N° :

## DONNÉES INFORMATIQUES

REFERENCE	WEIGHT (t)	KG (m)	LCG (m)	YG (m)	FSM (t.m)
Condition minimum de navigation	1,30	0,150	2,767	0,000	0,000
Draft at LCF	=	0,318 m	TRIM	=	0,000 m
LCF	=	2,630 m	Draft at AP	=	0,318 m
LCB	=	2,768 m	Draft at MP	=	0,318 m
LCG	=	2,768 m	Draft at FP	=	0,318 m
MCT	=	0,016 t. m	KML	=	8,540 m
KMT	=	1,409 m	GMT	=	1,259 m

LOADING CONDITION : Condition minimum de navigation m<sub>Msc</sub>

HEEL (deg)	DMID (m)	TRIM (m)	LCB (m)	YB (m)	KB (m)	KN (m)
0.0	0.318	0.000	2.767	0.000	0.208	0.000
5.0	0.315	-0.002	2.768	0.105	0.213	0.123
10.0	0.306	-0.017	2.768	0.206	0.226	0.242
20.0	0.269	-0.092	2.767	0.388	0.275	0.459
30.0	0.200	-0.218	2.779	0.531	0.341	0.631
40.0	0.083	-0.409	2.778	0.654	0.426	0.775
50.0	-0.097	-0.705	2.789	0.746	0.518	0.877
60.0	-0.397	-1.138	2.807	0.797	0.592	0.911
70.0	-0.974	-1.959	2.829	0.821	0.650	0.891
85.0	-6.087	-8.437	2.855	0.834	0.720	0.790
90.0	99.999	0.000	2.861	0.835	0.742	0.742
95.0	-7.418	-8.385	2.864	0.834	0.763	0.687
100.0	-4.042	-4.109	2.867	0.832	0.782	0.625
110.0	-2.337	-1.940	2.877	0.821	0.816	0.486
120.0	-1.759	-1.143	2.857	0.808	0.847	0.330
130.0	-1.461	-0.709	2.841	0.788	0.877	0.165
140.0	-1.277	-0.425	2.819	0.761	0.906	0.000
150.0	-1.150	-0.220	2.797	0.719	0.937	-0.154
160.0	-1.060	-0.064	2.776	0.647	0.970	-0.276
170.0	-1.004	0.041	2.758	0.493	1.008	-0.311
180.0	-0.995	0.058	2.761	0.000	1.046	0.000

## Méthodes de calcul de l'angle d'envahissement $\phi_D$

Une quelconque des méthodes suivantes peut être utilisée.

### 1 Calcul théorique

L'angle d'envahissement est très précisément déterminé par des calculs sur ordinateur, en utilisant les formes de coque obtenues par le plan des formes. La plupart des logiciels de calcul de stabilité sont prévus pour déterminer l'angle de gîte pour lequel des points de coordonnées données s'immergent. En conséquence, si les moments de redressement peuvent être déterminés à l'aide d'un programme de calcul, les angles d'envahissement peuvent être déterminés en même temps.

### 2 Méthode approchée pour déterminer les angles d'envahissement jusqu'à 60°

La méthode approchée suivante peut être utilisée pour estimer l'angle d'envahissement, mais elle est seulement valable pour des angles inférieurs à environ 60° :

$$\phi_D = \tan^{-1} (z_D / y_D')$$

où

$z_D$  est la hauteur du point d'envahissement au dessus de la flottaison, exprimée en mètres;

$y_D'$  est la distance transversale, exprimée en mètres, du point d'envahissement à l'axe du bateau.

Tableau 6,1 - Méthode approchée pour la détermination de l'angle d'envahissement

$(z_D / y_D')$	$\phi_D$	$(z_D / y_D')$	$\phi_D$
	degrés		degrés
0,10	5,7	0,80	38,7
0,15	8,5	0,85	40,4
0,20	11,3	0,90	42,0
0,25	14,0	0,95	43,5
0,30	16,7	1,00	45,0
0,35	19,3	1,05	46,4
0,40	21,8	1,10	47,7
0,45	24,2	1,15	49,0
0,50	26,6	1,20	50,2
0,55	28,8	1,30	52,4
0,60	31,0	1,40	54,5
0,65	33,0	1,50	56,3
0,70	35,0	1,60	58,0
0,75	36,9	1,70	59,5

### 3 Méthode approchée améliorée pour le calcul des grands angles d'envahissement

Cette méthode est valable pour des angles d'envahissement de l'ordre de 50° à 100°, et particulièrement pour les ouvertures situées à l'intérieur de la périphérie du navire.

a) Avant d'utiliser cette méthode. vérifier que  $\phi_D > 50^\circ$  en utilisant 2.

b) Calculer

$$C_{d,60} = 0,577 z_D + 0,5 B_{WL} - Q - X_2$$

où

$$Q = 0,5774 F;$$

$$F = 0,25(F_F + 2F_M + F_A);$$

où

$F_F$  est le franc-bord au pont avant ;

$F_M$  est le franc-bord au pont milieu ;

$F_A$  est le franc-bord au pont arrière ;

$$X_2 = (C_7^2 - C_8^2)^{0,5} - C_7 .$$

$$C_7 = (0,325 F + Q.k) / k ;$$

$$C_8 = (0,333 b.F + 0,4 Q.F + k.Q^2 - 0,000985 m_{MSC} / L_M) / k ;$$

$$k = 0,2165 \sin \alpha / \sin \beta ;$$

$$\alpha = \tan^{-1} (2 T_c / B_{WL}) ;$$

$$\beta = 60^\circ - \alpha ;$$

$$b = (B_H - B_{WL}) / 2 ;$$

$T_c$  est le tirant d'eau de la coque seule ;

$$L_M = (L_H + L_{WL}) / 2$$

c) Calculer

$$C_{d,90} = 0,5 B_{WL} - X_1$$

où

$$X_1 = [(C_5 / C_4)^2 - C_6 / C_4]^{0,5} - C_5 / C_4 ;$$

$$C_4 = 0,1 T_c / B_{WL} ;$$

$$C_5 = 0,3268 F ;$$

$$C_6 = 0,35 F(B_H - B_{WL}) - 0,000985 m_{MSC} / L_M ;$$

d) Calculer

$$\phi_D = 60 + \frac{30 (C_{d,60} - y_D')}{(C_{d,60} - C_{d,90})}$$



B	Centre de carène
C0	Couple de construction du navire situé à la perpendiculaire arrière
D	Tirant d'eau
DMID	Tirant d'eau à la perpendiculaire milieu (Draft at MP)
f	Facteur ( nombre indiquant le numéro du couple ou de la ligne d'eau)
G	Centre de gravité du navire
GMT	Distance métacentrique transversale initiale
GZ	Bras de levier de redressement
H3	Ligne de flottaison N°3
K	Point d'intersection entre la base line et la center line
KB	Distance du centre de carène à la H0
KG	Distance du centre de gravité du navire à la H0
KML	Distance du métacentre longitudinal à la H0
KMT	Distance du métacentre transversal à la H0
KN	Perpendiculaire abaissée de K sur la normale à la flottaison passant par B
LCB	Longueur du centre de carène à la perpendiculaire arrière
LCF	Longueur du centre de flottaison à la perpendiculaire arrière
LCG	Longueur du centre de gravité du navire à la perpendiculaire arrière
$m_{LDC}$	Masse du navire en condition minimum de navigation
$m_{MSC}$	Masse du navire en condition de charge maximale
V	Volume de carène
YB	Position du centre de carène par rapport à la center line
YG	Position du centre de gravité du navire par rapport à la center line
$\phi_D$	Angle d'envahissement
$\theta$	Angle de gîte du navire
$\Sigma$	Demi-aire de ligne d'eau
$\Omega$	Demi-aire de couple