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 consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du BTS MN, veuillez visiter :
btsmn.fr/annales-sujets-et-corriges

BTS CONSTRUCTION NAVALE

ÉPREUVE DE CONNAISSANCE DU NAVIRE

A partir des données ci-dessous on demande :

A – De contrôler la stabilité du car ferry à chacune des étapes de son chargement.

B - De déterminer à l'aide du règlement de la société de classification le moment de flexion en eau calme.

1ére Étape : Navire lège avec les consommables

Après le débarquement des passagers et du fret, la situation du navire est la suivante:

- poids du navire ..... 54 530 kN
- centre de gravité du navire par rapport à la PPAR ..... 55,800 m
- centre de gravité du navire par rapport à la OH ..... 9,640 m
- somme des moments des inerties de surface libre ..... 3 590 kN.m

Déterminez à l'aide des courbes hydrostatiques du navire avec assiette (***Annexe 1***) :

A1-1 Le tirant d'eau moyen du navire et son assiette.(explication de votre tracé)

A1-2 La distance métacentrique transversale en tenant compte des carènes liquides.

Les tracés qui permettent d'obtenir les résultats précédents figureront sur l'annexe 1 qui sera ramassée en fin d'épreuve.

2éme Étape : Embarquement Fuel-oil

Un complément de combustible de 100 m^3 de fuel-oil est embarqué et réparti dans les soutes bâbord 1212 et tribord 1112 initialement vide (moitié dans chaque) (***Annexe 2***).

Déterminez à l'aide des tables de volume de ces capacités (***Annexe 3***):

A2-1 Les hauteurs de ullage que l'officier mécanicien devra mesurer dans chaque capacité pour vérifier que la quantité voulue de fuel-oil a bien été embarquée. Quelle hypothèse de calcul faites-vous en utilisant ces tables de capacité ?

Pour les calculs, les valeurs seront déterminées avec trois décimales, la densité du fuel-oil sera prise égale à 0,985 et l'accélération de la pesanteur à 10 $m.s^{-2}$.

3éme Étape : Embarquement Eau douce

Un complément de 100 m^3 d'eau douce est embarqué dans la caisse 2011 (***Annexe 2***) dont le centre de gravité se situe à :

- 105,07 m de la PPAR,
- 4,29 m sur OH.

La capacité 2011 étant partiellement remplie, la différence d'inertie de surface libre est de 242 m^4.

A3-1 Établissez le nouveau cas de changement après approvisionnement en fuel-oil et eau douce et déterminez la position en longueur et hauteur du centre de gravité du navire.

A3-2 Déterminez avec les courbes hydrostatiques (***Annexe 1***) les nouvelles valeurs du tirant d'eau moyen de l'assiette et de la distance métacentrique transversale corrigée des carènes liquides.

4éme Étape : Embarquement du fret

L'embarquement du fret a commencé par le chargement des camions.

Après ce chargement la partie avant du pont roulier se trouve entièrement occupée avec un poids de 3000 kN.

Connaissant les données suivantes:

- distance horizontale entre le centre de gravité de la flottaison et le barycentre des camions..... 29 m
- déplacement par centimètre d'immersion ..... 180 kN/cm
- distance métacentrique longitudinale ..... 220 m
- assiette relevée après la 3ème étape ..... 0,660 m

A4-1 Calculez la nouvelle assiette et le nouveau tirant d'eau moyen du navire.

5éme Étape : Position de la rampe

Le schéma (***Annexe 2***) montre la position du navire par rapport au quai.

La hauteur du quai par rapport au fond du port est de 9,40 m.

Le navire étant sur nez avec une assiette de 1,500 m

La hauteur d'eau sous le navire incliné au droit de la PPM est de 3 m et faisant l'hypothèse simplificatrice que le navire pivote autour du point D.

A5-1 Calculez la hauteur par rapport au "niveau zéro" du point J.

A5-2 Calculez l'angle d'inclinaison de la rampe.

D'après les indications du constructeur, l'inclinaison maximale admissible pour la rampe est de 10 degrés.

A5-3 Calculez le volume d'eau de mer que le second capitaine doit retirer du peak AV pendant le chargement pour que l'inclinaison de la rampe soit de 8 degrés après embarquement des camions.

Afin de simplifier les calculs, la variation de déplacement due à la vidange du peak AV sera négligée et la distance entre le centre de gravité du peak AV et le centre de flottaison sera considérée comme constante et égale à 55 m.

6éme Étape : Vérification sur la courbe des GM requis

L'embarquement du fret et des passagers avec leurs véhicules étant terminé, la situation du navire est celle du tableau ci-après.

	POIDS (kN)	MOMENTS (kN.m) / PPAR	/ 0H	CARÈNES LIQUIDES (kN.m)
Navire lège et consom.				
Fuel oil (Capacité 1112)				
Fuel oil (Capacité 1212)				
Eau douce (Capa. 2011)				
Ballastage				
Capacité 6020 à 50%	1 340	153 570	4 890	510
Capacité 6113 à 50%	200	14 840	90	750
Capacité 6213 à 50%	200	14 840	90	750
Capacité 6114 à 50%	280	18 350	100	1 990
Capacité 6214 à 50%	280	18 350	100	1 990
Fret				
Passagers	200	11 400	3 870	
Voitures et Camions	4 380	195 820	44 230	

Déterminez à l'aide des courbes hydrostatiques (***Annexe 1***)

A6-1 l'assiette et le tirant d'eau moyen,

A6-2 la distance métacentrique transversale corrigée des carènes liquides.

A6-3 Que représente la courbe des GM requis et comment obtient-on cette courbe ?

A6-4 Vérifiez sur la courbe du GM requis (***Annexe 4***) que les exigences de stabilité après avaries sont bien respectées, et si elles ne le sont pas : quelles actions estimez-vous nécessaires d'entreprendre avant que le navire quitte le quai?

A6-5 Vérifiez avec la table détaillée des éléments hydrostatiques avec assiette (***Annexe 5***) que les valeurs trouvées en A6-1et A6-2 ne sont pas trop imprécises (le détail des interpolations effectuées sera donné).

B Calcul règlementaire

A partir du règlement de la société de classification dont un extrait figure en **annexe 6** et en rappelant les caractéristiques du car ferry

Longueur maximale à la ligne de charge d'été	120 m
Largeur hors membres	18,350 m
Creux	12,500 m
Tirant d'eau avant	4,900 m
Tirant d'eau arrière	4,850 m
Tirant d'eau milieu	4,800 m
Coefficient de navigation	Summer zone
Déplacement	6 300 t

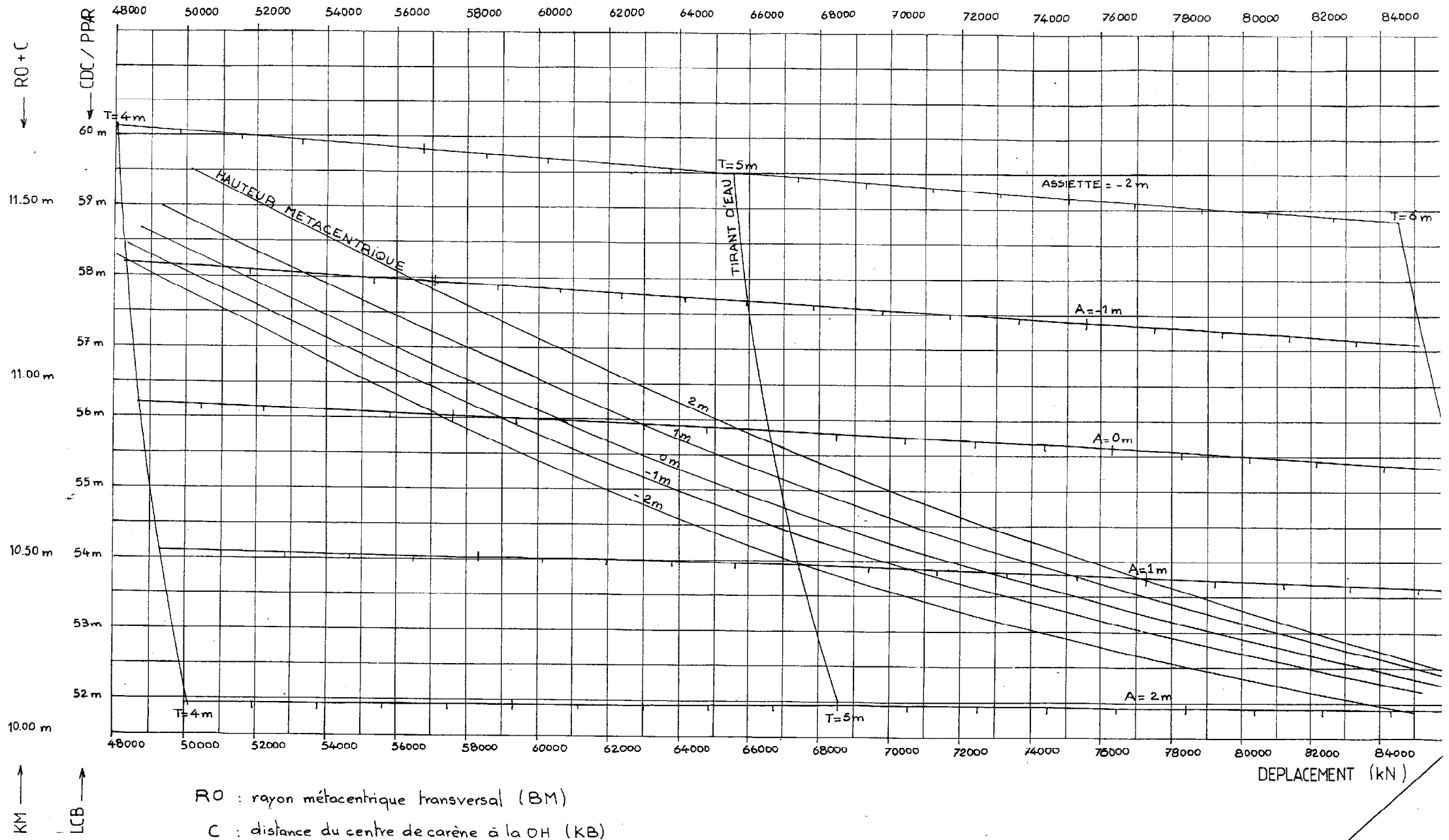
B1-1 Justifier le type de déformation du car ferry

B1-2 Déterminer le moment de flexion d'échantillonnage en eau calme au niveau de la PPM

B1-3 Quelle utilisation feriez-vous du résultat obtenu à la question B1-2 ?

COURBES HYDROSTATIQUES AVEC ASSIETTE CAR-FERRY

Annexe 1



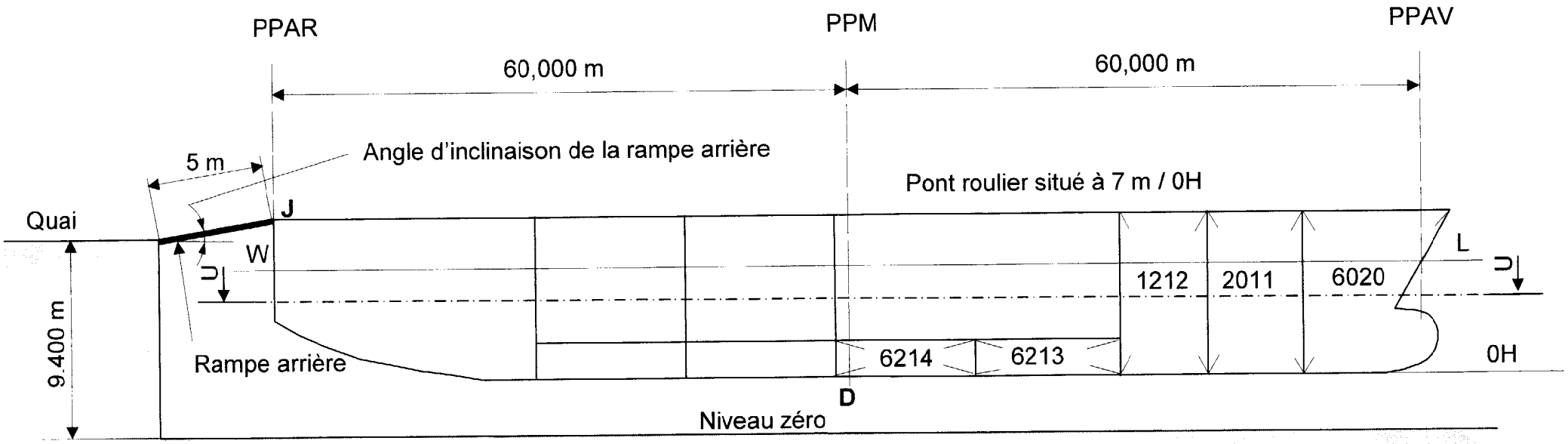
RO : rayon métacentrique transversal (BM)

C : distance du centre de carène à la OH (KB)

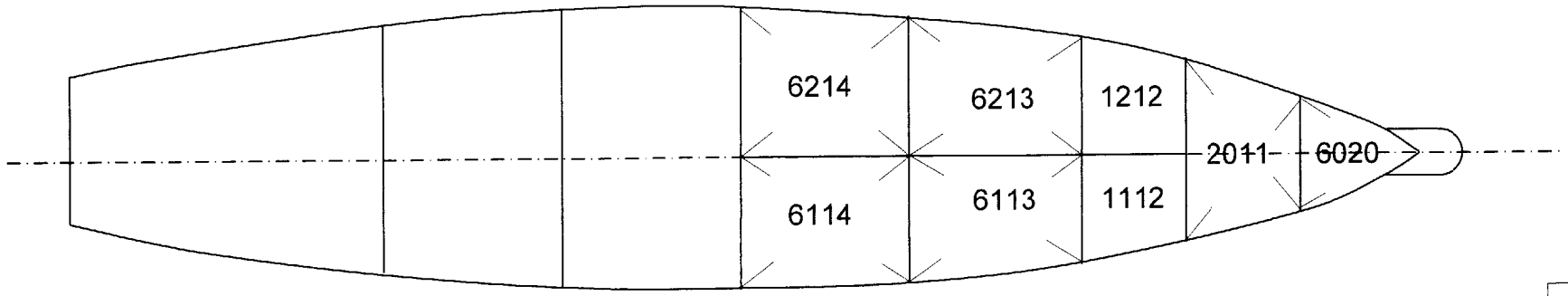
CNEAEN

N°

Nom :



Section U-U



Annexe 2

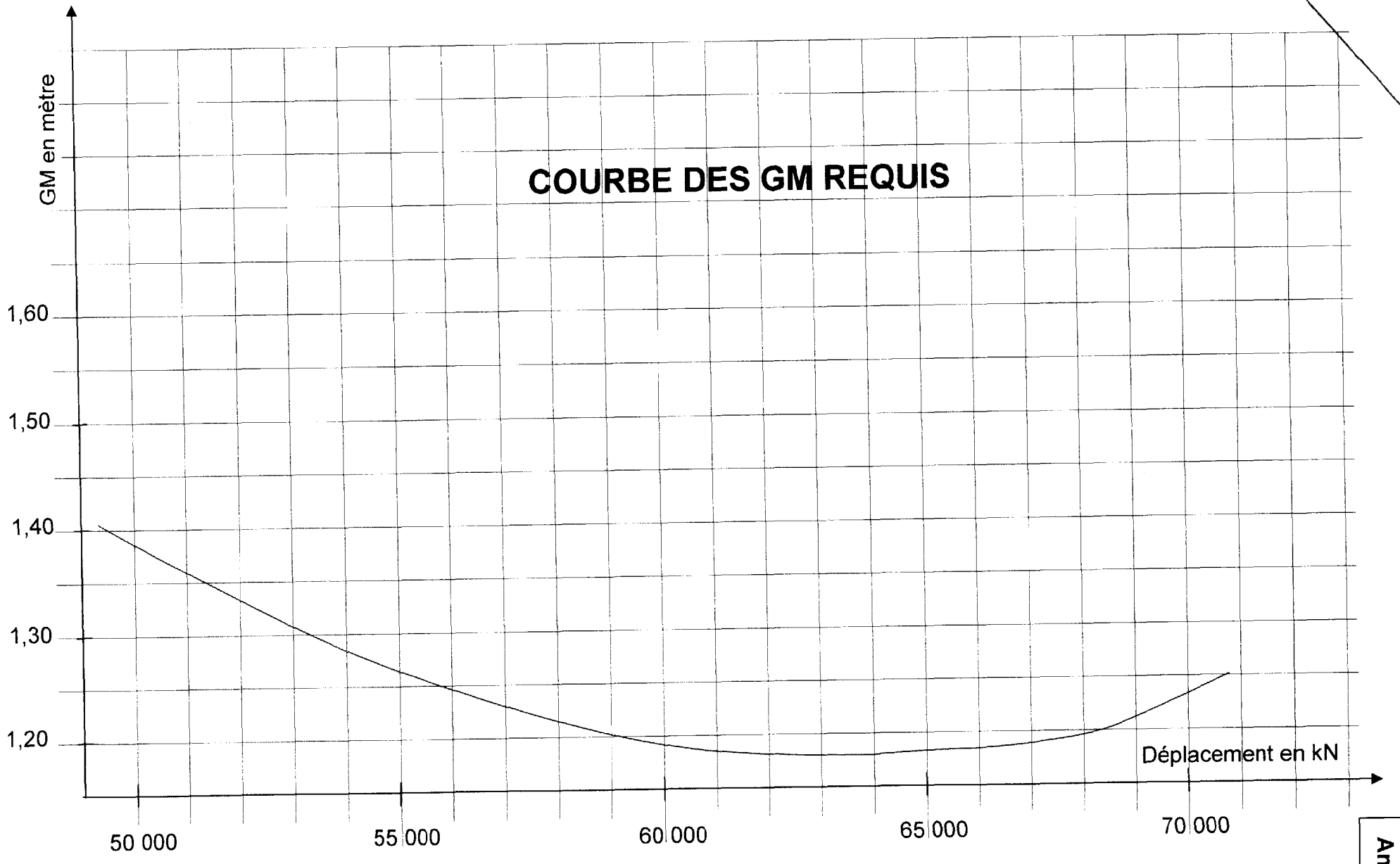
ANNEXE 3

1212 SOUTE AVANT BD - PT FORE TANK

ULLAGE	VOLUME	SONDAGE	POIDS(10^4N)	CDG/OH	CDG/PPAR	INERTIE
(M)	(M^3)	(M)	D = 0.985	(M)	(M)	(M^4)
1.834	83.202	3.776	81.954	2.43	91.5	0.
1.900	80.518	3.712	79.310	2.38	91.5	112.
2.000	76.401	3.612	75.255	2.32	91.5	105.
2.100	72.379	3.512	71.293	2.25	91.5	98.
2.200	68.455	3.412	67.428	2.19	91.5	91.
2.300	64.631	3.312	63.662	2.12	91.5	84.
2.400	60.909	3.212	59.995	2.06	91.5	78.
2.500	57.289	3.112	56.430	1.99	91.5	71.
2.600	53.773	3.012	52.966	1.93	91.5	65.
2.700	50.365	2.912	49.610	1.86	91.5	60.
2.800	47.067	2.812	46.361	1.79	91.5	54.
2.900	43.877	2.712	43.219	1.73	91.5	49.
3.000	40.798	2.612	40.186	1.66	91.4	44.
3.100	37.828	2.512	37.260	1.60	91.4	40.
3.200	34.973	2.412	34.448	1.53	91.4	35.
3.300	32.235	2.312	31.751	1.46	91.4	31.
3.400	29.613	2.212	29.168	1.40	91.4	27.
3.500	27.107	2.112	26.700	1.33	91.4	24.
3.600	24.718	2.012	24.347	1.27	91.4	21.
3.700	22.450	1.912	22.113	1.20	91.4	18.
3.800	20.308	1.812	20.003	1.13	91.4	15.
3.900	18.313	1.712	18.038	1.07	91.4	13.
4.000	16.437	1.612	16.190	1.01	91.4	10.
4.100	14.679	1.512	14.459	0.95	91.4	9.
4.200	13.041	1.412	12.846	0.88	91.4	7.
4.300	11.526	1.312	11.535	0.83	91.4	5.
4.400	10.132	1.212	9.9798	0.77	91.4	4.
4.500	8.6356	1.112	8.5061	0.71	91.4	5.
4.600	7.2449	1.012	7.1362	0.64	91.4	4.
4.700	5.9763	0.912	5.8866	0.58	91.4	3.
4.800	4.8299	0.812	4.7575	0.51	91.4	2.
4.900	3.8059	0.712	3.7488	0.45	91.4	2.
5.000	2.9037	0.612	2.8601	0.38	91.4	1.
5.100	2.1233	0.512	2.0915	0.32	91.5	1.
5.200	1.4643	0.412	1.4423	0.26	91.5	0.
5.300	.92578	0.312	.91189	0.19	91.5	0.
5.400	.50763	0.212	.50002	0.13	91.5	0.
5.500	.20798	0.112	.20486	0.07	91.6	0.
5.600	.26377E-01	0.012	.25981E-01	0.01	91.7	0.
5.612	.12518E-01	0.0	.12330E-01	0.01	91.7	0.

1112 SOUTE AVANT TD - ST FORE TANK

ULLAGE	VOLUME	SONDAGE	POIDS(10^4N)	CDG/OH	CDG/PPAR	INERTIE
(M)	(M^3)	(M)	D = 0.985	(M)	(M)	(M^4)
1.838	83.202	3.715	81.954	2.43	91.5	0.
1.900	80.552	3.653	79.344	2.38	91.5	112.
2.000	76.386	3.553	75.240	2.32	91.5	105.
2.100	72.316	3.453	71.231	2.25	91.5	98.
2.200	68.347	3.353	67.322	2.19	91.5	91.
2.300	64.481	3.253	63.513	2.12	91.5	84.
2.400	60.718	3.153	59.807	2.05	91.5	77.
2.500	57.061	3.053	56.205	1.99	91.5	71.
2.600	53.510	2.953	52.707	1.92	91.5	65.
2.700	50.070	2.853	49.319	1.85	91.5	59.
2.800	46.742	2.753	46.041	1.79	91.5	54.
2.900	43.526	2.653	42.873	1.72	91.4	48.
3.000	40.423	2.553	39.816	1.65	91.4	44.
3.100	37.432	2.453	36.871	1.59	91.4	39.
3.200	34.560	2.353	34.041	1.52	91.4	35.
3.300	31.806	2.253	31.329	1.45	91.4	30.
3.400	29.172	2.153	28.735	1.39	91.4	27.
3.500	26.657	2.053	26.258	1.32	91.4	23.
3.600	24.263	1.953	23.899	1.25	91.4	20.
3.700	21.992	1.853	21.662	1.19	91.4	17.
3.800	19.852	1.753	19.554	1.12	91.4	14.
3.900	17.843	1.653	17.576	1.06	91.4	12.
4.000	15.959	1.553	15.719	0.99	91.4	10.
4.100	14.198	1.453	13.985	0.93	91.4	8.
4.200	12.563	1.353	12.374	0.87	91.4	6.
4.300	11.057	1.253	10.889	0.81	91.4	5.
4.400	9.6063	1.153	9.4622	0.75	91.4	6.
4.500	8.1070	1.053	7.9854	0.68	91.4	5.
4.600	6.7356	0.953	6.6336	0.62	91.4	4.
4.700	5.4895	0.853	5.4072	0.55	91.4	3.
4.800	4.3719	0.753	4.3064	0.48	91.4	2.
4.900	3.3816	0.653	3.3309	0.42	91.4	1.
5.000	2.5183	0.553	2.4805	0.35	91.4	1.
5.100	1.7818	0.453	1.7551	0.29	91.5	0.
5.200	1.1712	0.353	1.1537	0.22	91.5	0.
5.300	.68631	0.253	.67602	0.16	91.5	0.
5.400	.32586	0.153	.32097	0.10	91.5	0.
5.500	.88455E-01	0.053	.87128E-01	0.04	91.6	0.
5.553	.12518E-01	0.0	.12330E-01	0.01	91.7	0.



Annexe 4

CNE4EN

Annexe 5

HOMOLOGATION M.M. 83-01

ELEMENTS HYDROSTATIQUES

****
* TE= 4 M *
****

TE M	AS M	VOL M3	DEPL 10^4TN	D/CM 10^4TN/CM	C/OH M	RO M	C/PP M	R M	CFL M	MT 10^6TN.M
4.0	-9	4998	5130	15.9	2.98	8.29	72.16	182.8	66.5	79
	-8	4906	5037	16.0	2.83	8.46	70.66	189.7	65.5	81
	-7	4826	4961	16.1	2.70	8.59	69.05	195.1	64.5	82
	-6	4761	4900	16.1	2.59	8.71	67.36	199.8	63.4	83
	-5	4709	4852	16.2	2.49	8.82	65.63	205.5	62.3	85
	-4	4673	4818	16.3	2.41	8.91	63.85	210.4	61.1	86
	-3	4654	4801	16.4	2.35	8.99	62.03	215.3	59.8	88
	-2	4653	4803	16.5	2.31	9.05	60.15	220.7	58.4	90
	-1	4672	4825	16.7	2.29	9.10	58.21	226.6	56.9	93
	0	4708	4863	17.0	2.30	9.14	56.21	241.5	55.8	100
	1	4763	4921	17.3	2.33	9.17	54.12	252.6	54.4	105
	2	4843	5006	17.6	2.39	9.22	51.94	262.0	52.7	111
	3	4946	5114	17.8	2.48	9.19	49.73	266.7	50.9	116
	4	5079	5252	18.0	2.59	9.15	47.52	262.8	49.4	117
	5	5230	5412	17.9	2.73	8.98	45.42	250.9	48.1	115
	6	5402	5588	17.8	2.88	8.76	43.45	233.2	47.0	110
	7	5584	5775	17.6	3.04	8.48	41.69	214.3	45.9	105
	8	5780	5976	17.3	3.21	8.15	40.11	194.1	44.9	98
	9	5986	6187	17.0	3.39	7.82	38.71	176.0	44.0	92
4.0	0	4708	4863	17.0	2.30	9.14	56.21	241.5	55.8	100
4.1	0	4873	5033	17.2	2.36	8.98	56.19	237.8	55.7	101
4.2	0	5041	5205	17.3	2.42	8.83	56.17	233.5	55.5	103
4.3	0	5210	5380	17.5	2.49	8.68	56.14	230.5	55.2	105
4.4	0	5381	5556	17.7	2.55	8.53	56.11	227.4	55.0	107
4.5	0	5554	5734	17.8	2.61	8.39	56.08	224.7	54.8	109
4.6	0	5734	5919	18.0	2.66	8.29	56.03	222.0	54.6	111
4.7	0	5909	6099	18.2	2.72	8.16	55.98	221.4	54.6	114
4.8	0	6087	6282	18.4	2.78	8.03	55.94	221.0	54.4	118
4.9	0	6266	6466	18.6	2.83	7.90	55.89	220.1	54.3	121
5.0	-9	6615	6801	17.2	3.48	6.93	70.55	167.9	65.4	97
	-8	6529	6719	17.3	3.34	7.07	69.13	172.7	64.4	98
	-7	6458	6649	17.4	3.23	7.20	67.66	177.5	63.4	100
	-6	6402	6595	17.6	3.13	7.31	66.14	183.5	62.3	103
	-5	6362	6556	17.7	3.04	7.42	64.56	188.6	61.2	105
	-4	6339	6536	17.9	2.97	7.53	62.92	194.4	60.0	108
	-3	6333	6532	18.0	2.92	7.61	61.25	200.3	58.7	111
	-2	6347	6547	18.2	2.89	7.67	59.51	206.3	57.3	114
	-1	6386	6589	18.5	2.88	7.75	57.69	212.8	55.8	119
	0	6447	6652	18.7	2.89	7.78	55.85	219.1	54.2	124
	1	6535	6741	19.0	2.93	7.78	53.95	225.0	52.6	129
	2	6644	6855	19.2	2.99	7.76	51.96	232.6	51.8	135
	3	6762	6979	19.3	3.08	7.67	50.00	232.2	51.0	137
	4	6897	7119	19.2	3.18	7.54	48.08	226.8	50.4	137
	5	7039	7265	19.1	3.29	7.37	46.27	217.9	49.7	134
	6	7192	7423	18.9	3.42	7.15	44.57	206.5	49.0	130
	7	7352	7589	18.7	3.56	6.93	42.99	194.1	48.3	125
	8	7522	7764	18.4	3.71	6.71	41.54	180.8	47.5	119
	9	7701	7947	18.1	3.86	6.49	40.20	167.4	46.7	113

Extrait du règlement du Bureau Véritas

SECTION 2 CHARGES D'ENSEMBLE

1Notations utilisées dans cette section

Longueur réglementaire

La longueur réglementaire L sera prise égale à la longueur maximale à la ligne de charge d'été.

Le coefficient de finesse total

Le coefficient de finesse total ou Block coefficient CB se rapporte à la longueur L, à la largeur hors membres B, au tirant d'eau T hors membres pris au milieu du navire.

Le coefficient de navigation

Les coefficients de navigation présents dans les formules de ce chapitre qui donnent les charges d'ensemble et les charges locales de houle sont définis en Tab 1 en fonction de la mention de navigation attribuée.

Table 1 – Coefficients de navigation

Mention de navigation	Coefficient de Navigation n	Coefficient de Navigation n_1
Unrestricted navigation	1,00	1,00
Summer zone	0,90	0,95
Tropical zone	0,80	0,90
Coastal area	0,80	0,90
Sheltered area	0,65	0,80

Les paramètres de la houle

C : Paramètre de houle

$$C = (118 - 0{,}36\,L)\frac{L}{1000} \qquad \text{for } 65\text{ m} \le L < 90\text{ m}$$

$$C = 10{,}75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1{,}5} \qquad \text{for } 90\text{ m} \le L < 300\text{ m}$$

$$C = 10{,}75 \qquad \text{for } 300\text{ m} \le L \le 350\text{ m}$$

$$C = 10{,}75 - \left(\frac{L - 350}{150}\right)^{1{,}5} \qquad \text{for } L > 3500\text{ m}$$

H : Paramètre de houle

$$H = 8{,}13 - \left(\frac{250 - 0{,}7\,L}{125}\right)^{3}$$

sans être pris supérieur à 8,1

2 Charges en eau calme

2.1 Moments de flexion en eau calme

2.1.1 Les moments de flexion en eau calme $M_{SW,H}$ et $M_{SW,S}$ pour toute section transversales sont les moments maximum de flexion en eau calme calculés en cette section respectivement en arc et contre-arc, pour les conditions de chargement définies au contrat.

2.1.2 Si les moments de flexion d'échantillonnage en eau calme, dans une étape initiale de la conception, ne sont pas définis en toute section la distribution longitudinale montrée en Fig 2 peut être considérée.
En Fig 2 M_{SW} est le moment de flexion d'échantillonnage en eau calme à la maîtresse section, en arc et contre-arc, dont les valeurs absolues ne doivent pas être prises inférieures à celle données, en kN.m, par les formules suivantes :

- arc

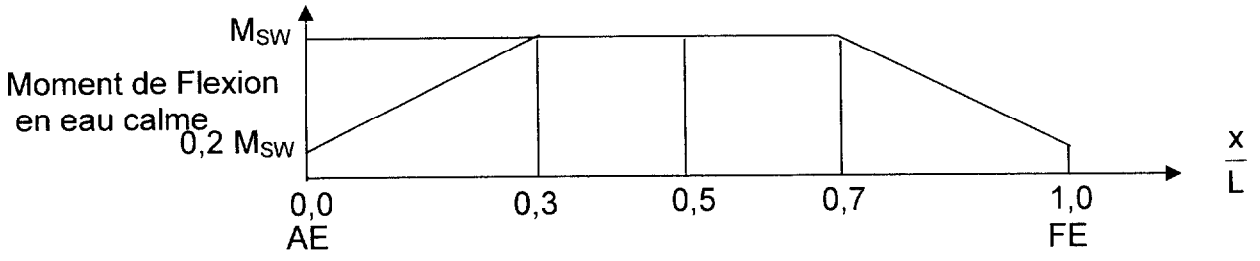
$$M_{SWM,H} = 175\, n_1\, C\, L^2\, B\, (C_B + 0{,}7)\, 10^{-3} - M_{WV,H}$$

- contre-arc

$$M_{SWM,S} = 175\, n_1\, C\, L^2\, B\, (C_B + 0{,}7)\, 10^{-3} + M_{WV,s}$$

Dans lesquelles $M_{WV,H}$, $M_{WV,S}$ sont les moments de flexion verticaux de houle, en kN.m, donnés en 3.1

Figure 2 Distribution du moment de Flexion en eau calme



3 Charges de houle

3.1 Moments de flexion verticaux de houle

3.11 Les moments de flexion verticaux de houle en toute section transversale sont obtenus, en kN.m, par les formules suivantes :

- arc

$$M_{WV,H} = 190\, F_M\, n\, C\, L^2\, B\, C_B\, 10^{-3}$$

- contre-arc

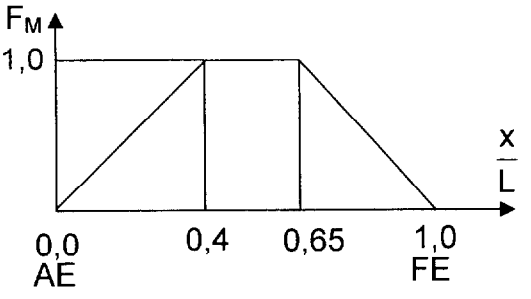
$$M_{WV,S} = -\,110\, F_M\, n\, C\, L^2\, B\, (C_B + 0{,}7) 10^{-3}$$

où F_M : facteur de répartition défini en Tab 1 (voir aussi Fig 3)

Tab 1 Facteur de répartition F_M

Position de la section transversale	Facteur de répartition F_M
$0 \le x < 0{,}4\ L$	$2{,}5\,\frac{x}{L}$
$0{,}4\ L \le x \le 0{,}65\ L$	1
$0{,}65\ L < x \le L$	$2{,}86\left(1 - \frac{x}{L}\right)$

Fig 3 Facteur de répartition F_M



Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.