

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## CONSTRUCTION NAVALE

SESSION 2017

### ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION

Sous-épreuve U41 : Étude du navire

Durée : 4 heures

Coefficient 2,5

*Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.*

*L'usage de tout autre matériel électronique est interdit.*

*Aucun document autorisé.*

#### **Documents à rendre avec la copie :**

- Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
- Le sujet se compose de 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.
- La feuille de papier millimétré est à rendre même si elle n'est pas complétée.

BTS Construction Navale	Session 2017
Sous-épreuve U41 Étude du navire	Page 1/12

## Composition du sujet :

Présentation et mise en situation :	Page 3/12
Texte du sujet :	Pages 4/12 à 9/12
Annexe 1 : Extrait de la table des hydrostatiques de la drague	Page 10/12
Annexe 2 : Extrait de la table des pantocarènes de la drague	Page 11/12
Annexe 3 : Extrait de la réglementation française pour les Engins de dragage et engins porteurs de déblais	Page 12/12

## Le sujet comporte 3 **parties indépendantes** :

- |   |        |
|---|--------|
| I. Calcul de l'influence de la largeur de la cale sur la stabilité de la drague | 15 pts |
| II. Calcul de la courbe des GZ avec addition de la carène liquide               | 15 pts |
| III. Etude de la stabilité réglementaire de la drague                           | 10 pts |

## **Documents à rendre :**

**La feuille de papier millimétré est à rendre même si elle n'est pas complétée.**

## ÉTUDE D'UNE DRAGUE DE 100 M



Photo : Didier Perrin - <http://www.marine-marchande.net>

### Présentation et mise en situation :

La stabilité des dragues est conditionnée au transport d'une masse importante d'un mélange vaseux créant une carène liquide conséquente.

Le sujet porte sur l'influence des carènes liquides de la cale à déblai sur la stabilité et l'analyse réglementaire des calculs de stabilité. Cette analyse prendra en compte le déversement qui correspond au débordement accidentel du mélange vaseux lors de la gîte de la drague.

Le navire étudié est la drague "Daniel Laval" qui réalise régulièrement le dragage de l'estuaire de la Seine. Ce navire a les caractéristiques principales suivantes :

- Longueur hors tout : 104,0 m
- Longueur entre perpendiculaires : 98,0 m
- Largeur hors membre : 22,0 m
- Creux au pont principal : 7,5 m
- Tirant d'eau en pleine charge : 6,0 m
- Déplacement en pleine charge : 11 000 t
- Volume de la cale à déblai : 5 000 m<sup>3</sup>

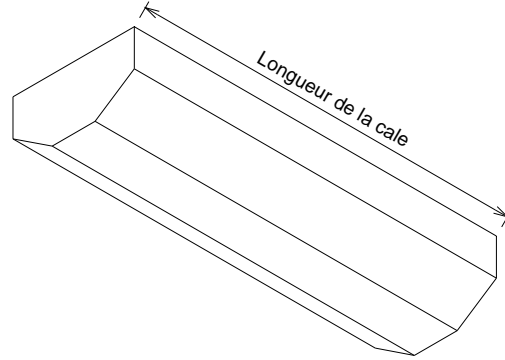
Pour la réalisation des différents calculs, nous considérons :

- la masse volumique de l'eau de mer dans l'estuaire de la Seine =  $1025 \text{ kg/m}^3$ .

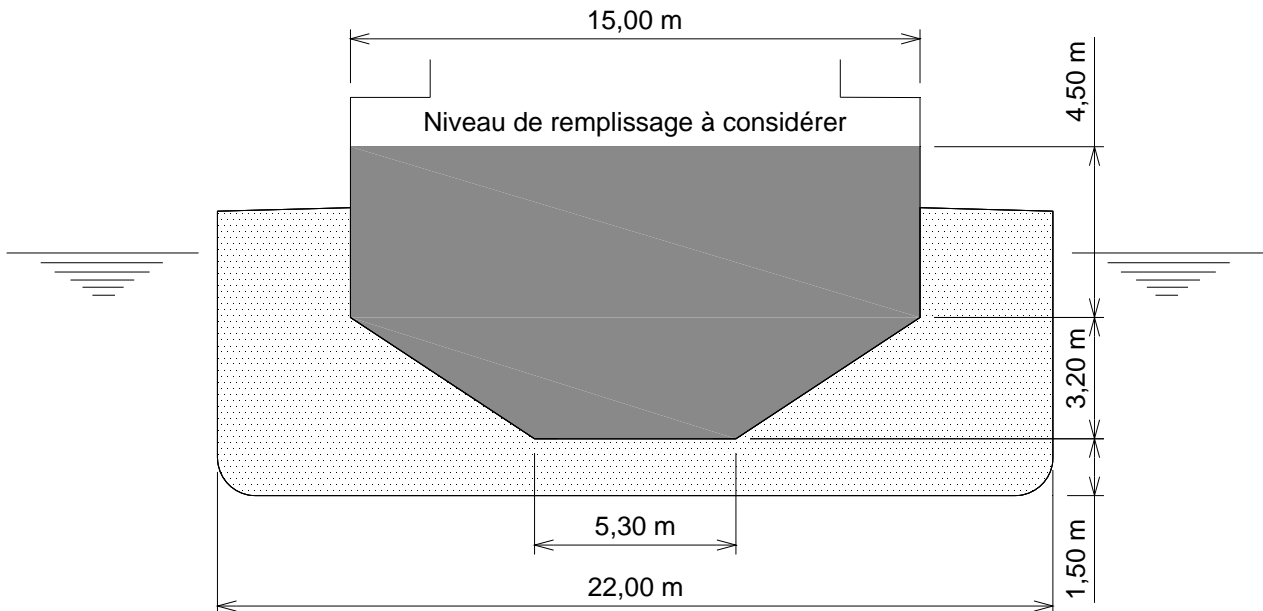
## **PARTIE I : Calcul de l'influence de la largeur de la cale sur la stabilité de la drague**

**Objectif :** Le but du calcul est de vérifier l'influence des carènes liquides sur la stabilité de la drague vis-à-vis de la largeur de la cale à déblai.

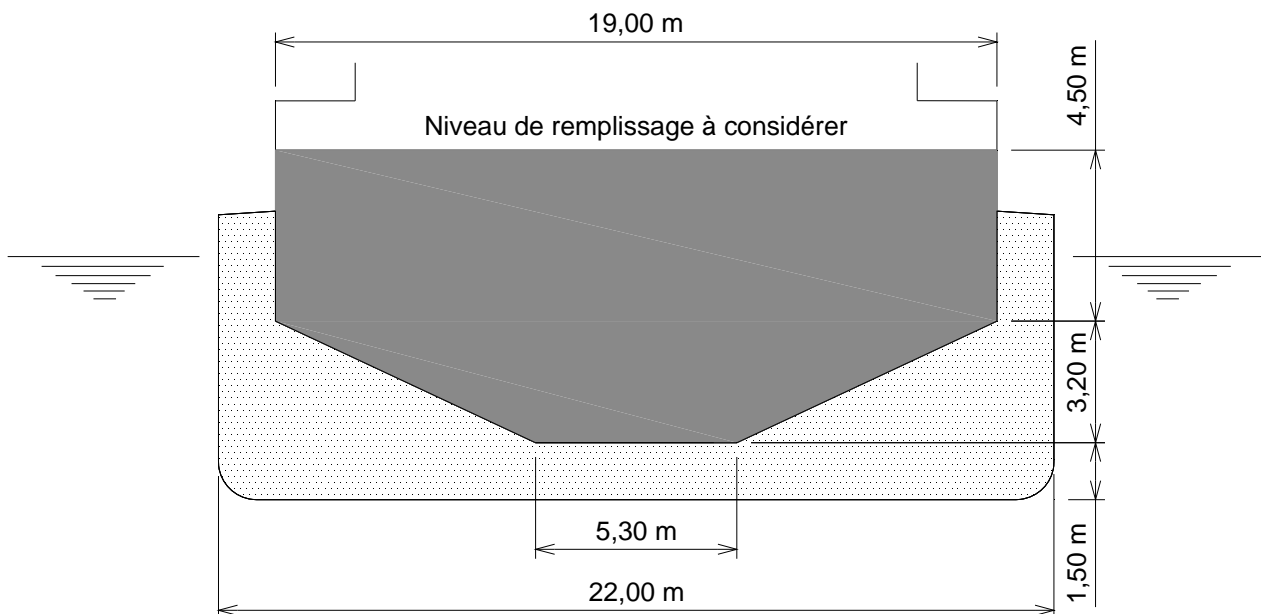
Pour cela, vous devez réaliser le calcul de la hauteur métacentrique corrigée des effets de carènes liquide dans deux configurations de cale suivantes :



**Version 1 :** Cale avec une longueur de **44,8 m** et une largeur de **15,0 m**



**Version 2 :** Cale avec une longueur de **36,0 m** et une largeur de **19,0 m**



Avec 100 % des approvisionnements et la cale à déblai vide, le déplacement de la drague est le suivant :

	<b>Masse</b>	<b>LCG</b>	<b>Mt/PPAR</b>	<b>TCG</b>	<b>Mt / CL</b>	<b>VCG</b>	<b>Mt / OH</b>	<b>FSMT</b>
	(t)	(m)	(t.m)	(m)	(t.m)	(m)	(t.m)	(t.m)
Navire lège	4031,6	45,700		-0,250		6,450		
Approvisionnements	852,8	56,611		0,996		3,020		177,0
Equipage / effets personnels	3,0	75,600		0,000		12,000		
Vivres	7,0	84,000		0,000		12,000		
Matériel magasin arrière	48,0	12,600		0,000		6,000		
Matériel magasin avant	30,0	80,500		0,000		5,000		
<b>TOTAL</b>								

- Question I-1 :** Déterminer le déplacement et la position du centre de gravité de la drague avec la cale à déblai vide à partir du tableau ci-dessus.
- Question I-2 :** Pour un mélange vaseux avec une masse volumique de  $1,3 \text{ t/m}^3$ , calculer la masse et la position verticale du centre de gravité du déblai dans la version 1.
- Question I-3 :** Calculer le déplacement et la position verticale du centre de gravité du navire avec la cale à déblai remplie dans la version 1.
- Question I-4 :** A partir de l'extrait de la table des hydrostatiques joint en annexe, déterminer, par interpolation linéaire, la position verticale du centre de carène et le rayon métacentrique transversal dans cette version.
- Question I-5 :** Calculer, pour la version 1, la hauteur métacentrique transversale GMT puis la hauteur métacentrique transversale GMTc avec la correction des carènes liquides.

Dans la version 2, les résultats pour le navire avec un mélange vaseux d'une masse volumique de  $1,3 \text{ t/m}^3$  sont :  
 - déplacement = 10 793,4 t ;  
 - position verticale du centre de gravité = 5,849 m (sans prise en compte des carènes liquides).

- Question I-6 :** A partir de l'extrait de la table des hydrostatiques joint en annexe, déterminer, par interpolation linéaire, la position verticale du centre de carène et le rayon métacentrique transversal dans la version 2.
- Question I-7 :** Calculer, pour la version 2, la hauteur métacentrique transversale GMT puis la hauteur métacentrique transversale GMTc avec la correction des carènes liquides.
- Question I-8 :** Calculer le pourcentage de perte de GMT dû aux carènes liquides dans les deux configurations.  
 Que pouvez-vous conclure ?

**PARTIE II : Calcul de la courbe des GZ avec addition de la carène liquide**

**Objectif :** Le but est de calculer l'influence de la carène liquide et du déversement de la cale à déblai sur la stabilité du navire, le déversement étant le débordement accidentel du mélange vaseux lors de la gîte de la drague.

La drague est dans une configuration normale d'utilisation avec le cas de chargement suivant :

	<b>Masse</b> (t)	<b>LCG</b> (m)	<b>TCG</b> (m)	<b>VCG</b> (m)
Navire lège	4031,6	45,700	-0,250	6,450
Approvisionnements	630,5	59,877	1,596	3,186
Equipage et effets personnels	3,0	75,600	0,000	12,000
Vivres	7,0	84,000	0,000	12,000
Matériel magasin arrière	48,0	12,600	0,000	6,000
Matériel magasin avant	30,0	80,500	0,000	5,000
Cale à déblais	5590,7	51,100	0,000	6,123
<b>TOTAL</b>	<b>10340,8</b>	<b>49,466</b>	<b>0,000</b>	<b>6,073</b>

**Question II-1 :** A partir de l'extrait de la table des hydrostatiques joint en annexe et des valeurs données ci-dessus, calculer l'assiette du navire. Vérifier si cette assiette permet d'utiliser l'extrait de la table des pantocarènes joint en annexe.

**Question II-2 :** A partir de l'extrait de la table des pantocarènes joint en annexe, calculer, par interpolation linéaire, les KN pour les angles de gîtes de 0 à 60°. En déduire les GZ pour les angles de gîte de 0 à 60°.

**Question II-3 :** Tracer la courbe des bras de levier de redressement sur la feuille de papier millimétré format A4 vertical. On prendra pour échelle :  
 - abscisses : 3 cm pour 10 degrés ;  
 - ordonnées : 1 cm pour 0,1 m.  
 (Nota : l'axe des abscisses sera positionné au quart inférieur de la feuille).

**Question II-4 :** Le mélange vaseux a une masse volumique de 1,3 t/m<sup>3</sup> et l'inertie de la surface libre de la cale (dans cette configuration) est de 12 600 m<sup>4</sup>. En supposant la surface libre constante, calculer les GZ corrigés des effets des carènes liquides pour les angles de gîte de 0 à 60°. Tracer la courbe de ces bras de levier de redressement sur la feuille de papier millimétré.

Dans la réalité, la cale se déverse à partir d'un angle de l'ordre de 15°, les bras de levier de redressement corrigés, obtenus à l'aide d'un logiciel de calculs de stabilité, sont les suivants :

Angle en degré	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60
Déplacement de la drague (en t)	10 341	10 341	10 341	9 937	9 286	8 632	8 057	7 060	6 261	6 123
Bras de levier de redressement avec déversement du déblai (en m)	0	0,230	0,461	0,717	0,994	1,209	1,343	1,338	1,128	0,830

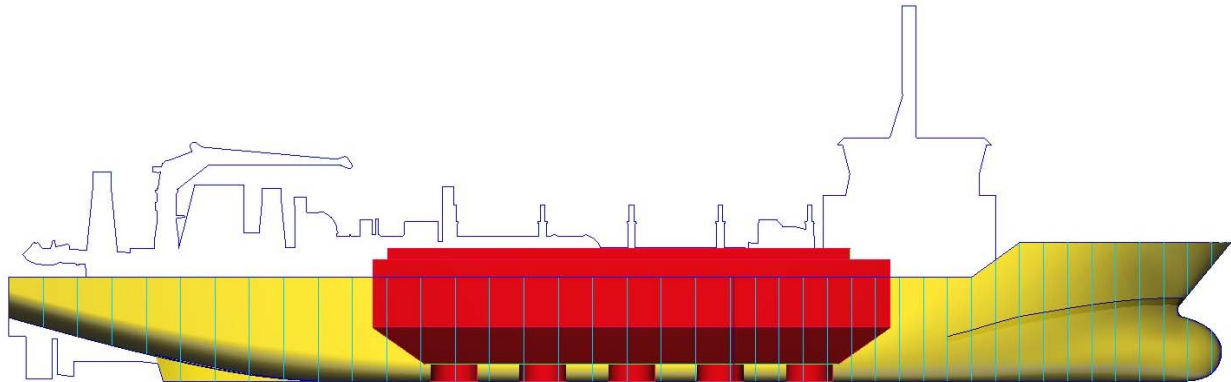
**Question II-5 :** Tracer la courbe des bras de levier de redressement à partir des valeurs ci-dessus sur la feuille de papier millimétré.

**Question II-6 :** Analyse des résultats :  
 Expliquer la différence entre les courbes des questions II-3 et II-4.  
 Expliquer la différence entre les courbes des questions II-4 et II-5.

## PARTIE III : Étude de la stabilité réglementaire de la drague

Objectif : Le but de ce calcul est de vérifier la stabilité de la drague vis-à-vis des critères réglementaires.

L'étude est réalisée dans le cas d'une navigation avec une cale remplie de déblai avec une densité de 1,3, celle-ci n'étant pas en libre communication avec la mer. Les résultats obtenus avec un logiciel de calculs de stabilité sont les suivants :



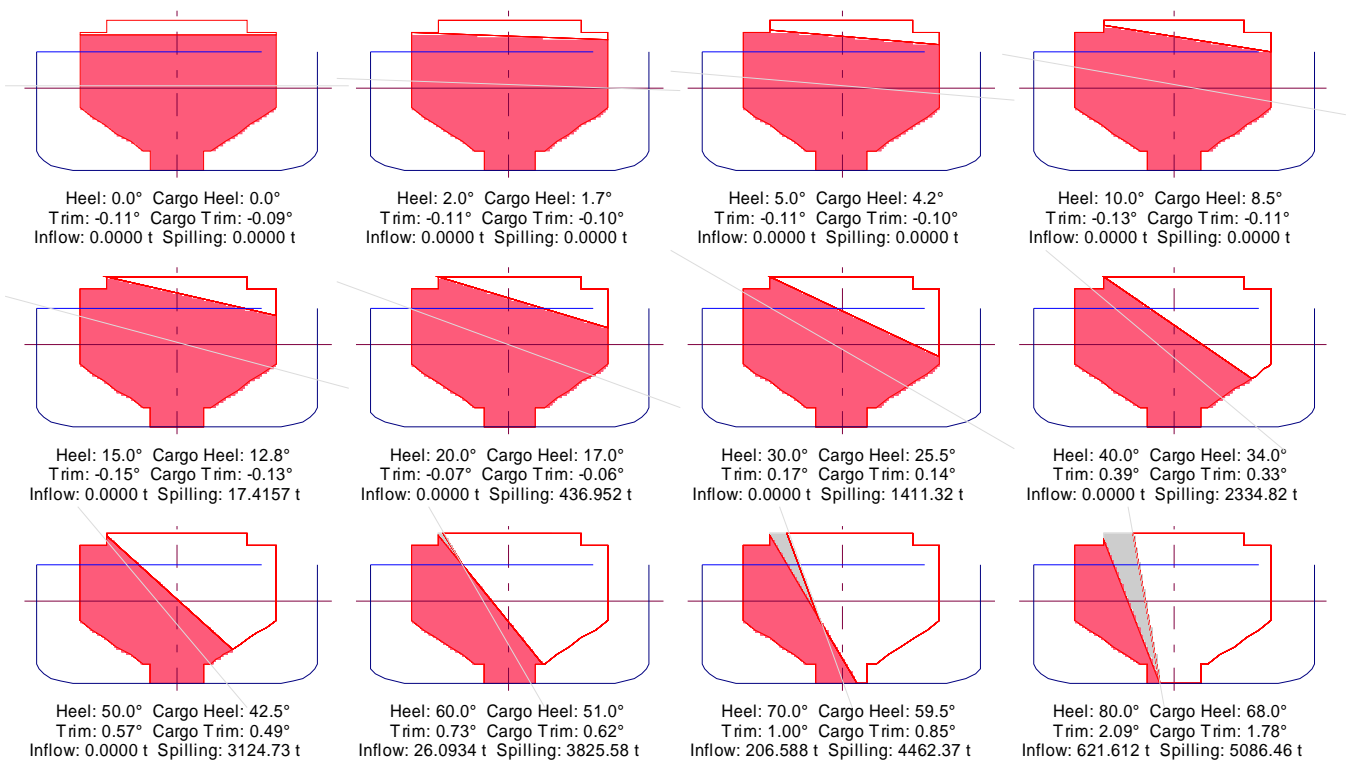
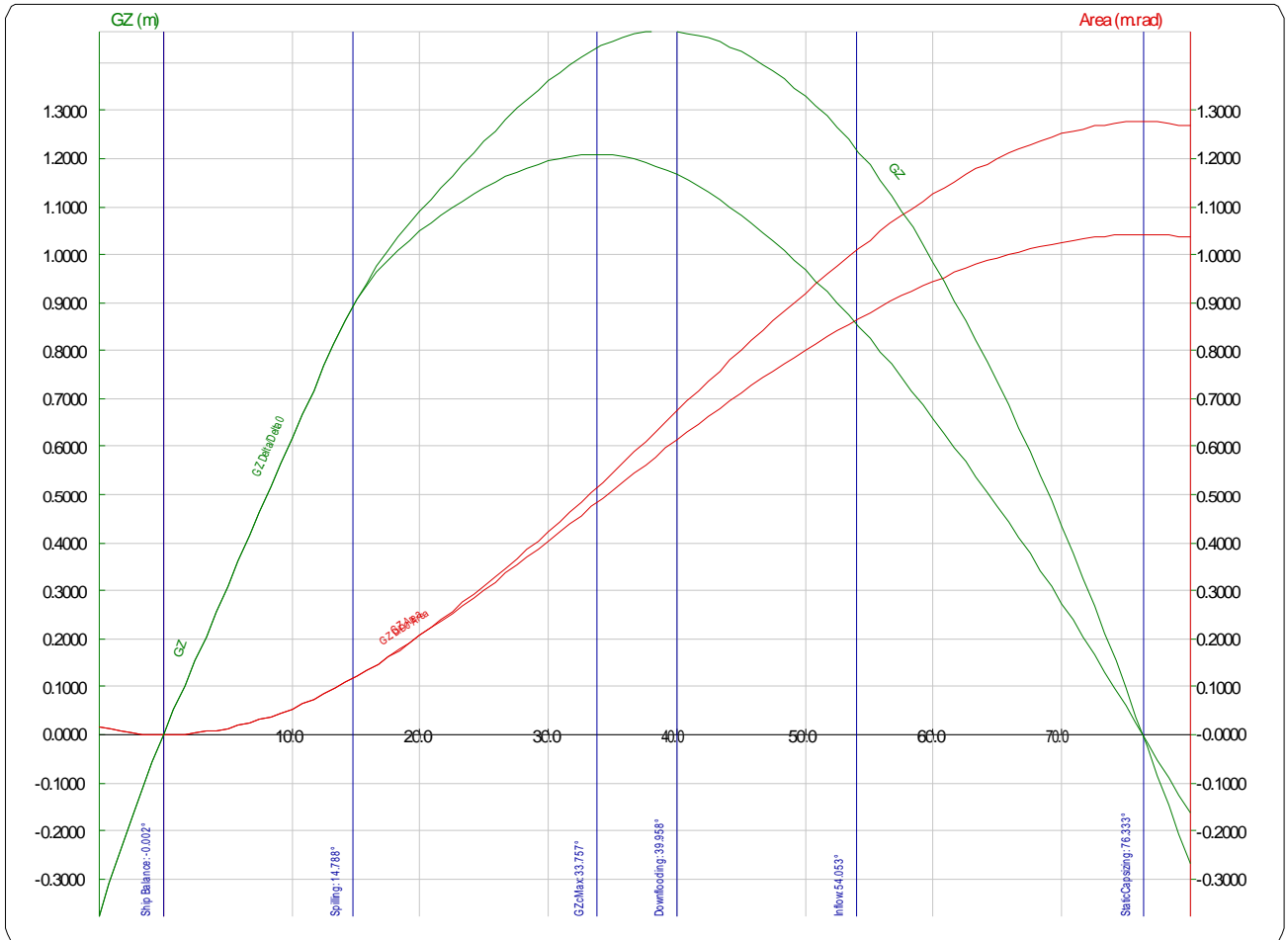
Status:	Thetar°	AP Height	FP Height	Thetag°	Cargo	Inflow	FSM	GZ	GZc	GZc Area
	-5.000	6.3630	6.5500	-4.250	6737.04	0.0000	5153.10	-0.3776	-0.3776	0.0157
	-2.500	6.3664	6.5535	-2.125	6737.04	0.0000	6943.23	-0.1716	-0.1716	0.0037
Ship Balance	-0.002	6.3671	6.5554	-0.002	6737.04	0.0000	13922.5	0.0000	0.0000	0.0000
	0.000	6.3671	6.5554	0.000	6737.04	0.0000	13928.7	0.0002	0.0002	0.0000
	2.500	6.3644	6.5558	2.125	6737.04	0.0000	14521.2	0.1528	0.1528	0.0033
	5.000	6.3588	6.5549	4.250	6737.04	0.0000	10299.7	0.3095	0.3095	0.0134
	7.500	6.3486	6.5542	6.375	6737.04	0.0000	10835.2	0.4653	0.4653	0.0303
	10.000	6.3341	6.5532	8.500	6737.04	0.0000	11331.2	0.6175	0.6175	0.0539
	12.500	6.3144	6.5520	10.625	6737.04	0.0000	11971.4	0.7674	0.7674	0.0842
Spilling	14.788	6.2899	6.5466	12.570	6721.10	0.0000	12581.7	0.8945	0.8933	0.1175
	15.000	6.2876	6.5461	12.750	6719.62	0.0000	12638.3	0.9063	0.9049	0.1206
	17.500	6.2208	6.4217	14.875	6514.40	0.0000	12896.8	1.0088	0.9892	0.1620
	20.000	6.1701	6.2947	17.000	6300.09	0.0000	13277.0	1.0913	1.0497	0.2064
	22.500	6.1311	6.1650	19.125	6079.19	0.0000	13547.2	1.1644	1.0975	0.2533
	25.000	6.0893	6.0188	21.250	5835.00	0.0000	13555.3	1.2358	1.1385	0.3021
	27.500	6.0407	5.8600	23.375	5579.02	0.0000	13299.8	1.3035	1.1717	0.3525
	30.000	5.9844	5.6944	25.500	5325.72	0.0000	12860.1	1.3624	1.1946	0.4041
	32.500	5.9172	5.5207	27.625	5079.10	0.0000	12213.3	1.4108	1.2066	0.4565
GZc Max	33.757	5.8756	5.4301	28.693	4960.50	0.0000	11878.0	1.4283	1.2066	0.4830
	35.000	5.8344	5.3405	29.750	4843.20	0.0000	11546.3	1.4456	1.2067	0.5091
	37.500	5.7320	5.1486	31.875	4617.81	0.0000	10960.2	1.4639	1.1931	0.5615
Downflooding	39.958	5.6083	4.9459	33.964	4405.82	0.0000	10383.4	1.4652	1.1671	0.6121
	40.000	5.6062	4.9424	34.000	4402.21	0.0000	10373.6	1.4653	1.1666	0.6130
	42.500	5.4563	4.7176	36.125	4195.21	0.0000	9869.18	1.4508	1.1289	0.6631
	45.000	5.2817	4.4689	38.250	3995.43	0.0000	9405.54	1.4225	1.0820	0.7113
	47.500	5.0825	4.1904	40.375	3801.56	0.0000	8995.37	1.3817	1.0277	0.7573
	50.000	4.8568	3.8746	42.500	3612.31	0.0000	8654.44	1.3301	0.9673	0.8008
	52.500	4.5896	3.5222	44.625	3429.04	0.0000	8346.64	1.2654	0.9001	0.8416
Inflow	54.053	4.3876	3.2789	45.945	3319.18	0.2275	8187.92	1.2162	0.8537	0.8650
	55.000	4.2644	3.1306	46.750	3252.18	0.3663	8091.10	1.1861	0.8254	0.8792
	57.500	3.8843	2.7004	48.875	3080.77	7.2413	7877.75	1.0917	0.7440	0.9135
	60.000	3.4660	2.2120	51.000	2911.46	26.0934	7564.78	0.9834	0.6573	0.9440
	62.500	2.9989	1.6754	53.125	2750.14	56.4481	6958.44	0.8638	0.5675	0.9708
	65.000	2.4709	1.0498	55.250	2593.03	95.1464	6894.74	0.7343	0.4749	0.9935
	67.500	1.8513	0.3066	57.375	2434.12	145.725	7093.27	0.5907	0.3765	1.0121
	70.000	1.1068	-0.5975	59.500	2274.67	206.589	6868.69	0.4348	0.2735	1.0263
	72.500	0.2141	-1.7100	61.625	2117.36	281.782	6504.58	0.2693	0.1675	1.0359
	75.000	-0.8626	-3.1307	63.750	1960.94	376.420	6036.25	0.0960	0.0592	1.0408
Static Capsizing	76.333	-1.5963	-4.1310	64.883	1878.60	438.332	5760.19	0.0000	0.0001	1.0409
	77.500	-2.2387	-5.0067	65.875	1806.51	492.536	5518.50	-0.0840	-0.0516	1.0410
	80.000	-4.1884	-7.7678	68.000	1650.58	621.614	4921.57	-0.2672	-0.1634	1.0363

Hydrostatic Data @ Equilibrium:

Heel°	-0.002	GMT	3.8219	GMTC	2.5008	FSMT	13922.5
HAP	6.3671	GML	135.804	GMLC	123.913	FSML	124324.4
HFP	6.5554	KMT	10.0207	BMT	6.5438	OGT	1.0579
HMP	6.4612	KML	142.002	BML	138.526	OGL	11.6269
Trim	-0.1883	FBMin	2.4773	TOA	6.5547	OG	-0.2635

Weight Data @ 0° (KMt0 = 10.0207):

	Total:	Solid:	Liquid:
Wght:	11456.3	4719.30	6737.04
LCG:	49.5688	47.3380	51.1314
TCG:	-0.0002	-0.0003	0.0000
VCG:	6.1988	6.0258	6.3200





A partir de l'extrait joint en annexe du texte réglementaire applicable à ce navire, répondez aux questions suivantes :

**Question III-1 :** Le texte réglementaire demande à corriger la hauteur métacentrique initiale avec une densité fictive. Calculer la valeur de cette densité fictive.

De même, le texte réglementaire définit un angle de ripage de la cargaison différent de l'angle de gîte. Donner la valeur de l'angle de ripage pour un angle de gîte de 25°.

A votre avis, pour quoi utilise-t-on une densité fictive et un angle de ripage différent de l'angle de gîte pour les calculs ?

**Question III-2 :** A partir des résultats des calculs réalisés, donner la valeur des angles suivants :

- l'angle à partir duquel le chargement commence à se déverser dans la mer ;
- l'angle du début d'envahissement du navire ;
- l'angle à partir duquel la cale est envahie par l'eau de mer ;
- l'angle limite de stabilité statique ;
- l'angle de chavirement statique.

**Question III-3 :** La réglementation demande que la courbe de bras de levier de redressement GZ soit établie, pour toute gîte, en divisant le moment de redressement du navire par le déplacement du navire en position droite initiale d'origine (courbe GZc).

A votre avis, pour quoi utilise-t-on cette valeur corrigée du GZ pour les critères réglementaires ?

**Question III-4 :** A partir des résultats des calculs réalisés, vérifier tous les critères définis au paragraphe 7 de l'article 231-2.02 de la réglementation

## EXTRAIT DE LA TABLE DES HYDROSTATIQUES DE LA DRAGUE EN ASSIETTE NULLE

Hydrostatic Curves Forms: Drague 104 m  
 AP @ 0.0000, FP @ 98.0000, VCG: 6.0147, Density: 1.025, Trim: 0.0000, Heel: 0.000°

	HMP/BL (m)	HAP/BL (m)	HFP/BL (m)	DSPL (t)	VOL (m3)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	LCB/F(%)	W.S. Area (m²)
1	5.5000	5.5000	5.5000	9491.56	9260.06	50.1609	0.0000	2.9584	49.55	2868.30
2	5.6000	5.6000	5.6000	9695.26	9458.79	50.0622	0.0000	3.0129	49.64	2895.47
3	5.7000	5.7000	5.7000	9899.66	9658.20	49.9647	0.0000	3.0674	49.74	2921.53
4	5.8000	5.8000	5.8000	10104.7	9858.28	49.8691	0.0000	3.1219	49.83	2946.93
5	5.9000	5.9000	5.9000	10310.3	10058.8	49.7759	0.0000	3.1763	49.92	2972.42
6	6.0000	6.0000	6.0000	10516.2	10259.7	49.6856	0.0000	3.2306	50.00	2997.86
7	6.1000	6.1000	6.1000	10722.9	10461.4	49.5968	0.0000	3.2851	50.09	3022.46
8	6.2000	6.2000	6.2000	10929.7	10663.1	49.5118	0.0000	3.3393	50.17	3046.85
9	6.3000	6.3000	6.3000	11137.0	10865.3	49.4294	0.0000	3.3935	50.25	3071.34
10	6.4000	6.4000	6.4000	11344.8	11068.1	49.3489	0.0000	3.4477	50.32	3095.61

	HMP/BL (m)	B² area (m²)	WPA (m²)	LCF (m)	TPC (t/cm)	MCT (t.m)	KMT (m)	KML (m)	T Inertia (m4)	L Inertia (m4)
1	5.5000	115.987	1982.32	45.5631	20.31876	135.359	10.5335	159.960	70145.7757	1453841.1674
2	5.6000	118.133	1989.60	45.4270	20.39339	136.557	10.4693	158.234	70528.7835	1468206.1315
3	5.7000	120.283	1996.05	45.3247	20.45948	137.594	10.4094	156.412	70910.3460	1481029.7120
4	5.8000	122.431	2001.66	45.2511	20.51703	138.457	10.3522	154.484	71278.0803	1492167.0421
5	5.9000	124.581	2006.80	45.1927	20.56975	139.230	10.2966	152.542	71622.0725	1502442.2591
6	6.0000	126.720	2011.87	45.1401	20.62170	140.004	10.2435	150.672	71950.6116	1512705.5107
7	6.1000	128.865	2015.91	45.1151	20.66306	140.554	10.1908	148.659	72242.8303	1520807.9931
8	6.2000	131.006	2019.80	45.0959	20.70297	141.088	10.1408	146.707	72524.7288	1528748.9259
9	6.3000	133.144	2023.74	45.0782	20.74337	141.638	10.0943	144.837	72806.5803	1536834.8384
10	6.4000	135.294	2027.47	45.0669	20.78161	142.148	10.0499	142.994	73073.1038	1544516.6060

### Lexique de la table des hydrostatiques :

- HMP/BL : Tirant d'eau à la perpendiculaire milieu par rapport à la référence (Base Line)
- HAP/BL : Tirant d'eau à la perpendiculaire arrière par rapport à la référence (Base Line)
- HFP/BL : Tirant d'eau à la perpendiculaire avant par rapport à la référence (Base Line)
- DSPL : Déplacement du navire
- VOL : Volume de la carène
- LCB : Position longitudinale du centre de carène
- TCB : Position transversale du centre de carène
- VCB : Position verticale du centre de carène
- LCB/F(%) : Rapport en pourcentage entre la position longitudinale du centre de carène et la longueur à la flottaison.
- W.S. Area : Surface mouillée de la carène
- B² area : Surface du plan transversale de la carène au maître couple
- WPA : Surface du plan de flottaison
- LCF : Position longitudinale du centre de la surface du plan de flottaison
- TPC : Déplacement additionnel par centimètre de tirant d'eau d'enfoncement
- MCT : Moment nécessaire pour un centimètre d'assiette
- KMT : Position verticale de métacentre transversal par rapport à la référence (Base Line)
- KML : Position verticale de métacentre longitudinal par rapport à la référence (Base Line)
- T inertia : Inertie transversale de la surface du plan de flottaison
- L inertia : Inertie longitudinale de la surface du plan de flottaison

## EXTRAIT DE LA TABLE DES PANTOCARENES DE LA DRAGUE EN ASSIETTE NULLE

Cross Curves Drague 104 m (PS Heel - Initial Trim: 0.000) page 2/3  
 AP @ 0.000, FP @ 98.000, K point @ 0.000, Add. Thickness: 0.000, Density: 1.0250, Length in m, Weight in t  
 Min Displacement: 10000.0, Max Displacement: 12000, Heel in degrees

Displ.Mld	HAP	HFP	HMP	KN 5	KN 10	KN 15	KN 20	KN 25	KN 30	KN 40	KN 50	KN 60
10000	5.749	5.749	5.749	0.904	1.809	2.716	3.596	4.312	4.888	5.677	6.064	6.157
10100	5.798	5.798	5.798	0.902	1.804	2.708	3.580	4.285	4.857	5.644	6.034	6.132
10200	5.846	5.846	5.846	0.900	1.799	2.701	3.563	4.259	4.825	5.611	6.004	6.107
10300	5.895	5.895	5.895	0.897	1.794	2.693	3.545	4.232	4.794	5.577	5.974	6.083
10400	5.944	5.944	5.944	0.895	1.790	2.686	3.528	4.206	4.763	5.544	5.944	6.058
10500	5.992	5.992	5.992	0.893	1.785	2.679	3.510	4.179	4.731	5.510	5.914	6.034
10600	6.041	6.041	6.041	0.890	1.780	2.672	3.491	4.152	4.700	5.476	5.884	6.009
10700	6.089	6.089	6.089	0.888	1.776	2.666	3.473	4.125	4.668	5.442	5.854	5.984
10800	6.137	6.137	6.137	0.886	1.771	2.659	3.454	4.098	4.637	5.408	5.823	5.960
10900	6.186	6.186	6.186	0.884	1.767	2.653	3.435	4.071	4.605	5.374	5.793	5.935
11000	6.234	6.234	6.234	0.882	1.763	2.646	3.415	4.043	4.573	5.340	5.762	5.910
11100	6.282	6.282	6.282	0.880	1.759	2.639	3.396	4.016	4.542	5.306	5.732	5.885
11200	6.330	6.330	6.330	0.878	1.755	2.631	3.376	3.988	4.510	5.271	5.701	5.860
11300	6.378	6.378	6.378	0.876	1.751	2.623	3.356	3.961	4.478	5.237	5.670	5.835
11400	6.427	6.427	6.427	0.874	1.748	2.615	3.336	3.933	4.446	5.203	5.639	5.810
11500	6.475	6.475	6.475	0.872	1.744	2.606	3.316	3.905	4.414	5.168	5.608	5.785
11600	6.523	6.523	6.523	0.870	1.740	2.596	3.295	3.878	4.382	5.134	5.577	5.760
11700	6.571	6.571	6.571	0.869	1.737	2.586	3.275	3.850	4.350	5.100	5.546	5.735
11800	6.619	6.619	6.619	0.867	1.733	2.575	3.253	3.822	4.318	5.065	5.515	5.710
11900	6.667	6.667	6.667	0.865	1.730	2.564	3.232	3.795	4.286	5.031	5.484	5.685
12000	6.715	6.715	6.715	0.864	1.727	2.553	3.211	3.767	4.254	4.996	5.452	5.660

### Lexique de la table des pantocarènes :

Displ.Mld :	Déplacement du navire
HAP :	Tirant d'eau à la perpendiculaire arrière par rapport à la référence (Base Line)
HFP :	Tirant d'eau à la perpendiculaire avant par rapport à la référence (Base Line)
HMP :	Tirant d'eau à la perpendiculaire milieu par rapport à la référence (Base Line)
KN 5 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 5°
KN 10 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 10°
KN 15 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 15°
KN 20 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 20°
KN 25 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 25°
KN 30 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 30°
KN 40 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 40°
KN 50 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 50°
KN 60 :	Distance entre les points K et N pour un angle de gîte de 60°

**EXTRAIT DE LA REGLEMENTATION FRANCAISE  
POUR LES ENGIN DE DRAGAGE ET ENGIN PORTEURS DE DEBLAIS (Division 231)**

**Article 231-2.02**

*Stabilité à l'état intact en transit*

1. Le transit peut se faire, le puits étant en libre communication avec la mer ou non, et dans ce dernier cas, soit avec soit sans du déblai en puits. Le transport en puits du matériel de dragage est permis à condition que celui-ci soit convenablement saisi.
2. Lorsque le transit se fait le puits étant en libre communication avec la mer, la stabilité à l'état intact sera étudiée, en assiette réelle, considérant le puits comme carène perdue. La marque de franc-bord de transit sera déterminée en fonction du cas de chargement de transit soumis par l'armateur.
3. Lorsque le transit se fait le puits n'étant pas en libre communication avec la mer et ne contenant pas du déblai, la marque de transit sera déterminée en fonction du cas de chargement de transit soumis par l'armateur. La stabilité à l'état intact sera étudiée pour ce cas de chargement d'abord tel qu'il est soumis, ensuite successivement avec le puits rempli d'eau de mer à 50 % puis à 100 % de son volume pris au niveau de déversement le plus élevé. L'étude sera faite en assiette constante supposée nulle.  
Par niveau de déversement le plus élevé il faut entendre le niveau correspondant au can supérieur du surbau du puits ou, le cas échéant, à la position du (ou des) déversoir(s) pendant le transit s'il existe dans le dossier de stabilité de strictes prescriptions, à l'attention du capitaine, pour la mise en œuvre de ce (ou ces) déversoir(s).
4. Lorsque le transit se fait avec du déblai en puits, la stabilité à l'état intact sera étudiée au tirant d'eau correspondant au franc-bord de transit souhaité par l'armateur, en assiette constante supposée nulle, avec 10 p. cent des approvisionnements et le ballastage nécessaire éventuel, pour les états de chargement suivants :
  - 4.1. Le puits rempli par un déblai homogène jusqu'au niveau de déversement le plus élevé tel que défini au paragraphe 3.
  - 4.2. Le puits partiellement rempli par du déblai homogène de densité 2,2. Dans ce cas, on vérifiera également que le navire reste à flot avec l'hypothèse où l'eau de mer remplirait le reste du puits jusqu'au niveau de déversement le plus élevé tel que défini au paragraphe 3, et que la hauteur métacentrique n'est pas alors inférieure à 0,05 mètres.
  - 4.3. Le puits partiellement rempli successivement par des déblais homogènes de densités comprises entre la valeur déduite du paragraphe 4.1 ci-dessus et 2,2, la différence entre deux valeurs consécutives ainsi considérées n'étant pas supérieure à 0,2.
5. Il est supposé qu'à tout angle de gîte  $\theta_g$  le déblai homogène ripe d'un angle  $\theta_r$  dépendant de  $\theta_g$  et de la densité  $\lambda$  du déblai :
$$\theta_r = \frac{(3-\lambda)}{2} \times \theta_g \text{ pour } 1 \leq \lambda \leq 2,2$$
Les calculs tiendront compte du déversement du déblai hors de la cale et de l'entrée d'eau de mer dans le puits, pour différentes gîtes.  
Les courbes de bras de levier de redressement GZ seront établies, pour toute gîte, en divisant le moment de redressement du navire par le déplacement du navire en position droite initiale d'origine.
6. La hauteur métacentrique initiale sera déterminée compte tenu de l'effet de carène liquide dû au déblai considéré pour ce calcul comme un fluide de densité fictive :  $\lambda_f = \frac{\lambda \times (3-\lambda)}{2}$
7. La stabilité à l'état intact sera considérée comme satisfaisante si le navire répond aux critères suivants :
  - 7.1. l'aire sous-tendue par la courbe GZ ne sera pas inférieure à 0,055 m.rad. dans l'intervalle (0 , 30°), ni à 0,090 m.rad. dans l'intervalle (0 , 40°) ou (0 ,  $\theta_f$ ) si cet angle de début d'envahissement  $\theta_f$  est inférieur à 40°. De plus, l'aire sous-tendue par la courbe GZ ne sera pas inférieure à 0,030 m.rad. dans l'intervalle (30° , 40° ou  $\theta_f$ ).  
L'angle de début d'envahissement  $\theta_f$  sera déterminé en tenant compte des prises d'air diverses et des tuyaux de dégagement d'air non munis de moyens de fermeture automatique, mais en ignorant les ouvertures munies de portes étanches ou de panneaux étanches fermés à la mer. A cet effet, un plan doit être soumis montrant toutes les ouvertures donnant dans les espaces fermés (espaces sous pont de franc-bord, superstructures et roufles fermés) telles que prises d'air diverses, tuyaux de dégagement d'air, portes, panneaux, etc... avec mention des moyens de fermeture et coordonnées du point le plus bas de chaque ouverture.
  - 7.2. La hauteur métacentrique initiale ne sera pas inférieure à 0,15 mètres.
  - 7.3. Lorsque le navire transporte du déblai, le bras de levier de redressement maximal ne sera pas inférieur à 0,20 mètres.
  - 7.4. Lorsque le navire ne transporte pas de déblai, le bras de levier de redressement GZ doit être au moins de 0,20 m à un angle d'inclinaison supérieur ou égal à 30°, avec un maximum à un angle de gîte supérieur ou égal à 25°.