

# 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<br>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>

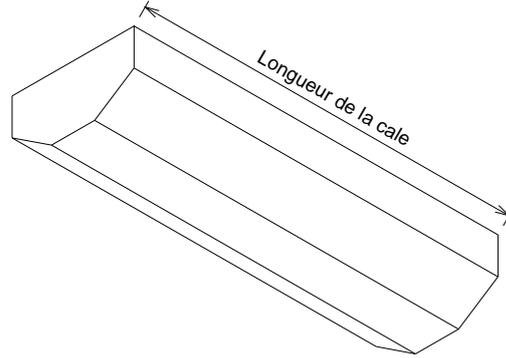
Pour la réalisation des différents calculs, nous considérons :

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

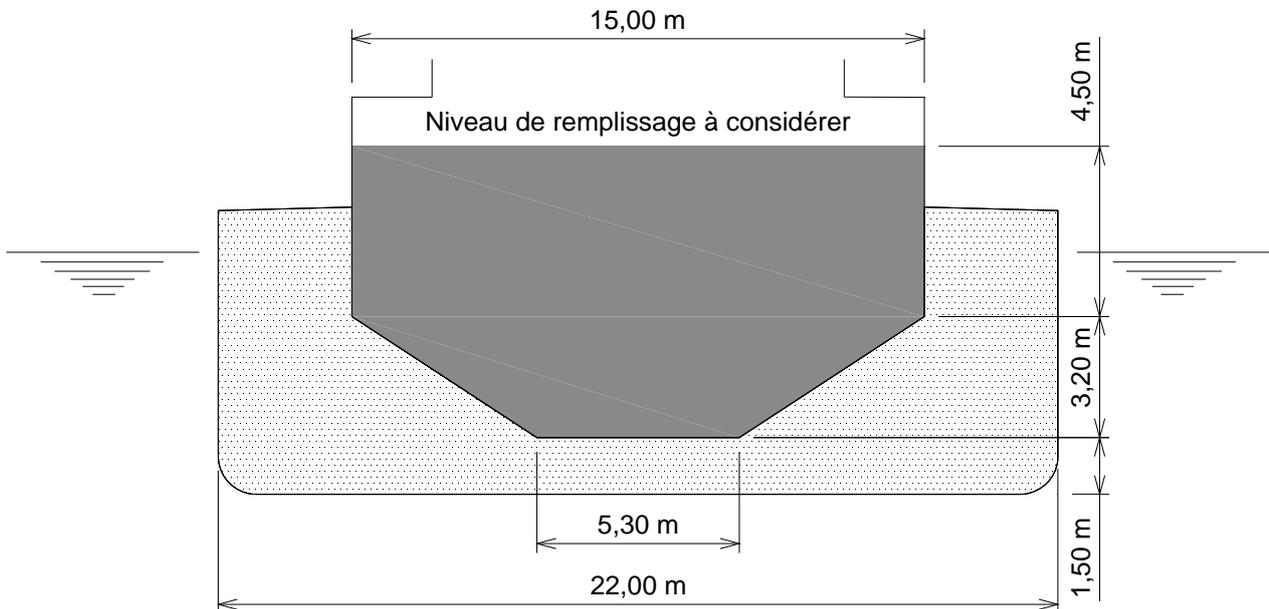
## **PARTIE I : Calcul de l'influence de la largeur de la cale sur la stabilité de la drague**

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.

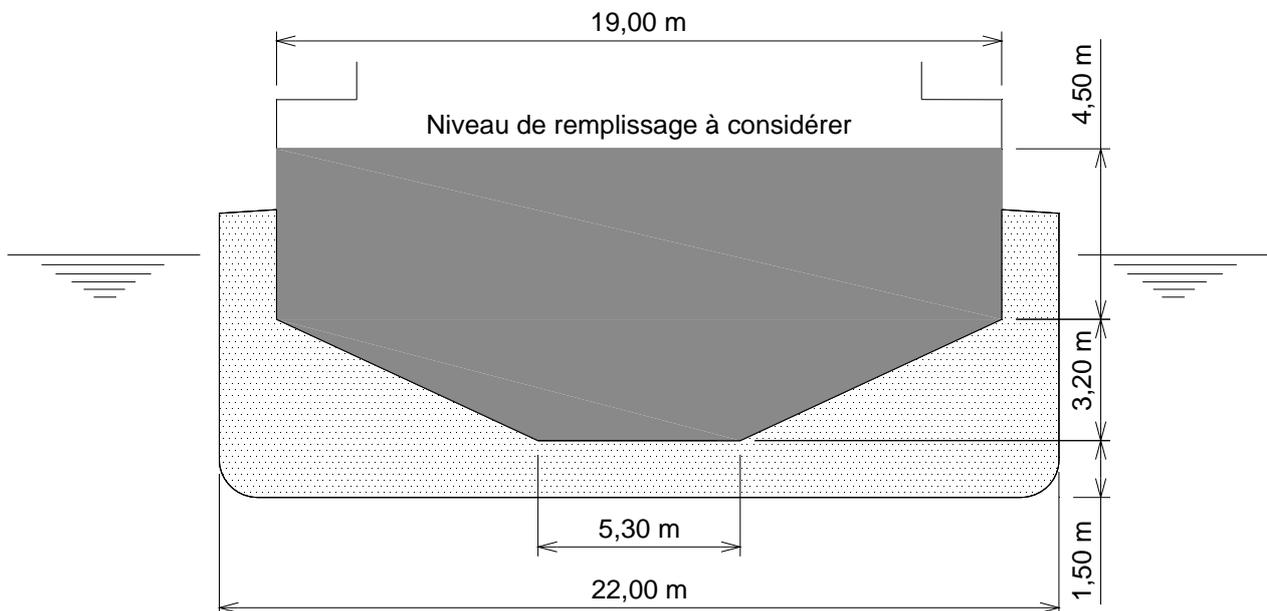
Pour cela, vous devez réaliser le calcul de la hauteur métacentrique corrigée des effets de carènes liquide dans deux configurations de cale suivantes :



**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><br>(t) | <b>LCG</b><br>(m) | <b>TCG</b><br>(m) | <b>VCG</b><br>(m) |
|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Navire léger                  | 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 |

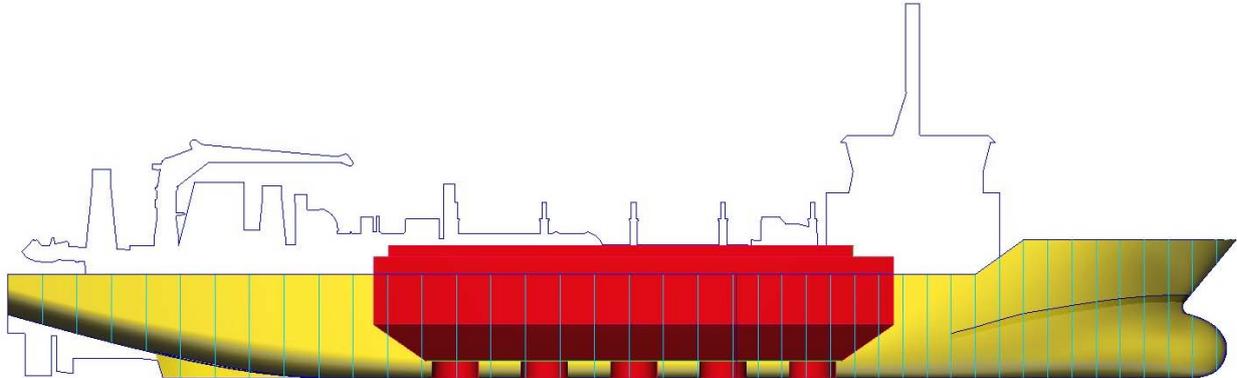
**Question II-5 :** Tracer la courbe des bras de levier de redressement à partir des valeurs ci-dessus sur la feuille de papier millimétré.

**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 :



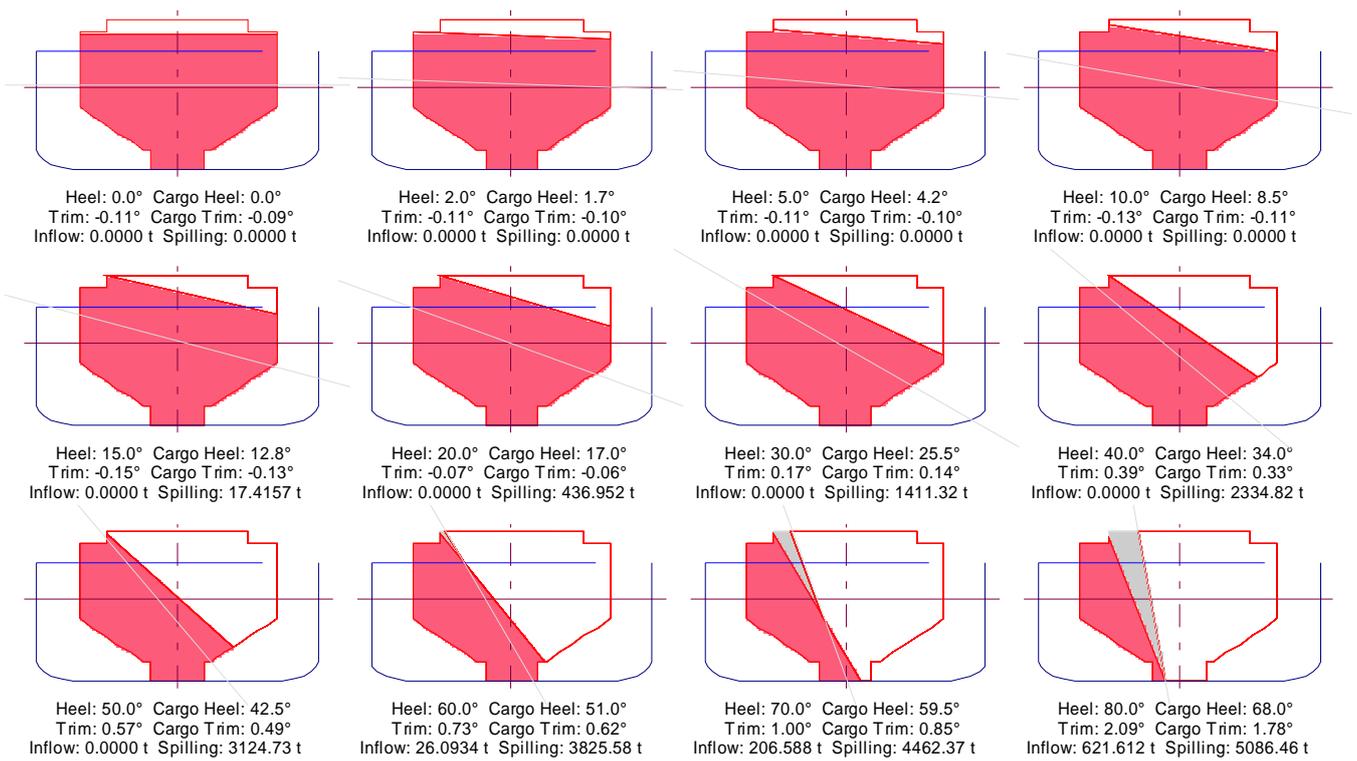
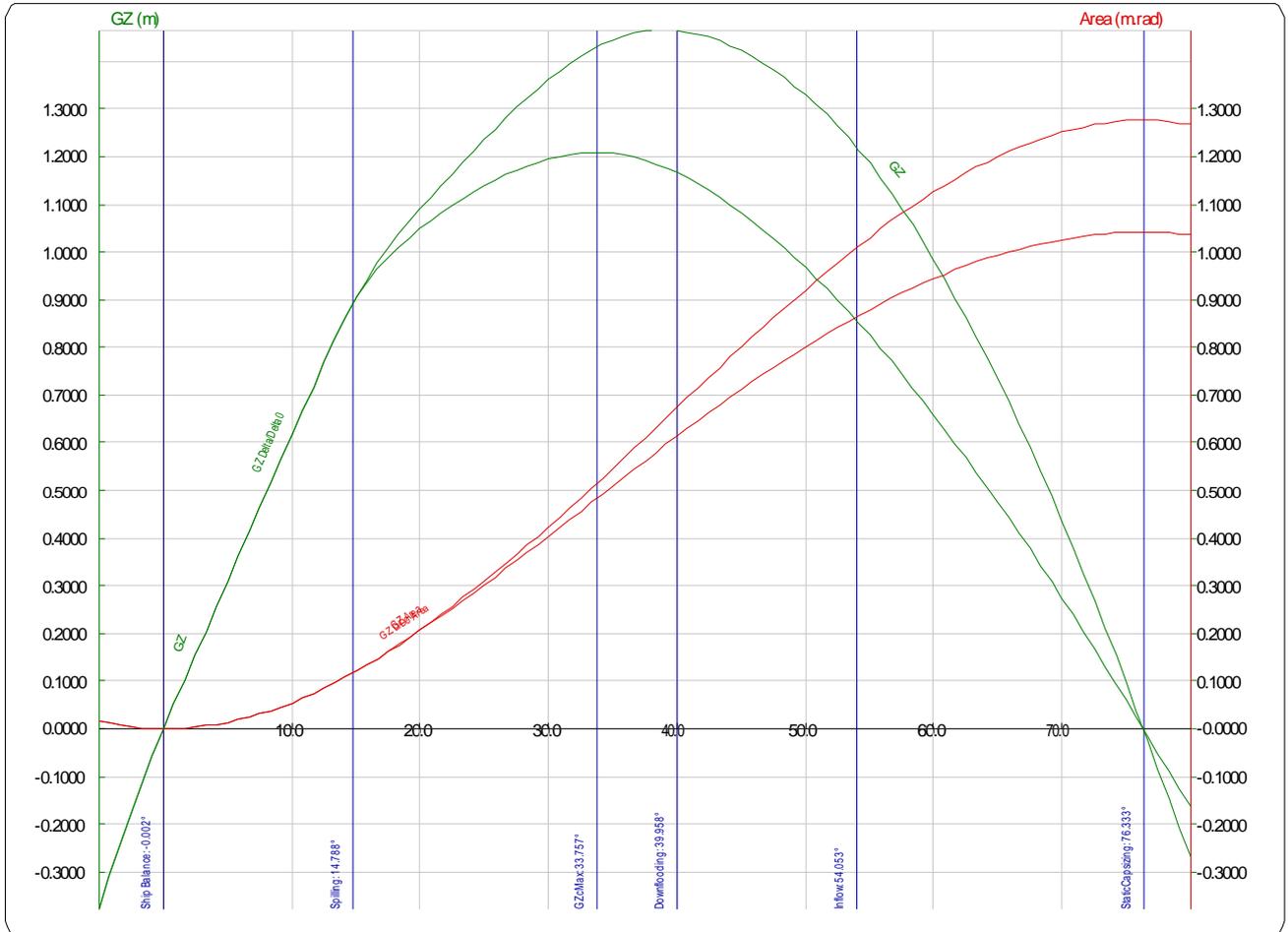
| Status:          | Thetar° | AP Height | FP Height | Thetag° | Cargo   | Inflow  | FSM     | GZ      | GZc     | GZc Area |
|------------------|---------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                  | -5.000  | 6.3630    | 6.5500    | -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<br>(m) | HAP/BL<br>(m) | HFP/BL<br>(m) | DSPL<br>(t) | VOL<br>(m3) | LCB<br>(m) | TCB<br>(m) | VCB<br>(m) | LCB/F(%) | W.S. Area<br>(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<br>(m) | B² area<br>(m²) | WPA<br>(m²) | LCF<br>(m) | TPC<br>(t/cm) | MCT<br>(t.m) | KMT<br>(m) | KML<br>(m) | T Inertia<br>(m4) | L Inertia<br>(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 ENGINs DE DRAGAGE ET ENGINs 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°.