

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## CONSTRUCTION NAVALE

SESSION 2018

### ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION

Sous-épreuve U41 : Étude du navire

Durée : 4 heures

Coefficient 2,5

*Calculatrice autorisée.*

*Tout document autorisé.*

- Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
- Le sujet se compose de 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.

BTS Construction Navale		Session 2018
Sous-épreuve U41 Étude du navire	CNE4EN	Page 1/13

## Composition du sujet :

	<u>Format</u>	
- Présentation :	A4	page 3/13 ;
- Texte du sujet :	A4	pages 4/13 à 6/13 ;
- Document 1 : extrait de la table des éléments hydrostatiques du navire avec une assiette d'un mètre	A4	page 7/13 ;
- Document 2 : extrait du règlement du Bureau Veritas	A4	pages 8/13 à 11/13 ;
- Document 3 : courbe de stabilité du navire en charge	A4	page 12/13 ;
- Document 4 : courbe de l'angle d'envahissement	A4	page 13/13.

Le sujet comporte 2 **parties indépendantes** :

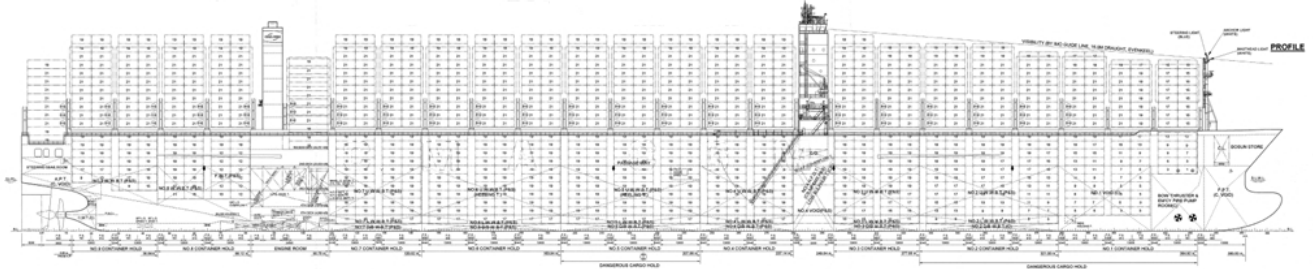
I. Pesée et expérience de stabilité.

- |                            |        |
|----------------------------|--------|
| 1. Pesée du navire lège    | 13 pts |
| 2. Expérience de stabilité | 9 pts  |

II. Vérification des critères de stabilité du navire en charge. 28 pts

# Étude d'un porte-conteneurs

## Présentation



L'étude porte sur un navire porte-conteneurs de près de 400 mètres de long. La réglementation impose, avant la livraison au client, de vérifier :

- le déplacement lège du navire, par une pesée, et la position du centre de gravité par une expérience de stabilité ;
- les critères de la stabilité à l'état intact et les critères météorologiques de vent et de roulis dans les conditions les plus défavorables ;

Le référentiel du navire est situé sur les plans suivants :

- plan longitudinal (x) : à la PPAR ;
- plan transversal (y) : à la center line ;
- plan vertical (z) : à la OH.

Les caractéristiques du navire sont les suivantes :

- |                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| • length overall, length hull :   | 397,866 m   |
| • length between perpendiculars : | 380 m       |
| • length of waterline :           | 386,2 m     |
| • breadth (moulded) :             | 54 m        |
| • breadth of waterline :          | 54 m        |
| • depth (moulded) :               | 30 m        |
| • keel plate thickness :          | 0,028 m     |
| • summer load displacement :      | 238 942 t   |
| • light hull weight :             | 52 728 t    |
| • summer load draught (moulded) : | 16 m        |
| • service speed :                 | 23,45 knots |
| • gross tonnage :                 | 175 688 UMS |

## I. Pesée et expérience de stabilité.

Objectif : Vérifier le déplacement lège du navire, par une pesée, et la position du centre de gravité par une expérience de stabilité.

Données :

- le devis masse, déplacement et position du centre de gravité, estimés et calculés par le bureau d'étude donnent :
  - $\Delta = 52\,728,10$  t ; LCG = 173,904 m ; TCG = 0,004 m ; VCG = 17,77 m ;
- les masses manquantes ( $m_m$ ) dans le navire pendant la pesée sont :
  - $m_m = 157,98$  t ; LCG $m_m = 185,014$  m ; TCG $m_m = 0,025$  m ; VCG $m_m = 11,132$  m ;
- les masses étrangères ( $m_e$ ) dans le navire pendant la pesée sont :
  - $m_e = 8\,118,43$  t ; LCG $m_e = 260,119$  m ; TCG $m_e = 0,046$  m ; VCG $m_e = 12,324$  m ;
- le moment des inerties des surfaces libres est : FSM = 915,3 t.m.

### 1. Pesée du navire lège.

La pesée est réalisée en relevant les tirants d'eau avant, milieu et arrière, sur bâbord et tribord. La masse volumique de l'eau est relevée au même moment afin de déterminer le déplacement du navire puis la position longitudinale du centre de gravité à partir des éléments hydrostatiques correspondant au cas de chargement du navire pendant cette pesée.

Données :

- la marque avant est positionnée 5,08 mètres en arrière de la PPAV ;
- la marque milieu est positionnée à la moitié de la longueur entre les perpendiculaires soit à 190 mètres par rapport à la PPAR ;
- la marque arrière est positionnée à 3,8 mètres en arrière de la PPAR ;
- la masse volumique de l'eau lors de la pesée :  $\rho_{\text{eau}} = 1,021$  t/m<sup>3</sup> ;
- la mesure des tirants d'eau lors de la pesée est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tirant d'eau (m)	bâbord	tribord
Marques avant	4,869	4,872
Marques milieu	5,023	5,029
Marques arrière	5,866	5,868

➤ Vous devez utiliser le document 1 pour cette partie.

On demande de calculer :

**Question 1** : Les tirants d'eau moyens aux marques.

**Question 2** : L'assiette aux marques.

**Question 3** : Les tirants d'eau aux perpendiculaires du navire.

**Question 4** : La déformation du navire. Quelle est cette déformation ?

**Question 5** : Le tirant d'eau moyen corrigé.

Quels que soient les résultats précédents, on prendra, pour la suite des calculs, un tirant d'eau moyen corrigé de **5,136 mètres**.

**Question 6** : Déterminer, à partir des éléments hydrostatiques avec assiette d'un mètre donnés dans le document 1 page 7/13, le volume de carène correspondant au cas de chargement de la pesée, pour ce tirant d'eau.

**Question 7 :** Calculer le déplacement lège du navire.

**Question 8 :** En déduire le déplacement lège du navire corrigé des masses manquantes et étrangères.

**Question 9 :** Que pouvez-vous conclure par rapport au devis masse estimé par le bureau d'étude ?

## 2. Expérience de stabilité.

L'expérience de stabilité est réalisée en déplaçant de l'eau entre deux capacités bâbord et tribord situées au milieu du navire. Un pendule de 19,025 mètres de longueur est utilisé pour les mesures. Les résultats de l'expérience, prenant en compte les masses déplacées, et les longueurs de déplacements, donnent les valeurs de l'élongation du pendule dans le tableau ci-dessous.

Mouvement	Ballast bâbord		Ballast tribord		Élongation pendule en mm
	Masse (t)	Distance / CL (m)	Masse (t)	Distance / CL (m)	
À l'équilibre	863,37	25,665	864,86	- 25,665	0
Mouvement 1	663,59	25,665	1064,64	- 25,665	105
Mouvement 2	179,98	25,665	1548,25	- 25,665	252
Mouvement 3	441,95	25,665	1286,28	- 25,665	-134
Mouvement 4	888,34	25,665	839,89	- 25,665	-229
Mouvement 5	1073,23	25,665	655,00	- 25,665	-97
Mouvement 6	1533,88	25,665	194,35	- 25,665	-245
Mouvement 7	1351,14	25,665	377,09	- 25,665	98

➤ Vous devez utiliser le document 1 pour cette partie.

### Données :

- le résultat de la pesée donne un déplacement de 60 663 tonnes pour une assiette d'un mètre ;
- tirant d'eau moyen de 5,136 mètres ;
- lors de l'étude de l'expérience de stabilité, les carènes liquides ont été négligées.

On demande de calculer, **seulement pour le mouvement 1 :**

**Question 10 :** La distance métacentrique transversale obtenue pour le mouvement 1.

**Question 11 :** À partir des éléments hydrostatiques avec assiette d'un mètre donnés dans le *document 1 page 7/13*, la valeur du KMT, du LCB et du VCB.

**Question 12 :** La position verticale du centre de gravité.

**Question 13 :** La position longitudinale du centre de gravité compte tenu de l'assiette.

**Question 14 :** Les positions verticale et longitudinale du centre de gravité, corrigées des masses manquantes et des masses étrangères.

**Question 15 :** Conclure par rapport aux données du bureau d'étude ?

## II. Vérification des critères de stabilité du navire en charge.

Objectif : Vérifier les critères de la stabilité initiale et météorologique du navire en charge, pour le cas de chargement le plus défavorable.

Données :

- la masse volumique de l'eau :  $\rho_{\text{eau}} = 1,025 \text{ t/m}^3$  ;
- le moment des inerties des surfaces libres :  $\text{FSM} = 25\,218,6 \text{ t.m}$  ;
- la hauteur moyenne des surbaux sur le navire :  $h = 2,85 \text{ m}$  ;
- la largeur moyenne des surbaux :  $b = 48,7 \text{ m}$  ;
- la somme des longueurs des surbaux :  $\Sigma l_H = 153 \text{ m}$  ;
- l'aire latérale projetée de la cargaison en pontée et du navire au-dessus, de la flottaison :  $A = 17\,470 \text{ m}^2$  ;
- la position verticale du centre de l'aire latérale projetée, de la cargaison en pontée et du navire au-dessus de la flottaison, par rapport à la BL :  $\text{CW} = 37,892 \text{ m}$  ;
- la surface totale des quilles de roulis :  $A_K = 266 \text{ m}^2$  ;
- l'accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .
- le cas de chargement le plus défavorable est donné ci-dessous :

<u>Chargement</u>	<u>Déplacement</u> (t)	<u>Centre de gravité</u> (m)		
		<u>LCG</u>	<u>TCG</u>	<u>VCG</u>
Navire en charge	238 942	183,820	- 0,007	23,793

- éléments hydrostatiques pour ce cas de chargement :

LCB =	183,946 m	KMT =	25,650 m	CW =	0,8708
VCB =	8,725 m	MTC =	4562,6 t.m/cm	T <sub>F</sub> =	16,028 m
LCF =	171,860 m	C <sub>B</sub> =	0,710		

➤ Vous devez utiliser les documents 2, 3 et 4 pour cette partie.

On demande de calculer :

**Question 16 :** La distance métacentrique transversale corrigée des carènes liquides.

**Question 17 :** L'assiette du navire et les tirants d'eau avant et arrière puis moyen.

À partir de la courbe de stabilité du navire donnée sur le *document 3 page 12/13* :

**Question 18 :** Calculer la position verticale du centre de gravité corrigée des effets des carènes liquides.

À l'aide de l'extrait du règlement du Bureau Veritas, donné dans le *document 2 pages 8/13 à 11/13* :

**Question 19 :** Calculer le coefficient C, spécifié dans le premier paragraphe des critères de stabilité à l'état intact du *document 2 page 8/13*.

**Question 20 :** Déterminer l'angle d'envahissement à l'aide du graphe du *document 4 page 13/13*.

**Question 21 :** Vérifier les cinq critères de stabilité à l'état intact.

À l'aide de l'extrait du règlement du Bureau Veritas, donné dans le *document 2 pages 8/13 à 11/13* :

**Question 22 :** Calculer les bras de levier  $l_{w1}$  et  $l_{w2}$ .

**Question 23 :** Calculer l'angle de roulis  $\theta_1$ .

**Question 24 :** Déterminer les angles  $\theta_0$ ,  $\theta_R$  et  $\theta_2$ .

**Question 25 :** Vérifier les deux critères météorologiques à l'aide de la courbe de stabilité du navire en charge, tracée sur le *document 3 page 12/13*.

**Document 1 :**  
**Extrait de la table des éléments hydrostatiques**  
**du porte-conteneur en assiette positive d'un mètre.**

Calculated for trim = 1 m ; sea water density = 1.025

DRAFT	VOLM	LCB	VCB	LCF	KMT	MTC	TPC	WSA	CB	CW	CP	CM
m	m <sup>3</sup>	m	m	m	m	t.m/cm	t/cm	m <sup>2</sup>				
3.500	37729.3	184.299	1.860	188.198	64.224	2019.7	130.7	13753.0	0.5296	0.6201	0.5551	0.9540
3.600	39005.8	184.429	1.915	188.189	62.821	2042.6	131.4	13880.0	0.5322	0.6235	0.5571	0.9552
3.700	40288.6	184.548	1.969	188.186	61.485	2065.9	132.1	13998.4	0.5347	0.6269	0.5591	0.9563
3.800	41578.2	184.658	2.023	188.179	60.215	2089.1	132.8	14115.4	0.5372	0.6302	0.5611	0.9574
3.900	42874.3	184.763	2.078	188.173	59.002	2111.9	133.5	14230.9	0.5396	0.6335	0.5630	0.9585
4.000	44177.0	184.861	2.132	188.169	57.845	2134.3	134.1	14345.3	0.5420	0.6366	0.5649	0.9595
4.100	45486.6	184.956	2.186	188.165	56.736	2156.5	134.8	14457.7	0.5444	0.6397	0.5668	0.9604
4.200	46802.4	185.046	2.241	188.158	55.676	2178.4	135.4	14569.5	0.5467	0.6427	0.5687	0.9614
4.300	48124.3	185.131	2.295	188.148	54.659	2200.0	136.0	14680.7	0.5490	0.6457	0.5705	0.9623
4.400	49452.2	185.211	2.349	188.137	53.683	2221.5	136.6	14791.5	0.5512	0.6486	0.5723	0.9631
4.500	50785.9	185.288	2.404	188.124	52.747	2242.8	137.2	14901.9	0.5534	0.6514	0.5741	0.9639
4.600	52125.4	185.360	2.458	188.107	51.849	2263.9	137.8	15011.8	0.5556	0.6542	0.5759	0.9647
4.700	53470.7	185.429	2.512	188.099	50.987	2285.4	138.4	15131.3	0.5577	0.6570	0.5777	0.9655
4.800	54823.1	185.491	2.567	187.881	50.414	2316.6	139.3	15274.8	0.5599	0.6613	0.5794	0.9662
4.900	56183.0	185.548	2.621	187.891	49.618	2339.5	139.9	15383.9	0.5620	0.6641	0.5812	0.9669
5.000	57548.5	185.604	2.676	187.900	48.853	2362.2	140.5	15492.5	0.5641	0.6668	0.5830	0.9676
5.100	58919.7	185.658	2.730	187.907	48.118	2384.8	141.0	15600.6	0.5661	0.6696	0.5847	0.9682
5.200	60296.5	185.709	2.785	187.914	47.411	2407.2	141.6	15708.3	0.5681	0.6722	0.5864	0.9688
5.300	61678.8	185.759	2.839	187.922	46.731	2429.6	142.2	15815.6	0.5701	0.6749	0.5881	0.9694
5.400	63066.8	185.808	2.894	187.933	46.076	2451.9	142.7	15924.1	0.5721	0.6775	0.5898	0.9700
5.500	64460.5	185.856	2.949	187.945	45.445	2474.1	143.3	16033.1	0.5741	0.6801	0.5915	0.9705
5.600	65859.6	185.903	3.003	187.960	44.838	2496.3	143.8	16142.3	0.5760	0.6827	0.5932	0.9711
5.700	67264.0	185.948	3.058	187.984	44.252	2518.1	144.3	16252.2	0.5779	0.6852	0.5948	0.9716
5.800	68673.1	185.991	3.112	188.023	43.687	2539.9	144.9	16373.5	0.5798	0.6877	0.5965	0.9721
5.900	70085.4	186.027	3.167	188.063	43.144	2564.2	145.4	16481.1	0.5817	0.6903	0.5981	0.9725
6.000	71502.5	186.065	3.222	188.217	42.619	2596.9	146.1	16593.1	0.5835	0.6934	0.5997	0.9730
6.100	72927.8	186.106	3.276	188.171	42.110	2617.4	146.5	16697.4	0.5853	0.6958	0.6013	0.9734
6.200	74358.1	186.145	3.331	188.120	41.618	2637.9	147.3	16801.3	0.5871	0.6981	0.6029	0.9739
6.300	75793.0	186.182	3.386	188.062	41.142	2658.4	147.5	16904.8	0.5889	0.7004	0.6044	0.9743
6.400	77232.8	186.217	3.440	187.999	40.682	2679.0	148.0	17008.0	0.5907	0.7023	0.6060	0.9747

## Document 2 : Extrait du règlement du Bureau Veritas

### 1. Critères de stabilité à l'état intact.

Pour les navires d'une longueur supérieure à 100 m, la Société peut appliquer les critères ci-après :

- l'aire sous-tendue par la courbe des bras de levier de redressement (courbe GZ), en m.rad, ne doit pas être inférieure à  $0,009 / C$  jusqu'à l'angle d'inclinaison de  $30^\circ$  et ne doit pas être inférieure à  $0,016 / C$  jusqu'à  $40^\circ$  ou jusqu'à l'angle d'envahissement  $\theta_f$ , si celui-ci est inférieur à  $40^\circ$  ;
- l'aire sous-tendue par la courbe des bras de levier de redressement (courbe de GZ), en m.rad, entre les angles d'inclinaison de  $30^\circ$  et  $40^\circ$  ou entre  $30^\circ$  et  $\theta_f$ , si celui-ci est inférieur à  $40^\circ$ , ne doit pas être inférieure à  $0,006 / C$  ;
- le bras de levier de redressement GZ, en m, doit être d'au moins  $0,033 / C$  à un angle d'inclinaison égal ou supérieur à  $30^\circ$  ;
- le bras de levier de redressement GZ maximal, en m, doit être d'au moins  $0,042 / C$  ;
- l'aire totale sous-tendue par la courbe des bras de levier de redressement (courbe GZ), en m.rad, jusqu'à l'angle d'envahissement  $\theta_f$ , ne doit pas être inférieure à  $0,029 / C$ .

où :

- C : coefficient défini par : 
$$C = \sqrt{\frac{T}{KG}} \cdot \sqrt{\frac{100}{L}} \cdot \left(\frac{C_B}{C_W}\right)^2 \cdot \frac{T \cdot D'}{B_m^2}$$
- T : tirant d'eau moyen, en m ;
- L : longueur entre les perpendiculaires, en m ;
- KG : hauteur du centre de masse au-dessus de la ligne de référence, en m, corrigée pour tenir compte de l'effet de carène liquide; cette hauteur ne doit pas être inférieure à T ;
- $C_B$  : coefficient de remplissage ;
- $C_W$  : coefficient de remplissage à la flottaison ;
- $D'$  : creux sur quille du navire, en m, corrigé pour tenir compte de parties définies de volume à l'intérieur des surbaux conformément à la formule :

$$D' = D + \left(\frac{2 \cdot b - B_D}{B_D}\right) \cdot \left(\frac{2 \cdot \sum l_H}{L}\right) \cdot h$$

- D : creux sur quille du navire, en m ;
- h : hauteur moyenne, en m, des surbaux d'écouille dans les limites de  $L/4$  à l'avant et à l'arrière du milieu du navire (voir la figure 3) ;
- B : largeur moyenne, en m, des surbaux d'écouille dans les limites de  $L/4$  à l'avant et à l'arrière du milieu du navire (voir la figure 3) ;
- $B_m$ ,  $B_D$  : largeurs, en m, définies sur la figure 3 ;
- $l_H$  : longueur, en m, de chaque surbau d'écouille dans les limites de  $L/4$  à l'avant et à l'arrière du milieu du navire (voir la figure 4).

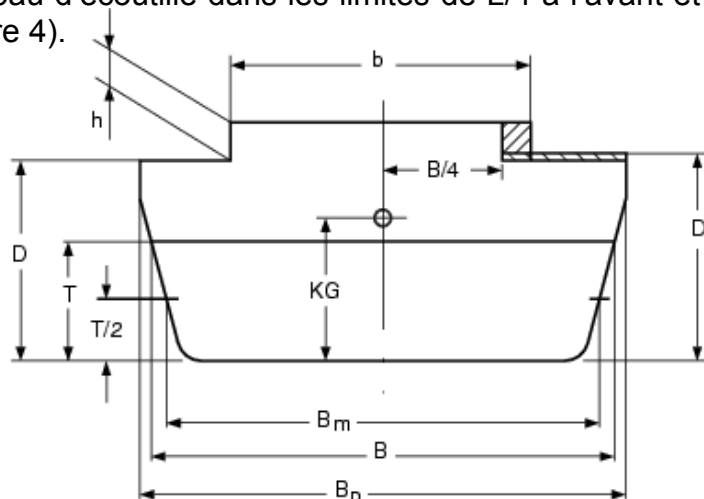
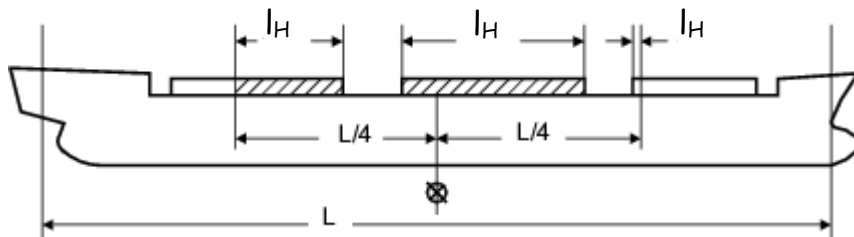


Figure 3 - Définition des dimensions



**Figure 4 - Définition des dimensions**



**2. Critère météorologique, critère de vent et de roulis.**

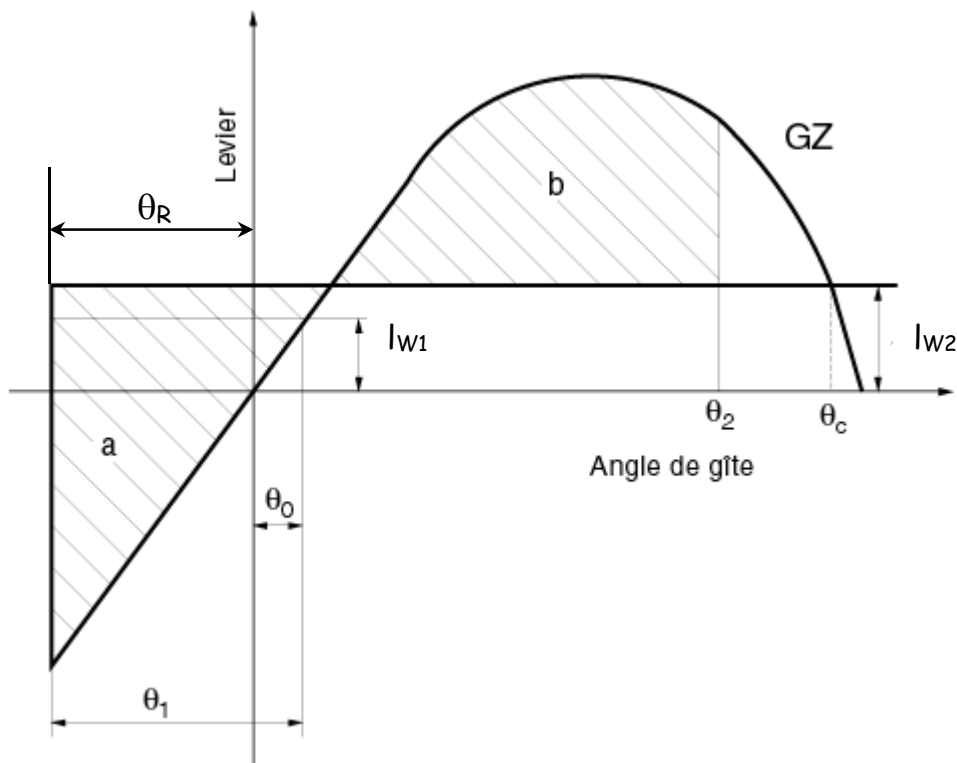
**2.1. Hypothèses.**

Ce critère complète les critères de stabilité énoncés en 1 et doit régir les prescriptions minimales applicables aux navires d'une longueur égale ou supérieure à 24 m.

L'aptitude du navire à résister aux effets combinés du vent de travers et du roulis doit être démontrée pour chaque condition de chargement type à l'aide de la figure 1 :

- le navire est soumis à la pression d'un vent continu qui s'exerce perpendiculairement à l'axe du navire et qui résulte en un bras de levier d'inclinaison dû à un vent continu ( $lw_1$ ) ;
- on suppose qu'à partir de l'angle d'équilibre ( $\theta_0$ ) qui en résulte, le navire roule au vent en formant un angle égal à ( $\theta_1$ ) par suite de l'action de la houle ;
- le navire est ensuite soumis à la pression de rafales de vent qui résulte en un bras de levier d'inclinaison dû à des rafales de vent ( $lw_2$ ) ;
- il doit être tenu compte des effets des carènes liquides pour les conditions de chargement types du navire étudié.

**Figure 1 - Effet de vent et de roulis**



## 2.2. Critères.

Sur la base des hypothèses précédentes, les critères suivants doivent être satisfaits :

- l'aire "b" doit être supérieure ou égale à l'aire "a", où :
  - a : aire de la portion de courbe GZ sous  $l_{w2}$ , entre  $\theta_R$  et l'intersection de  $l_{w2}$  avec la courbe GZ ;
  - b : aire de la portion de courbe GZ au-dessus de  $l_{w2}$ , entre l'intersection de  $l_{w2}$  avec la courbe GZ et  $\theta_2$ .
- l'angle d'inclinaison provoqué par l'action du vent constant  $\theta_0$  doit être limité à  $16^\circ$  ou 80% de l'angle correspondant à l'immersion du livet du pont, la valeur la plus faible étant retenue.

## 2.3. Leviers inclinants.

Les bras de levier d'inclinaison dus au vent  $l_{w1}$  et  $l_{w2}$ , en m, sont des constantes à tous les angles d'inclinaison et doivent être calculés comme suit :

$$l_{w1} = \frac{P.A.Z}{1000.g.\Delta} \quad \text{et} \quad l_{w2} = 1,5.l_{w1}$$

où :

- P : 504 N/m<sup>2</sup>. Une valeur réduite de P peut être utilisée pour les navires dont l'exploitation est soumise à des restrictions, sous réserve de l'approbation de la Société de classification ;
- A : aire latérale projetée, en m<sup>2</sup>, de la cargaison en pontée et de la partie du navire située au-dessus de la flottaison ;
- Z : distance verticale, en m, depuis le centre de A jusqu'au centre de l'aire latérale située sous l'eau ou approximativement jusqu'à un point situé à la moitié du tirant d'eau ;
- $\Delta$  : déplacement, en t ;
- g = 9,81 m/s<sup>2</sup>.

## 2.4. Angles de gîte.

Pour le calcul des critères ci-dessus, les angles de la figure 1 sont définis comme suit :

- $\theta_0$  : angle d'inclinaison dû à un vent continu, en degrés ;
- $\theta_1$  : angle de roulis au vent, en degrés, dû à l'action de la houle, calculé comme suit :  $\theta_1 = 109.k.X_1.X_2.\sqrt{(r.s)}$
- $\theta_2$  : angle, en degrés, d'envahissement par les hauts  $\theta_f$  ou  $50^\circ$  ou  $\theta_c$ , la plus petite de ces valeurs étant retenue ;
- $\theta_R$  : angle de gîte maxi au roulis, en degrés ;
- $\theta_f$  : angle d'inclinaison, en degrés, auquel sont immergées les ouvertures dans la coque, les superstructures ou les roufs, qui ne peuvent être fermés de façon étanche aux intempéries. En appliquant ce critère, on peut ne pas considérer comme ouvertes les petites ouvertures par lesquelles un envahissement progressif ne peut pas se produire ;
- $\theta_c$  : angle, en degrés, de la deuxième intersection entre les courbes du bras de levier d'inclinaison dû au vent  $l_{w2}$  et de GZ ;
- $X_1$  : coefficient indiqué dans le tableau 1 ;
- $X_2$  : coefficient indiqué dans le tableau 2 ;
- k : coefficient déterminé comme suit :
  - k = 1,0 pour un navire à bouchains arrondis qui n'a pas de quille de roulis ni de quille massive ;
  - k = 0,7 pour un navire à bouchains étroits ;

- pour un navire ayant des quilles de roulis, une quille massive ou les deux, k est défini dans le tableau 3.
- $r = 0,73 \pm 0,6 \cdot OG / T$  ;
- OG : distance, en m, entre le centre de gravité (corrigé de l'effet des carènes liquides) et la flottaison (positive si le centre de gravité est au-dessus de la flottaison, négative s'il est en-dessous) ;
- T : tirant d'eau moyen sur quille, en m, du navire ;
- s : coefficient indiqué dans le tableau 4.

**Note 1 :**

L'angle de roulis  $\theta_1$  des navires pourvus de dispositifs antiroulis doit être calculé sans tenir compte du fonctionnement de ces dispositifs.

**Note 2 :**

L'angle de roulis  $\theta_1$  peut être obtenu à partir d'essais sur modèles ou de mesures effectuées en vraie grandeur, à la place de la formule indiquée ci-dessus.

La période du roulis  $T_R$ , en s, est calculée comme suit : 
$$T_R = \frac{2.C.B}{\sqrt{GM}}$$

où :  $C = 0,373 + 0,023 \cdot \frac{B}{T} - 0,043 \cdot \frac{L_{WL}}{100}$

Les symboles utilisés dans les tableaux et dans la formule de la période du roulis sont définis comme suit :

- $L_{WL}$  : longueur à la flottaison du navire, en m déterminée à partir du tableau 5 ;
- B : largeur du navire en m ;
- T : tirant d'eau moyen sur quille du navire, en m ;
- $C_b$  : coefficient bloc du navire ;
- $A_K$  : surface totale, en  $m^2$ , des quilles de roulis ou surface de la projection latérale de la quille massive, ou somme de ces surfaces, ou surface de la projection latérale de tous les appendices de coque générant des masses additionnelles durant le roulis du navire ;
- GM : distance métacentrique, en m, corrigée pour tenir compte de l'effet des carènes liquides.

<b>Tableau 1</b>	
B/T	$X_1$
≤ 2,4	1
2,5	0,98
2,6	0,96
2,7	0,95
2,8	0,93
2,9	0,91
3,0	0,90
3,1	0,88
3,2	0,86
3,3	0,84
3,4	0,82
≥ 3,5	0,80

<b>Tableau 2</b>	
$C_b$	$X_2$
≤ 0,45	0,75
0,50	0,82
0,55	0,89
0,60	0,95
0,65	0,97
≥ 0,70	1

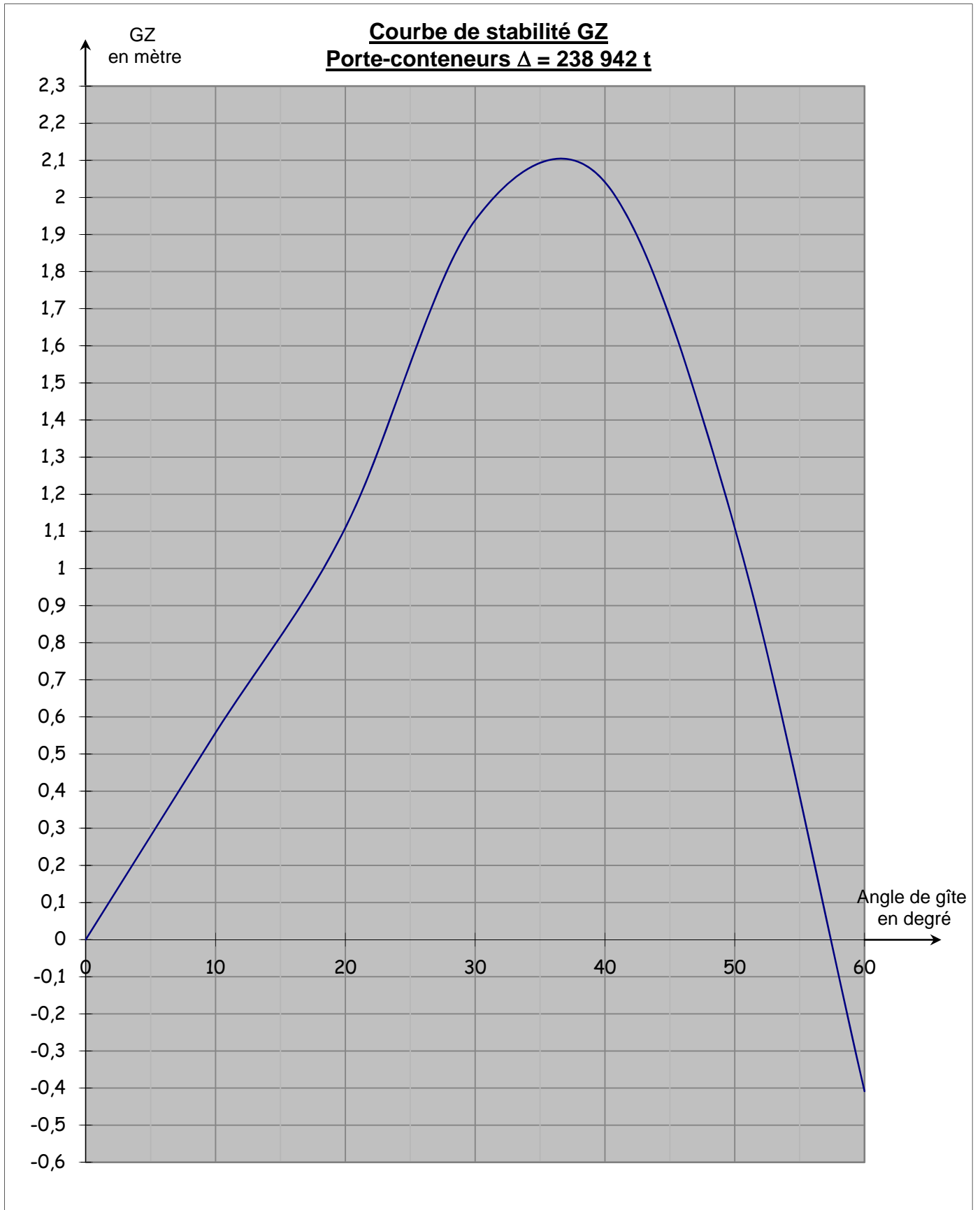
<b>Tableau 3</b>	
$\frac{100 \cdot A_K}{L_{WL} \cdot B}$	k
0	1,00
1,0	0,98
1,5	0,95
2,0	0,88
2,5	0,79
3,0	0,74
3,5	0,72
≥ 4,0	0,70

<b>Tableau 4</b>	
$T_R$	s
≤ 6	0,100
7	0,098
8	0,093
12	0,065
14	0,053
16	0,044
18	0,038
≥ 20	0,035

<b>Tableau 5</b>	
T	$L_{WL}$
12	377,75
12,5	371,25
12	372,41
13,5	374,98
14	377,97
14,5	381,08
15	384,27
15,5	386,20
16	386,20
16,5	386,20
17	386,20
17,5	386,20

(Les valeurs intermédiaires de ces tableaux doivent être obtenues par interpolation linéaire)

### Document 3



## Document 4

### Courbe de l'angle d'envahissement du porte-conteneurs en fonction du tirant d'eau.

