

<b>BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR</b> <b>CONSTRUCTION NAVALE</b>
---

**ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION**

**Sous-épreuve U41 : Étude du navire**

**SESSION 2014**

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 :**

Le document papier millimétré même s'il n'est pas complété.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 14 pages numérotées de 1 / 14 à 14 / 14.

BTS Construction Navale		Session 2014
Sous-épreuve U 41 Étude du navire	CNE4EN	Page 1 / 14

## Composition du sujet :

	<u>Format</u>		<u>Pages</u>
Présentation	A4		Page 3/14
Texte du sujet	A4		Pages 4/14 à 7/14
Documents ressources			
▪ Plan de capacité du compartiment 5101.	A4	Document 1	Page 8/14
▪ Éléments hydrostatiques, assiette nulle.	A4	Document 2	Page 9/14
▪ Données pantocarènes.	A4	Document 3	Page 10/14
▪ Critères de stabilité de la résolution IMO A167.	A4	Document 4	Page 11/14
▪ Stabilité probabiliste division 221.	A4	Document 5	Pages 12/14 à 14/14

Le sujet comporte 4 **parties indépendantes** :

- I. Étude de la masse et du centre de gravité du réservoir 5101. 6 pts
- II. Étude de la stabilité initiale du navire en charge. 11 pts
- III. Étude du navire droit en charge. 10 pts
- IV. Étude de la stabilité après avarie du navire par la méthode probabiliste. 13 pts

## Documents à rendre avec la copie :

**Le document papier millimétré est à rendre même s'il n'est pas complété.**

## I. Étude de la masse et du centre de gravité du réservoir 5101.

Objectif : Déterminer la masse et le centre de gravité du liquide du réservoir 5101 en corrigeant la valeur indiquée par la jauge en fonction de la gîte et de l'assiette réelles du navire.

Le réservoir avant tribord 5101 est utilisé pour stocker de l'eau douce de masse volumique  $1\,000\text{ kg/m}^3$ . Pour notre cas de chargement, la jauge indique une hauteur d'eau dans le réservoir de 1,64 mètre. Le navire a une assiette positive de 0,102 mètre et une gîte de 0,30 degré (bâbord).

➤ Vous devez utiliser le document 1 pour cette partie.

**Question 1** : Déterminer le volume d'eau dans le réservoir 5101 (navire droit).

**Question 2** : Le navire n'étant pas droit, calculer la correction à apporter au volume d'eau calculé précédemment pour tenir compte de la gîte et de l'assiette du navire. Dans le *document 1*, la valeur de la correction d'assiette  $V_{\text{CORRT}}$  est donnée pour une assiette positive de 1 mètre et la valeur de la correction de gîte  $V_{\text{CORRH}}$  est donnée pour une gîte de 1 degré sur bâbord.

**Question 3** : En déduire le volume d'eau réel dans le réservoir.

**Question 4** : A partir du résultat précédent, déterminer la masse d'eau dans le réservoir.

**Question 5** : En déduire la position du centre de gravité et l'inertie de la surface libre du réservoir 5101.

## II. Étude de la stabilité initiale du navire en charge.

Objectif : Vérifier la stabilité initiale du navire pour le cas de chargement réglementaire et corriger la gîte et l'assiette du navire.

La réglementation fixe les conditions du chargement. Les volumes des différents compartiments ont été corrigés en fonction des caractéristiques de la première partie.

Le déplacement du navire ainsi que la position du centre de gravité sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Le navire navigue dans une eau de masse volumique  $1\,029\text{ kg/m}^3$ .

La perte de stabilité totale par carène liquide est de 3 601 t.m.

Données :

<u>Chargement</u>	<u>Déplacement</u> (t)	<u>Centre de gravité</u> (m)		
		LCG	TCG	VCG
Navire cas chargement 1	22 357,3	95,551	0,012 (sur bâbord)	12,876

➤ Vous devez utiliser le document 2 pour cette partie.

La référence longitudinale est donnée par rapport à la PPAR.

A partir des éléments hydrostatiques du navire obtenus par un logiciel informatique et donnés sur le *document 2*, on demande de :

**Question 6** : Calculer le tirant d'eau du navire.

**Question 7** : Calculer l'assiette.

**Question 8** : En déduire les tirants d'eau avant et arrière du navire.

**Question 9** : Calculer la distance métacentrique transversale en tenant compte de l'effet des carènes liquides.

**Question 10** : Calculer l'angle de gîte.

**Question 11** : Déterminer la masse d'eau à transférer entre les ballasts 6103 et 6203, situés tous les deux à 12,14 mètres de la center line, pour corriger cette gîte.

### III. Étude du navire droit en charge.

Objectif : Vérifier les critères de stabilité de la résolution A167 de l'OMI pour le navire droit en charge.

L'assiette et la gîte du navire ont été corrigées. Le déplacement et la position du centre de gravité du navire sont récapitulés dans le tableau ci-dessous correspondant au cas de chargement 2.

La position du centre de gravité tient compte de la perte de stabilité due aux carènes liquides.

L'angle d'envahissement  $\theta_f$  est supérieur à 40 degrés.

Le navire navigue dans une eau de masse volumique  $1\,029\text{ kg/m}^3$ .

Données :

<u>Chargement</u>	<u>Déplacement</u> (t)	<u>Centre de gravité</u> (m)		
		LCG	TCG	VCG
Chargement 2 navire droit	22 417,1	95,842	0,0	13,007

Pour ce navire en charge, la hauteur métacentrique transversale est de 2,436 m.

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

A partir des éléments pantocarènes du navire obtenus par un logiciel informatique et donnés dans le *document 3*, on demande de :

**Question 12** : Déterminer les valeurs des KN pour le cas de chargement donné ci-dessus.

**Question 13** : En déduire les valeurs des GZ.

**Question 14** : Tracer sur papier millimétré format A4 horizontal, la courbe des bras de levier de redressement. On prendra pour échelle :

- ◆ Abscisses : 4 cm pour 10 degrés.
- ◆ Ordonnées : 1 cm pour 0,1 m.

A partir de la courbe de stabilité que vous avez tracée précédemment, vous allez vérifier les critères de stabilité de la résolution A 167 *document 4* :

**Question 15** : Calculer l'aire sous-tendue par la courbe de bras de levier de redressement jusqu'à un angle d'inclinaison  $\theta = 30^\circ$  et vérifier le critère.

**Question 16** : Calculer l'aire sous-tendue par la courbe des bras de levier de redressement jusqu'à l'angle d'inclinaison  $\theta = 40^\circ$  ou jusqu'à l'angle d'envahissement  $\theta_f$  si cet angle est inférieur à  $40^\circ$  et vérifier le critère.

**Question 17** : Calculer l'aire sous-tendue par la courbe de bras de levier de redressement entre les angles d'inclinaison  $30^\circ$  et  $40^\circ$ , ou entre les angles de  $30^\circ$  et  $\theta_f$ , si cet angle est inférieur à  $40^\circ$  et vérifier le critère.

**Question 18** : Calculer le bras de levier de redressement GZ, à un angle d'inclinaison supérieur ou égal à  $30^\circ$ .

**Question 19** : Vérifier que le bras de levier de redressement maximal est atteint pour un angle d'inclinaison de préférence supérieur à  $30^\circ$  et en tout cas non inférieur à  $25^\circ$ .

**Question 20** : Vérifier que la hauteur métacentrique initiale transversale GM est supérieure à 0,15 m.

#### IV. Étude de la stabilité après avarie du navire par la méthode probabiliste.

Objectif : Vérifier les critères de stabilité après avarie par la méthode réglementaire probabiliste, division 221 de la réglementation française, traduite en droit français à partir de la réglementation SOLAS 2009 de l'OMI.

Données :

	Nombre	Masse (t)	Position / CL (m)		Débordement (m)
			repos	débordée	
Embarcations de sauvetage de 60 personnes	2	3,5	11,905	16,575	4,670
Embarcations de sauvetage de 150 personnes	4	11,7	11,075	16,575	5,500
Bossoirs pour embarcations de 60 personnes	2	7	11,905	16,575	4,670
Bossoirs pour embarcations de 150 personnes	4	12,75	11,075	16,575	5,500

- Les radeaux ne sont pas pris en compte pour ce calcul ;
- Les passagers sont considérés comme se déplaçant en moyenne de l'axe du navire jusqu'aux embarcations débordées, pour un poids réglementaire de 75 kg par personne ;
- L'aire totale latérale projetée du navire au-dessus de la flottaison est égale à : 5 566 m<sup>2</sup> ;
- La distance du centre de l'aire latérale projetée au-dessus de la flottaison à T/2 est égale : 20,288 m ;

- Largeur hors-membre : 26,7 m ;
- Longueur de compartimentage ( $L_S$ ) : 221,77 m ;
- Le déplacement au tirant d'eau de compartimentage de 6,5 mètres est de : 24 276 t ;
- Nombre de passagers à bord : 706 ;
- Nombre de membres d'équipage : 416 ;

Le tableau, ci-dessous, donne les caractéristiques des deux cas d'avarie à étudier pour le navire.

<u>Cas avarie</u>	<u>Type</u>	<u>Tirant d'eau</u> (m)	<u>Assiette</u> (m)	<u>Arc</u> (degré)	<u>GZmax</u> (m)	<u>Gîte <math>\theta_e</math></u> (degré)
1	Intermédiaire	6,367	-1,660	12,194	0,191	-5,216
2	Final	6,384	-1,782	10,193	0,227	-5,569

➤ Vous devez utiliser le document 5 pour cette partie.

**Question 21** : Calculer l'indice de compartimentage requis R, conformément à l'article 221-II-1/06 du document 5.

**Question 22** : Calculer le moment d'inclinaison  $M_{incl}$  conformément à l'article 221-II-1/07-2, du document 5.

Quelle que soit la valeur calculée dans la question précédente, on prendra pour  $M_{incl}$  la valeur de 1 380 t.m.

**Question 23** : Calculer la valeur du facteur de survie  $S_{intermédiaire}$  pour le cas d'avarie 1 du tableau ci-dessus conformément à l'article 221-II-1/07-2, du document 5.

**Question 24** : Calculer la valeur du facteur de survie  $S_{final}$  pour le cas d'avarie 2 du tableau ci-dessus conformément à l'article 221-II-1/07-2, du document 5.

**Question 25** : Calculer la valeur du facteur de survie  $S_{nom}$  pour la position d'équilibre finale du tableau ci-dessus conformément à l'article 221-II-1/07-2, du document 5.

**Question 26** : En déduire la valeur minimale du facteur de survie  $S_i$  pour les deux cas d'avarie calculés précédemment.

**Question 27** : Quelles que soient les valeurs trouvées à la question précédente, calculer l'indice de compartimentage obtenu A, conformément à l'article 221-II-1/07, du document 5, sachant que les indices partiels  $A_S$ ,  $A_P$  et  $A_L$  (pondérés de la manière indiquée) et calculés pour les tirants d'eau  $d_S$ ,  $d_P$  et  $d_L$  valent :

- $A_S = 0,75333$  ;
- $A_P = 0,76251$  ;
- $A_L = 0,78730$ .

**Question 28** : Le compartimentage du navire est-il suffisant ?

## Document 1 : Plan de capacité du compartiment 5101.

Assiette nulle et gîte nulle.

Sonde (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Inertie (m <sup>4</sup> )	V <sub>CORRT</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>CORRH</sub> (m <sup>3</sup> )
0.000	3.19	156.31	-1.38	1.55	24.1	- 0.84	-0.19
0.100	6.39	156.31	-1.38	1.60	24.1	- 0.84	-0.19
0.200	9.58	156.31	-1.38	1.65	24.1	- 0.84	-0.19
0.300	12.77	156.31	-1.38	1.70	24.1	- 0.84	-0.19
0.400	15.97	156.31	-1.38	1.75	24.1	- 0.84	-0.19
0.500	19.16	156.31	-1.38	1.80	24.1	- 0.84	-0.19
0.600	22.35	156.31	-1.38	1.85	24.1	- 0.84	-0.19
0.700	25.55	156.31	-1.38	1.90	24.1	- 0.84	-0.19
0.800	28.74	156.31	-1.38	1.95	24.1	- 0.84	-0.19
0.900	31.94	156.31	-1.38	2.00	24.1	- 0.84	-0.19
1.000	35.13	156.31	-1.38	2.05	24.1	- 0.84	-0.19
1.100	39.10	156.32	-1.42	2.11	121.1	- 1.61	-1.93
1.200	44.87	156.36	-1.55	2.19	121.1	- 1.61	-1.38
1.300	50.64	156.39	-1.65	2.27	121.1	- 1.61	-1.38
1.400	56.41	156.42	-1.73	2.34	121.1	- 1.61	-1.37
1.500	62.18	156.44	-1.79	2.40	121.1	- 1.61	-1.37
1.600	67.83	156.45	-1.84	2.47	121.1	- 1.61	-1.37
1.700	73.60	156.47	-1.89	2.53	121.1	- 1.61	-1.37
1.800	79.49	156.48	-1.93	2.59	121.1	- 1.61	-1.37
1.900	85.26	156.49	-1.96	2.65	121.1	- 1.61	-1.37
2.000	91.03	156.50	-1.99	2.70	121.1	- 1.61	-1.37
2.100	96.80	156.51	-2.01	2.76	121.1	- 1.61	-1.37
2.200	102.57	156.52	-2.04	2.82	121.1	- 1.61	-1.37
2.300	109.73	156.53	-2.10	2.88	313.9	- 2.32	-2.75
2.400	117.81	156.55	-2.19	2.96	313.9	- 2.32	-3.23
2.500	125.90	156.57	-2.26	3.03	313.9	- 2.32	-3.23
2.600	133.98	156.58	-2.33	3.09	313.9	- 2.32	-3.23
2.700	142.07	156.60	-2.39	3.16	313.9	- 2.32	-3.23
2.800	150.15	156.61	-2.44	3.22	313.9	- 2.32	-3.23
2.900	158.24	156.62	-2.48	3.29	313.9	- 2.32	-3.22
3.000	166.32	156.63	-2.53	3.35	313.9	- 2.32	-3.22
3.100	174.41	156.64	-2.56	3.41	313.9	- 0.73	-3.25
3.110	175.22	156.64	-2.57	3.41	313.9	0.00	-3.34

- Distance de l'arrière du compartiment par rapport à la PPAR : 150.93 m
- Distance de l'avant du compartiment par rapport à la PPAR : 163.27 m
- Fond du compartiment par rapport à la OH : 1.5 m
- Haut du compartiment par rapport à la OH : 4.71 m

- V<sub>CORRT</sub> : Correction du volume pour une assiette positive de 1 mètre.
- V<sub>CORRH</sub> : Correction du volume pour une gîte bâbord de 1 degré.

## Document 2 : Éléments hydrostatiques assiette nulle.

Tirant d'eau (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	LCB (m)	LCF (m)	VCB (m)	KMT (m)	KML (m)	Déplacement / cm (t)	MTC (t.m)
5.80	20 145.9	96.16	92.85	3.25	15.731	620.66	47.69	624.1
5.82	20 238.8	96.15	92.77	3.26	15.710	619.97	47.76	626.3
5.84	20 331.8	16.13	92.67	3.27	15.692	619.41	47.83	628.6
5.86	20 425.0	96.12	92.56	3.29	15.677	618.90	47.91	631.3
5.88	20 518.4	96.10	92.47	3.30	15.658	618.43	47.98	633.4
5.90	20 611.8	96.08	92.38	3.31	16.638	617.97	48.04	635.5
5.92	20 705.4	96.07	92.24	3.32	15.626	617.54	48.14	638.6
5.94	20 799.2	96.05	92.13	3.33	15.607	617.12	48.21	640.9
5.96	20 893.1	96.03	92.04	3.34	15.586	616.72	48.27	642.9
5.98	20 987.1	96.01	91.89	3.36	15.573	616.34	48.35	645.5
6.00	21 081.3	96.00	91.75	3.37	15.559	615.99	48.44	648.2
6.02	21 175.6	95.98	91.64	3.38	15.540	615.69	48.51	650.6
6.04	21 270.1	95.96	91.50	3.39	15.525	615.49	48.59	653.2
6.06	21 364.8	95.94	91.32	3.40	15.513	615.82	48.69	656.5
6.08	21 459.7	95.92	91.24	3.41	15.494	616.16	48.78	659.7
6.10	21 554.7	95.90	91.15	3.43	15.475	616.59	48.87	663.1
6.12	21 649.9	95.87	91.02	3.44	15.465	617.83	48.98	667.4
6.14	21 745.4	95.85	90.92	3.45	15.450	618.72	49.08	671.3
6.16	21 841.0	95.83	90.81	3.46	15.434	619.62	49.18	675.2
6.18	21 936.9	95.81	90.64	3.47	15.426	621.50	49.31	680.2
6.20	22 032.9	95.79	90.54	3.48	15.411	622.20	49.40	683.9
6.22	22 129.2	95.76	90.44	3.50	15.394	623.02	49.50	687.8
6.24	22 225.7	95.74	90.30	3.51	15.383	624.48	49.62	692.4
6.26	22 322.3	95.72	90.16	3.52	15.374	625.78	49.73	696.9
6.28	22 419.2	95.69	90.01	3.53	15.364	617.56	49.86	701.9
6.30	22 516.3	95.67	89.91	3.54	15.347	628.13	49.95	705.5
6.32	22 613.7	95.64	89.78	3.55	15.339	629.46	50.07	710.1
6.34	22 711.2	95.62	89.66	3.57	15.325	630.44	50.17	714.2
6.36	22 808.9	95.59	89.54	3.58	15.311	631.50	50.28	718.5
6.38	22 906.8	95.56	89.36	3.59	15.309	633.77	50.42	724.2



### Document 3 : Données pantocarènes.

Déplacement (t)	Gîte (degrés)										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
20 800	0	1.36	2.71	4.01	5.26	6.42	7.41	8.26	9.01	10.18	10.66
20 900	0	1.36	2.70	4.01	5.25	6.42	7.41	8.25	9.00	10.18	10.35
21 000	0	1.36	2.70	4.00	5.24	6.41	7.40	8.25	9.00	10.17	10.65
21 100	0	1.36	2.70	3.99	5.24	6.40	7.40	8.25	9.00	10.17	10.64
21 200	0	1.36	2.69	3.99	5.23	6.40	7.39	8.24	9.00	10.16	10.64
21 300	0	1.35	2.69	3.98	5.22	6.39	7.39	8.24	9.00	10.16	10.63
21 400	0	1.35	2.68	3.98	5.22	6.38	7.38	8.24	9.00	10.15	10.62
21 500	0	1.35	2.68	3.97	5.21	6.38	7.38	8.23	8.99	10.15	10.62
21 600	0	1.35	2.68	3.97	5.20	6.37	7.37	8.23	8.99	10.15	10.61
21 700	0	1.35	2.67	3.96	5.20	6.36	7.37	8.23	8.99	10.14	10.61
21 800	0	1.35	3.67	3.96	5.19	6.36	7.36	8.22	8.99	10.14	10.60
21 900	0	1.34	2.67	3.95	5.18	6.35	7.36	8.22	8.99	10.13	10.59
22 000	0	1.34	2.66	3.95	5.18	6.34	7.35	8.22	8.99	10.13	10.59
22 100	0	1.34	2.66	3.94	5.17	6.34	7.35	8.21	8.99	10.12	10.58
22 200	0	1.34	2.66	3.94	5.17	6.33	7.34	8.21	8.98	10.12	10.57
22 300	0	1.34	2.65	3.93	5.16	6.33	7.34	8.21	8.98	10.11	10.57
22 400	0	1.34	2.65	3.93	5.15	6.32	7.33	8.20	8.98	10.11	10.56
22 500	0	1.33	2.64	3.92	5.15	6.31	7.33	8.20	8.98	10.10	10.56
22 600	0	1.33	2.64	3.92	5.14	6.31	7.32	8.20	8.98	10.10	10.55
22 700	0	1.33	2.64	3.91	5.14	6.30	7.32	8.19	8.98	10.09	10.54
22 800	0	1.33	2.63	3.91	5.13	6.29	7.31	8.19	8.98	10.09	10.54
22 900	0	1.33	2.63	3.90	5.12	6.29	7.31	8.19	8.97	10.09	10.53
23 000	0	1.33	2.63	3.90	5.12	6.28	7.30	8.19	8.97	10.08	10.52
23 100	0	1.32	2.62	3.89	5.11	6.27	7.30	8.18	8.97	10.08	10.52
23 200	0	1.32	2.62	3.89	5.11	6.27	7.29	8.18	8.97	10.07	10.51
23 300	0	1.32	2.62	3.88	5.10	6.26	7.29	8.18	8.97	10.07	10.50
23 400	0	1.32	2.61	3.88	5.09	6.26	7.28	8.17	8.97	10.06	10.50
23 500	0	1.32	2.61	3.87	5.09	6.25	7.28	8.17	8.97	10.06	10.49
23 600	0	1.32	2.61	3.87	5.08	6.24	7.28	8.17	8.97	10.05	10.48
23 700	0	1.32	2.60	3.86	5.08	6.24	7.27	8.16	8.96	10.05	10.48
23 800	0	1.31	2.60	3.86	5.07	6.23	7.27	8.16	8.96	10.04	10.47
23 900	0	1.31	2.59	3.85	5.07	6.23	7.26	8.16	8.96	10.04	10.46

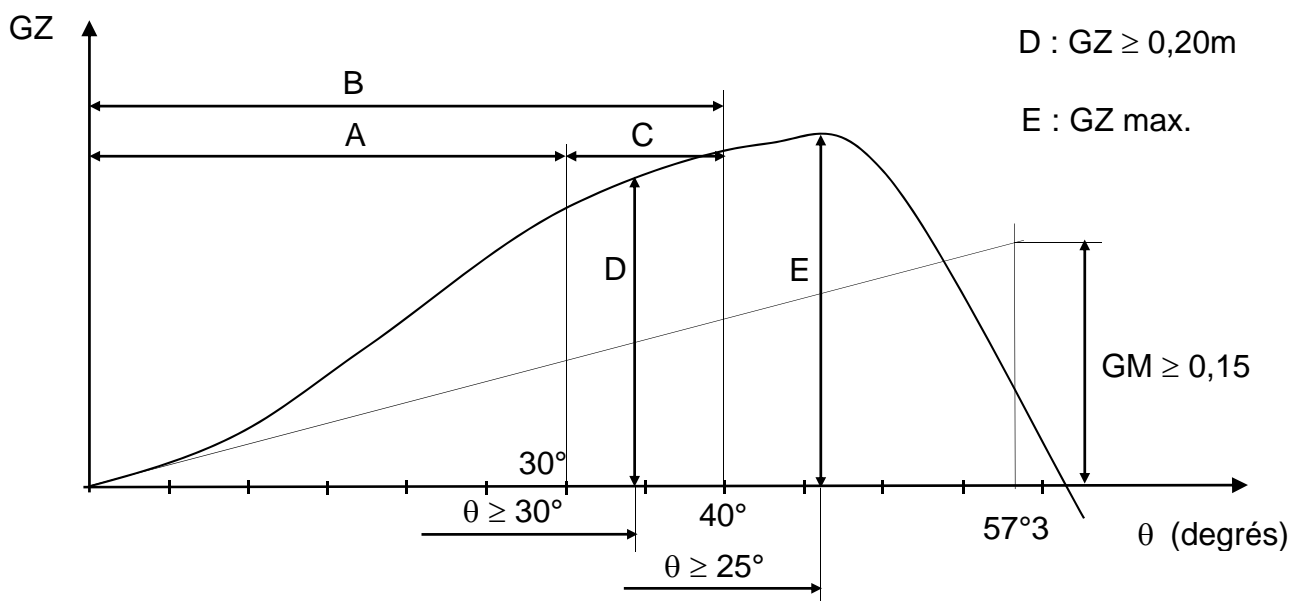
# CRITÈRES DE STABILITÉ A L'ÉTAT INTACT SUIVANT LA RÉOLUTION IMO A 167 (ES IV).

La résolution précise les critères qui doivent être respectés sur la courbe des bras de levier de redressement pour un cas de chargement donné soit :

- A) L'aire sous-tendue par la courbe de bras de levier de redressement (courbe de GZ) ne doit pas être inférieure à 0,055 mètre-radian jusqu'à un angle d'inclinaison  $\theta = 30^\circ$ ,
- B) L'aire sous-tendue par la courbe de bras de levier de redressement (courbe de GZ) ne doit pas être inférieure à 0,09 mètre-radian jusqu'à un angle d'inclinaison  $\theta = 40^\circ$  ou jusqu'à l'angle d'envahissement  $\theta_f^*$  si cet angle est inférieur à  $40^\circ$ .
- C) De plus, l'aire sous-tendue par la courbe de bras de levier de redressement (courbe de GZ) entre les angles d'inclinaison  $30^\circ$  et  $40^\circ$ , ou entre les angles de  $30^\circ$  et  $\theta_f$ , si cet angle est inférieur à  $40^\circ$ , ne doit pas être inférieure à 0,03 mètre-radian.
- D) Le bras de levier de redressement GZ doit être au moins de 0,20 m, à un angle d'inclinaison supérieur ou égal à  $30^\circ$ .
- E) Le bras de levier de redressement maximal doit être atteint à un angle d'inclinaison de préférence supérieur à  $30^\circ$  et en tout cas pas inférieur à  $25^\circ$ .
- F) La hauteur métacentrique initiale GM ne doit pas être inférieure à 0,15 m.

\* $\theta_f$  est l'angle d'inclinaison auquel sont immergées les ouvertures dans la coque, les superstructures ou les roofs, qui ne peuvent être fermées d'une façon étanche aux intempéries.

## COURBES DE STABILITÉ STATIQUE



## Résolution MSC.194(80) – SOLAS 2009

### Division 221 du 10-12-2008 de la réglementation Française

#### Stabilité probabiliste.

##### Extrait article 221-II-1/06

##### Indice de compartimentage requis "R"

1. Le compartimentage d'un navire est jugé suffisant si l'indice de compartimentage obtenu A, calculé conformément aux dispositions de l'article 221-II-1/07, n'est pas inférieur à l'indice de compartimentage requis R calculé conformément aux dispositions du présent article et si, de plus, les indices partiels  $A_S$ ,  $A_P$  et  $A_L$  ne sont pas inférieurs à 0,9 R dans le cas des navires à passagers.
2. Le degré de compartimentage que doit avoir le navire à passagers est donné par l'indice de compartimentage requis R calculé comme suit :

$$R = 1 - \frac{5000}{L_S + 2,5 \times N + 15\,225}$$

Dans cette formule :

$$N = N_1 + 2 \times N_2$$

$N_1$  = nombre de personnes pour lesquelles des embarcations de sauvetage sont prévues.

$N_2$  = nombre de personnes (y compris les officiers et les membres de l'équipage) que le navire est autorisé à transporter en plus de  $N_1$ .

##### Article 221-II-1/07

##### Indice de compartimentage obtenu "A"

L'indice de compartimentage obtenu A est égal à la sommation des indices partiels  $A_S$ ,  $A_P$  et  $A_L$  (pondérés de la manière indiquée) calculés pour les tirants d'eau  $d_S$ ,  $d_P$  et  $d_L$  définis ci-dessous, qui est exprimée par la formule suivante :

$$A = 0,4 \times A_S + 0,4 \times A_P + 0,2 \times A_L$$

- $d_S$  : Tirant d'eau maximal de compartimentage correspondant au tirant d'eau d'été du navire ;
- $d_P$  : Tirant d'eau lège d'exploitation ;
- $d_L$  : Tirant d'eau partiel de compartimentage est le tirant d'eau d'exploitation plus 60% de la différence entre le tirant d'eau lège d'exploitation et le tirant d'eau maximal de compartimentage.

##### Extrait article 221-II-1/07-2

##### Calcul du facteur "si"

1. Le facteur *si* doit être calculé pour chaque cas d'envahissement hypothétique d'un compartiment ou groupe de compartiments, compte tenu des indications ci-après et des dispositions du présent article :
  - $\theta_e$  est l'angle d'inclinaison correspondant à la position d'équilibre, quel que soit le stade de l'envahissement, en degrés ;
  - $GZ_{\max}$  est le bras de levier de redressement positif maximal, en mètres, jusqu'à l'angle  $\theta_v$  ;

- $\theta_v$  est, quel que soit le stade de l'envahissement, l'angle auquel le bras de levier de redressement devient négatif, ou l'angle auquel une ouverture qui ne peut pas être fermée de manière à être étanche aux intempéries est immergée ;
- **Arc** est l'arc des bras de levier de redressement positifs, en degrés, mesuré à partir de l'angle  $\theta_e$ . L'arc positif doit être pris jusqu'à l'angle  $\theta_v$  ;
- **Stade de l'envahissement** est toute étape discrète du processus d'envahissement, y compris le stade qui précède l'équilibrage (s'il y en a un) jusqu'à ce que la position finale d'équilibre ait été atteinte.

1.1. Le facteur  $s_i$  pour tout cas d'avarie, quelles que soient les conditions de chargement initiales, est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$s_i = \text{minimum} \{ s_{\text{intermédiaire},i} \text{ OU } s_{\text{final},i} \cdot s_{\text{mom},i} \}$$

Dans laquelle :

- $s_{\text{intermédiaire},i}$  est la probabilité de survivre à tous les stades intermédiaires de l'envahissement jusqu'à la position d'équilibre finale et est calculée de la manière indiquée au paragraphe 2 ;
- $s_{\text{final},i}$  est la probabilité de survivre en position d'équilibre finale après l'envahissement. Elle est calculée de la manière indiquée au paragraphe 3 ;
- $s_{\text{mom},i}$  est la probabilité de survivre aux moments d'inclinaison et est calculée de la manière indiquée au paragraphe 4.

2. Le facteur  $s_{\text{intermédiaire},i}$  est applicable uniquement aux navires à passagers (pour les navires de charge,  $s_{\text{intermédiaire},i}$  devrait être pris comme égal à l'unité) et doit être pris comme étant le plus petit des facteurs  $s$  obtenus à tous les stades de l'envahissement, y compris le stade précédant l'équilibrage, s'il y en a un, et est calculé comme suit :

$$s_{\text{intermédiaire},i} = \left[ \frac{GZ_{\text{max}}}{0,05} \times \frac{\text{Arc}}{7} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Dans cette formule :

- la valeur  $GZ_{\text{max}}$  ne doit pas être supérieure à 0,05 mètre ;
- Arc ne doit pas être supérieur à  $7^\circ$  ;
- Si l'angle d'inclinaison intermédiaire est supérieur à  $15^\circ$ ,  $s_{\text{intermédiaire}}$  est égal à 0 ;
- Lorsque des dispositifs d'équilibrage sont nécessaires, la durée de l'équilibrage ne doit pas être supérieure à 10 minutes.

3. On obtient le facteur  $s_{\text{final},i}$  à l'aide de la formule suivante :

$$s_{\text{final},i} = K \times \left[ \frac{GZ_{\text{max}}}{0,12} \times \frac{\text{Arc}}{16} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Dans laquelle :

- $GZ_{\text{max}}$  ne doit pas être supérieur à 0,12 mètre ;
- Arc ne doit pas être supérieur à  $16^\circ$  ;
- $K = 1$  si  $\theta_e \leq \theta_{\text{min}}$  ;
- $K = 0$  si  $\theta_e \geq \theta_{\text{max}}$  ;

- $K = \sqrt{\frac{\theta_{\max} - \theta_e}{\theta_{\max} - \theta_{\min}}}$  dans les autres cas avec :
  - $\theta_{\min}$  est égal à 7° pour les navires à passagers ;
  - $\theta_{\max}$  est égal à 15° pour les navires à passagers.

4. Le facteur  $s_{\text{mom},i}$  est applicable uniquement aux navires à passagers et il est calculé à la position d'équilibre finale à l'aide de la formule suivante :

$$s_{\text{nom},i} = \frac{(GZ_{\max} - 0,04) \times \text{Déplacement}}{M_{\text{incl}}}$$

Dans laquelle :

- *Déplacement* est le déplacement à l'état intact au tirant d'eau de compartimentage ;
- $M_{\text{incl}}$  est le moment d'inclinaison maximal hypothétique, calculé de la manière indiquée au paragraphe 4.1 ; et  $s_{\text{mom},i} \leq 1$ .

4.1. Le moment d'inclinaison  $M_{\text{incl}}$  doit être calculé comme suit :

$$M_{\text{incl}} = \text{maximum} \{ M_{\text{passagers}} \text{ ou } M_{\text{vent}} \text{ ou } M_{\text{emb}} \}$$

4.1.1.  $M_{\text{passagers}}$  est le moment d'inclinaison maximal hypothétique dû au rassemblement des passagers et doit être calculé comme suit :

$$M_{\text{passagers}} = (0,075 \times Np) \times (0,45 \times B) \text{ en (t.m)}$$

Dans cette formule :

- **Np** est le nombre maximal de passagers que le navire est autorisé à transporter dans les conditions d'exploitation correspondant au tirant d'eau maximal de compartimentage considéré ;
- **B** est la largeur du navire.

4.1.2.  $M_{\text{vent}}$  est la force maximale hypothétique du vent qui s'exerce en situation d'avarie :

$$M_{\text{vent}} = (P \times A \times Z) / 9806 \text{ en (t.m)}$$

Dans cette formule :

- $P = 120 \text{ N/m}^2$  ;
- $A$  = aire latérale projetée au-dessus de la flottaison ;
- $Z$  = distance entre le centre de l'aire latérale projetée au-dessus de la flottaison et  $T/2$  ;
- $T$  = tirant d'eau du navire.

4.1.3.  $M_{\text{emb}}$  de sauvetage est le moment d'inclinaison maximal hypothétique dû à la mise à l'eau de toutes les embarcations, sur un bord du navire, avec leur plein chargement. Pour le calculer, on part des hypothèses suivantes :

- 4.1.3.1. On suppose que toutes les embarcations de sauvetage et tous les canots de secours installés sur le bord du côté duquel le navire s'est incliné après avoir subi une avarie sont débordés avec leur plein chargement et sont prêts à être mis à la mer ;
- 4.1.3.2. Les personnes qui ne se trouvent pas dans les engins de sauvetage débordés ne contribuent pas à augmenter le moment d'inclinaison ou le moment de redressement ;
- 4.1.3.3. On suppose que les engins de sauvetage sur le bord du navire opposé à celui du côté duquel le navire s'est incliné se trouvent en position d'arrimage.