BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN CONSTRUCTION NAVALE

Session 2026

U4 – THÉORIE DU BATEAU

Durée : 4 heures – Coefficient : 2

Documents et matériels autorisés :

Tous documents autorisés.

Moyens de calculs autorisés :

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 20 pages numérotées de la façon suivante :

Présentation et mise en situation :		Pages 2/20 à 3/20
Texte du sujet :		Pages 4/20 à 8/20
Annexe 1:	Tables hydrostatiques	Page 9/20
Annexe 2 :	Inclinaisons du pendule	Page 10/20
Annexe 3 :	Tables des capacités	Page 11/20
Annexe 4:	Tables pantocarènes	Page 12/20
Annexe 5 :	Lexique des tables	Page 13/20
Annexe 6 :	Concentration & Fardage & Données hydrostatiques	Page 14/20
Annexe 7 :	Extrait de la réglementation ES-TRIN	Pages 15/20 à 18/20
Document réponse DR1 :	Cas de chargement n°1	Page 19/20
Document réponse DR2 :	Courbe des bras de levier de redressement – Cas de chargement n°2	Page 20/20

Tous les documents (copies et papier millimétré) sont à remettre en fin d'épreuve.

CODE ÉPREUVE : 26CICN4TB	EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN CONSTRUCTION NAVALE	
SESSION : 2026	SUJET	ÉPREUVE : U4 – THÉORIE DU BATEAU	
Durée : 4h	Coefficient : 2	SUJET 26CICN4TB	20 pages

ÉTUDE DE STABILITÉ D'UN BATEAU PASSAGERS FLUVIAL DE 25 M

Le sujet comporte 3 parties indépendantes :

PARTIE I :	Expérience de stabilité - Analyse	12 points
PARTIE II :	Stabilité à l'état intact – Établissement de la courbe des bras de levier de redressement (GZ)	12 points
PARTIE III :	Stabilité à l'état intact – Analyse réglementaire	26 points

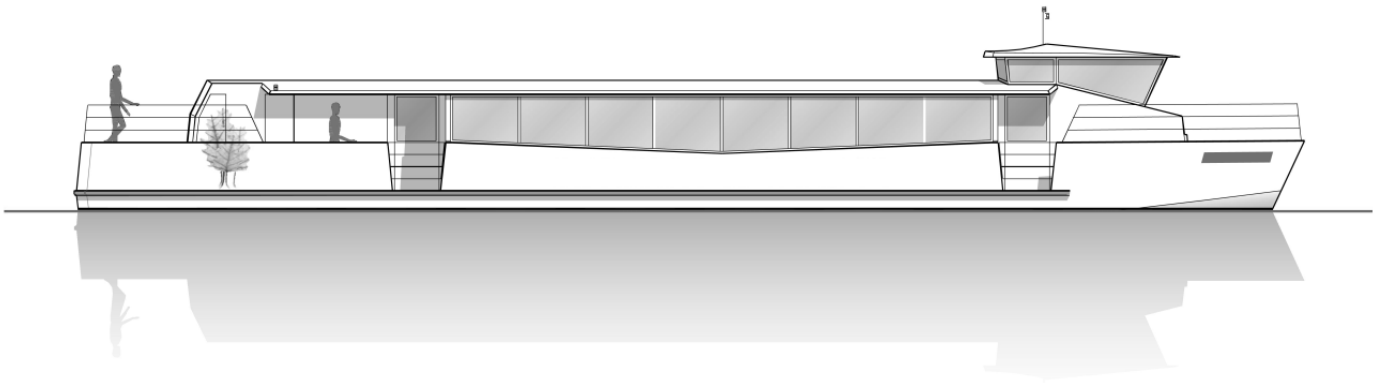


Image de l'Avant-Projet de bateau passagers fluvial de 25 m

Présentation et mise en situation :

L'étude s'intéresse à un bateau passagers fluvial de 25 m, pouvant accueillir 98 personnes + 3 membres d'équipage pour des croisières à la journée.

L'objectif de l'épreuve concerne l'étude réglementaire de la stabilité à l'état intact du bateau. Une expérience de stabilité préalable à la mise en service du navire permettra de valider les caractéristiques prévisionnelles du navire lège. Le cadre réglementaire est l'ES-TRIN dans son édition 2023 édité par le CESN. Cette réglementation inspirée de celle du Rhin devient progressivement un standard incontournable en Europe.

Le référentiel navire est défini de la façon suivante :

- axe x : longitudinal, à la perpendiculaire arrière (PPAR) positionnée au tableau arrière (C0)
- axe y : transversal, à l'axe navire (CL), positif sur bâbord
- axe z : vertical, à la ligne de base de la carène (0H), positif vers le haut

Pour l'ensemble du dossier, les données ci-dessous sont fournies :

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU BATEAU

Longueur de coque	L_{coque}	25.600	m
Largeur de coque	B_{coque}	4.900	m
Creux au pont passagers	$C_{pont\ pax}$	1.000	m
Position Longitudinale perpendiculaire Arrière / C0	L_{PPAR}	0.000	m
Position Longitudinale perpendiculaire Milieu / C0	L_{PPMIL}	12.500	m
Position Longitudinale perpendiculaire Avant / C0	L_{PPAV}	25.000	m
Vitesse maximale du bateau	v	12.000	km/h
Masse volumique de l'eau douce	ρ_{ED}	1.000	t/m^3
Matériaux de construction	Aluminium		

CARACTÉRISTIQUES PRÉVISIONNELLES DU BATEAU LÈGE

Déplacement lège prévisionnel	Δ	31.800	t
Position Longitudinale CG Navire / C0	LCG	11.750	m
Position Transversale CG Navire / CL	TCG	0.000	m
Position Verticale CG Navire / 0H	VCG	1.350	m

LEXIQUE GÉNÉRAL *

ES-TRIN : Standard européen établissant les prescriptions techniques des bateaux de navigation intérieure (European Standard laying down Technical Requirements for Inland Navigation vessels)

CESNI : Comité Européen pour l'Élaboration de Standards dans le domaine de la Navigation Intérieure

CG : Centre de Gravité

M : Masse en t

GZ : Bras de levier de redressement, en m

GO : Gasoil

ED : Eau Douce

EU : Eaux Usées

PPAR : Perpendiculaire Arrière

PPMIL : Perpendiculaire Milieu

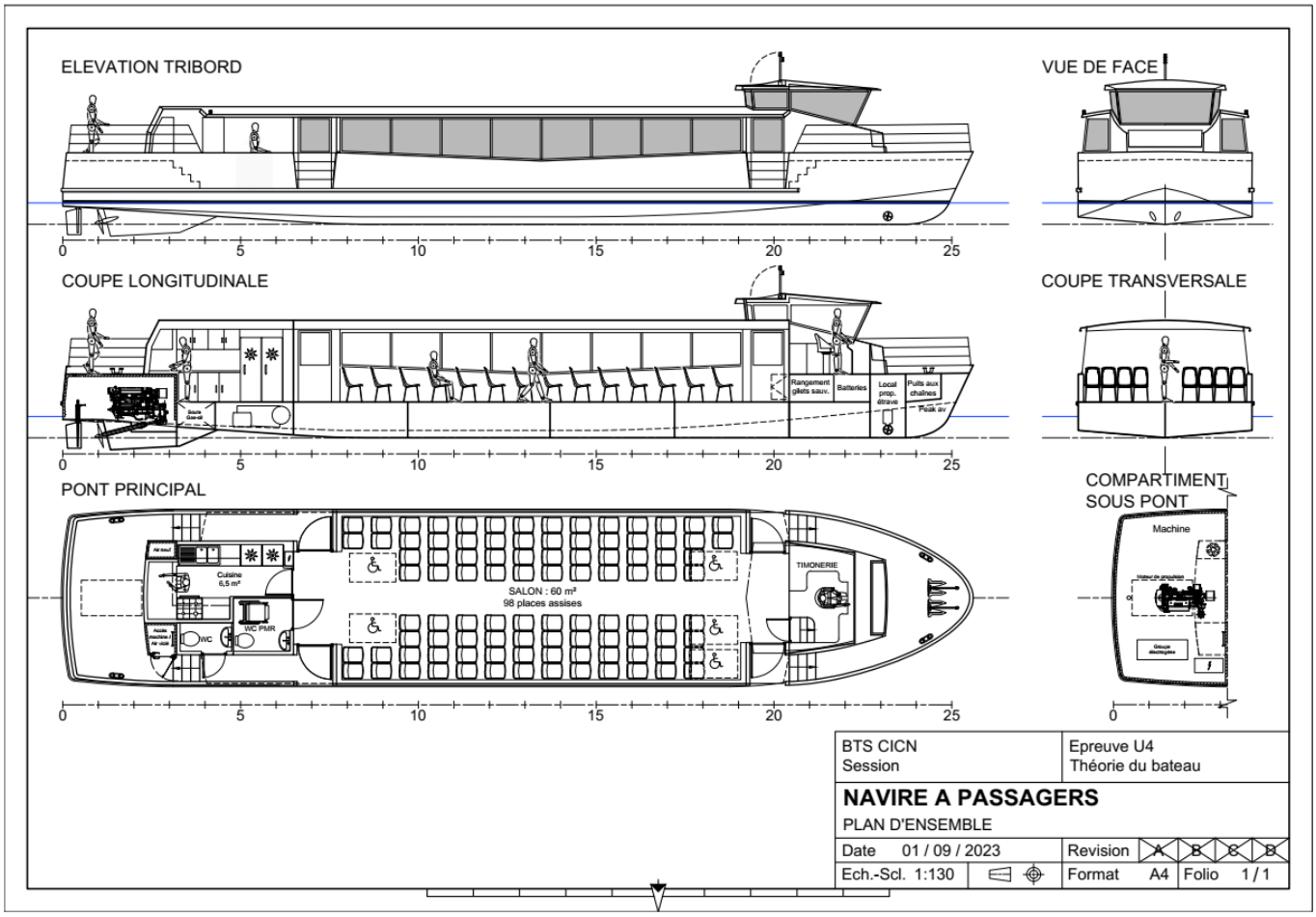
PPAV : Perpendiculaire Avant

CL : Center Line = Axe Navire

C0 : Tableau Arrière

** Voir également lexique des tables en annexe 5*

PLAN D'ENSEMBLE DU BATEAU



PARTIE I : Expérience de stabilité - Analyse

Objectif : L'objectif de cette partie est de déterminer les caractéristiques réelles du bateau lège, et de les comparer aux caractéristiques prévisionnelles afin de vérifier la conformité à la réglementation.
Rappel : la réglementation accepte des variations de +/- 5% maximum pour les 3 paramètres déplacement, position longitudinale et verticale du CG du bateau.

L'analyse se déroule en 4 temps :

1. Pesée hydrostatique : exploitation des tirants d'eau relevés sur le bateau
2. Inclinaisons transversales : exploitation des données sur les mouvements de masses et des relevés sur le pendule décrites ci-dessous
3. Centre de gravité : détermination des positions verticale & longitudinale du CG du bateau lège
4. Devis des masses : prise en compte des masses à déduire et des masses à ajouter pour définir les caractéristiques réelles du bateau lège : déplacement et position du CG

Pour cette partie, les données ci-dessous sont fournies :

DONNÉES DE LA PESÉE HYDROSTATIQUE

Tirant d'eau Marques AR / OH	$TE_{Marque\ AR}$	0.550	m
Tirant d'eau Marques MIL / OH	$TE_{Marque\ MIL}$	0.550	m
Tirant d'eau Marques AV / OH	$TE_{Marque\ AV}$	0.550	m

DONNÉES DE L' EXPÉRIENCE DE STABILITE

Longueur Verticale du pendule	$L_{pendule}$	4.500	m
Déviation Horizontale du pendule	$D_{pendule}$	0.230	m
Masse pour l'inclinaison	Δ_{masses}	4.416	t
Position Transversale CG Masse pour l'inclinaison / CL	TCG_{masses}	1.700	m

MASSES À DÉDUIRE	M	LCG	MxLCG	VCG	MxVCG
	t	m	t.m	m	t.m
Pendule + bac + eau (70 kg)	0.070	2.000	0.140	2.300	0.161
Masses pour l'inclinaison	4.416	13.400	59.174	1.650	7.286
Masses pour la correction d'assiette	1.058	18.500	19.573	1.650	1.746
Opérateurs (4 x 80 kg)	0.320	1.500	0.480	1.900	0.608
Pare-battages (4 x 10 kg)	0.010	10.000	0.100	1.200	0.012
TOTAL MASSES À DÉDUIRE	**5.874**	**13.529**	**79.467**	**1.671**	**9.813**

MASSES À AJOUTER	M	LCG	MxLCG	VCG	MxVCG
	t	m	t.m	m	t.m
Sièges passagers (98 x 15 kg)	1.470	13.450	19.772	1.450	2.132
Equipements électroménager (4 x 20 kg)	0.080	4.500	0.360	1.600	0.128
Amenagement bois cuisine (180 kg)	0.180	4.500	0.810	1.600	0.288
TOTAL MASSES À AJOUTER	**1.730**	**12.105**	**20.942**	**1.473**	**2.548**

Les documents suivants sont à utiliser pour traiter cette partie :

- Annexe 1 : Tables hydrostatiques Page 9/20
- Annexe 2 : Inclinaisons du pendule Page 10/20

Pour cette partie, le travail à réaliser est le suivant :

Question 1 : À partir des tables hydrostatiques fournies en annexe 1 page 9, et des données sur le bateau à la pesée hydrostatique, déterminer le déplacement, les positions longitudinale et verticale du centre de carène, la position verticale du métacentre transversal.

Question 2 : Calculer l'angle de gîte obtenu à l'inclinaison et le moment inclinant du déplacement transversal des masses pour l'inclinaison.

Question 3 : En déduire la hauteur métacentrique transversale.

Question 4 : Déterminer les positions verticale et longitudinale du CG du bateau à l'expérience de stabilité.

Question 5 : Calculer les caractéristiques du bateau lège réel (déplacement et position du CG) après correction des masses à déduire et à ajouter.

Question 6 : Comparer les caractéristiques du bateau lège réel aux caractéristiques du bateau lège prévisionnel et conclure sur la conformité réglementaire.

PARTIE II : Stabilité à l'état intact – Établissement de la courbe des bras de levier de redressement (GZ)

Objectif : L'objectif de cette partie est de préparer l'analyse de la stabilité du bateau en établissant la courbe des bras de levier de redressement.

L'étude concerne le cas de chargement n°1 décrit ci-dessous.

CAS DE CHARGEMENT N°1	Remplissage	Masse	LCG	VCG
mi-trajet	%	t	m	m
Navire lège	100%	33.168	11.526	1.394
Equipage (3 p)	100%	0.225	21.500	2.780
Passagers (98 p)	100%	7.350	13.450	2.005
Soute GO	50%	*	*	*
Soute ED	50%	*	*	*
Soute EU	50%	*	*	*

* = à déterminer

Les documents suivants sont à utiliser pour traiter cette partie :

- Annexe 3 : Tables des capacités Page 11/20
- Annexe 4 : Tables pantocarènes Pages 12/20
- Document réponse DR1 : Cas de chargement n°1 Page 19/20

Pour cette partie, le travail à réaliser est le suivant :

Question 7 : Calculer les caractéristiques de chacune des 3 soutes GO - ED – EU, à 50% de remplissage : masse du liquide, position longitudinale et verticale du CG du liquide, effet des carènes liquides (FSMt en t.m).

Question 8 : Déterminer les caractéristiques du bateau en charge pour le cas de chargement n°1, avec prise en compte des effets de carène liquide : déplacement, position longitudinale et verticale du CG du bateau en charge. Utiliser le document réponse DR1 pour répondre à cette question.

Question 9 : Dans le cas d'une prise en compte des effets de carène liquide, déterminer les valeurs des bras de levier de redressement GZ, dans une plage de gîte comprise entre 0° et 60°.

Question 10 : Afin de préparer l'analyse de la stabilité du bateau, tracer la courbe des bras de levier de redressement GZ sur papier millimétré.

Pour un format A4 paysage, on prendra pour échelle :
- abscisses : 2 cm pour 5 degrés ;
- ordonnées : 2 cm pour 0,1 m.

PARTIE III : Stabilité à l'état intact – Analyse réglementaire

Objectif : À partir de la courbe des bras de levier de redressement et de la réglementation ES-TRIN préalablement fournies, réaliser l'analyse réglementaire de la stabilité à l'état intact. L'objectif de cette partie est de vérifier la conformité aux critères réglementaires pour le cas de chargement considéré.

L'étude concerne le cas de chargement n°2 décrit ci-dessous, avec prise en compte des carènes liquides.

CAS DE CHARGEMENT N°2	Remplissage	Masse	LCG	MxLCG	VCG	MxLCG	FSMt
départ	%	t	m	t.m	m	t.m	t.m
Navire lège	100%	33.168	11.526	382.278	1.394	46.252	
Equipage (3 p)	100%	0.225	21.500	4.838	2.780	0.626	
Passagers (98 p)	100%	7.350	13.450	98.858	2.005	14.737	
Soute GO	98%	1.365	3.759	5.131	0.635	0.867	0.770
Soute ED	98%	0.358	5.500	1.969	0.596	0.213	0.050
Soute EU	10%	0.037	5.500	0.204	0.420	0.016	0.050
NAVIRE EN CHARGE		**42.503**	**11.606**	**493.277**	**1.475**	**62.710**	**0.870**
Avec prise en compte des effets des carènes liquides :					**1.496**		

Les valeurs des bras de levier de redressement GZ pour la plage d'angle de gîte de 0° à 60° ainsi que la courbe des bras de levier correspondante sont fournis en document réponse DR2 page 20.

La réglementation ES-TRIN s'intéresse principalement à 6 critères :

<u>4 critères décrits dans l'article 19.03 3. § a) b) c) d) & e)</u>

Cette partie est traitée dans les questions 11 à 20 ci-après.

Le calcul est basé sur le cumul des gîtes provoquées par les effets de :

- la concentration de personnes au tassement
- la pression du vent au fardage
- la force centrifuge en giration

Les valeurs d'angle et de moment calculées dans cette partie seront à reporter sur la courbe des bras de levier de redressement du document réponse DR2 page 20.

<u>2 critères décrits dans l'article 19.04 2. § a) & b)</u>

Cette partie est traitée dans les questions 21 à 23 ci-après.

Les définitions des termes « franc-bord » et « franc-bord résiduel » suivant l'ES-TRIN sont :

« franc-bord » ou « *F* » : la distance entre le plan du plus grand enfoncement et le plan parallèle passant par le point le plus bas du plat-bord ou, à défaut de plat-bord, par le point le plus bas de l'arête supérieure du bordé

« franc-bord résiduel » : la distance verticale, en cas de gîte du bateau, entre la surface du plan d'eau et l'arête du pont au point le plus bas du côté immergé ou, en l'absence de pont, au point le plus bas de l'arête supérieure du bordé fixe

En pratique, on calculera le franc-bord minimal dans la zone du salon passagers avec les règles de calcul suivantes :

Calcul du « franc-bord » : À partir du franc-bord milieu, on prend en compte la réduction due à l'assiette pour obtenir le franc-bord minimal du salon passagers. On ne prend pas en compte la gîte. Le critère est :

Franc-bord obtenu > 0,30 m

Calcul du « franc-bord résiduel » : À partir du franc-bord obtenu précédemment, on prend en compte la réduction due à la gîte sous l'effet des 3 moments cumulés (concentration de personnes au tassement + pression du vent au fardage + force centrifuge en giration) pour obtenir le franc-bord résiduel. Le critère est :

Franc-bord résiduel obtenu > 0,20 m

Les documents suivants sont à utiliser pour traiter cette partie :

- Annexe 6 : Concentration & Fardage & Données hydrostatiques — Page 14/20
- Annexe 7 : Extrait de la réglementation ES-TRIN — Pages 15/20 à 18/20
- Document réponse DR2 : Courbe des bras de levier de redressement – Cas de chargement n°2 — Page 20/20

Pour cette partie, le travail à réaliser est le suivant :

Question 11 : Déterminer le moment de gîte résultant de la concentration de personnes à l'article 19.03 4 (annexe 7). En déduire le bras de levier inclinant correspondant.

Question 12 : Déterminer le moment de gîte résultant de la pression du vent à l'article 19.03 5. En déduire le bras de levier inclinant correspondant.

Question 13 : Déterminer le moment de gîte résultant de la force centrifuge à l'article 19.03 6. En déduire le bras de levier inclinant correspondant.

Question 14 : Calculer le moment de gîte cumulant la concentration de personnes et la pression du vent. En déduire le bras de levier inclinant correspondant, et l'angle de gîte résultant.

Question 15 : Calculer le moment de gîte cumulant la concentration de personnes et la force centrifuge. En déduire le bras de levier inclinant correspondant, et l'angle de gîte résultant (par une méthode graphique ou calculatoire).

Question 16 : Étude du critère a) de l'article 19.03 3. Conclure.

Question 17 : Étude du critère b) de l'article 19.03 3. Conclure.

Question 18 : Étude du critère c) de l'article 19.03 3. Conclure.

Question 19 : Étude du critère d) de l'article 19.03 3. Conclure.

Question 20 : Étude du critère e) de l'article 19.03 3. Conclure.

Question 21 : Calculer l'assiette et préciser le sens du déséquilibre longitudinal. En déduire le point le plus proche de la flottaison du salon passager (justifier votre réponse en tenant compte de la représentation de l'annexe 7).

Question 22 : Étude du critère « franc-bord » de l'article 19.04 2. Calculer le franc-bord obtenu. Vérifier que le franc-bord minimal respecte le critère réglementaire.

Question 23 : Étude du critère « franc-bord résiduel » de l'article 19.04 2. Déterminer la gîte et le franc-bord résiduel obtenus. Vérifier que le franc-bord résiduel minimal respecte le critère réglementaire.

ANNEXE 1 : Tables hydrostatiques

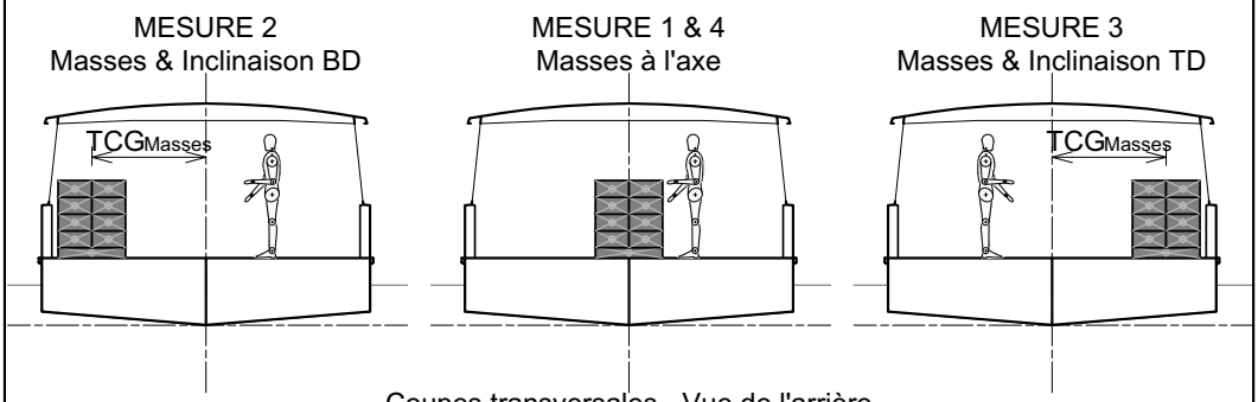
Hydrostatic Curves Forms: Model
AP @ 0.000, FP @ 25.000, VCG: 0.000, Density: 1., Trim: 0.000, Heel: 0.000°

	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	0.475	0.475	0.475	29.537	29.537	12.051	0.000	0.301	51.56	0.000
2	0.500	0.500	0.500	32.090	32.090	11.967	0.000	0.316	51.94	0.000
3	0.525	0.525	0.525	34.695	34.695	11.884	0.000	0.331	52.13	0.000
4	0.550	0.550	0.550	37.312	37.312	11.814	0.000	0.345	52.45	0.000
5	0.575	0.575	0.575	39.938	39.938	11.756	0.000	0.360	52.73	0.000
6	0.600	0.600	0.600	42.571	42.571	11.706	0.000	0.374	52.96	0.000
7	0.625	0.625	0.625	45.212	45.212	11.664	0.000	0.388	53.16	0.000
8	0.650	0.650	0.650	47.859	47.859	11.628	0.000	0.402	53.34	0.000
9	0.675	0.675	0.675	50.512	50.512	11.597	0.000	0.415	53.50	0.000
10	0.700	0.700	0.700	53.172	53.172	11.571	0.000	0.429	53.63	0.000

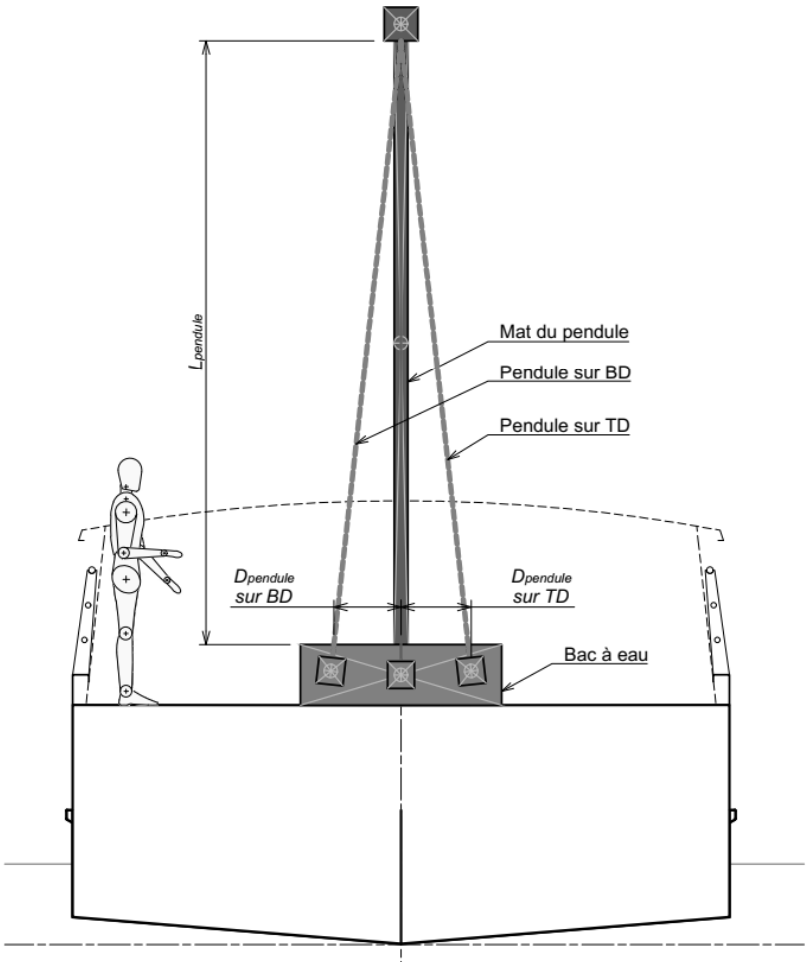
	HMP/BL (m)	B² area (m²)	WPA (m²)	LCF (m)	TPC (t/cm)	MCT (t.m)	KMT (m)	KML (m)	T Inertia (m4)	L Inertia (m4)
1	0.475	1.837	100.86	11.085	1.00860	1.53	6.401	130.07	180.179	3832.860
2	0.500	1.959	103.43	10.904	1.03430	1.64	6.085	128.77	185.121	4122.183
3	0.525	2.082	104.50	10.872	1.04503	1.69	5.723	122.76	187.074	4247.760
4	0.550	2.204	104.86	10.908	1.04856	1.71	5.376	115.32	187.689	4289.806
5	0.575	2.327	105.18	10.942	1.05179	1.73	5.073	108.74	188.259	4328.547
6	0.600	2.450	105.48	10.972	1.05477	1.74	4.809	102.89	188.798	4364.322
7	0.625	2.573	105.75	11.000	1.05754	1.75	4.575	97.652	189.315	4397.474
8	0.650	2.695	106.02	11.027	1.06017	1.77	4.368	92.939	189.818	4428.761
9	0.675	2.818	106.27	11.052	1.06266	1.78	4.183	88.677	190.313	4458.321
10	0.700	2.940	106.51	11.076	1.06506	1.79	4.017	84.805	190.805	4486.467

	HMP/BL (m)	Cb	Cp	L/V^1/3	CW	CB2	CWS	LWL (m)	BWL (m)	TOA (m)
1	0.475	0.51384	0.65111	7.98957	0.87272	0.78918	0.00000	24.697	4.900	0.814
2	0.500	0.52986	0.66252	7.77896	0.92125	0.79977	0.00000	24.720	4.900	0.839
3	0.525	0.54315	0.67111	7.61326	0.93603	0.80934	0.00000	24.831	4.900	0.864
4	0.550	0.55710	0.68107	7.43720	0.93840	0.81798	0.00000	24.852	4.900	0.889
5	0.575	0.56992	0.69004	7.27635	0.94054	0.82593	0.00000	24.872	4.900	0.914
6	0.600	0.58174	0.69816	7.12861	0.94248	0.83325	0.00000	24.891	4.900	0.939
7	0.625	0.59267	0.70555	6.99221	0.94426	0.84000	0.00000	24.909	4.900	0.964
8	0.650	0.60281	0.71241	6.86567	0.94594	0.84616	0.00000	24.927	4.900	0.989
9	0.675	0.61226	0.71872	6.74783	0.94752	0.85188	0.00000	24.944	4.900	1.014
10	0.700	0.62108	0.72467	6.63768	0.94905	0.85705	0.00000	24.960	4.900	1.039

ANNEXE 2 : Inclinaisons du pendule



Coupes transversales - Vue de l'arrière
ECH 1:100



Coupe transversale - Vue de l'arrière
ECH 1:50

BTS CICN Session	Epreuve U4 Théorie du bateau

NAVIRE A PASSAGERS

Inclinaisons du pendule

Date 01 / 09 / 2023		Revision	A B C D
Ech.-Scl. 1:50		Format A4	Folio 1 / 1

ANNEXE 3 : Tables des capacités

Tank Capacity of 'Soute GO', Content: Gasoil (0.8350), Raw Volume: 1.757 m3, Capacity: 1.669 m3
Trim = 0.000, Heel = 0.0°, Perm.: 95%, Max Weight: 1.393 t, LCG: 3.758 m, TCG: 0.000 m, VCG 0.643 m
Tank Bottom @ Z=0.224 m, Tank Top @ Z=1.006 m, No Tank Pipe
No baffle

Filling (%)	H/Botm (m)	H/Top (m)	Volume (m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	VCGt (m)	FSMt (t.m)
0.00	0.000	0.782	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.00
3.72	0.082	0.700	0.062	0.052	3.957	0.000	0.285	11.382	0.58
10.00	0.128	0.654	0.165	0.138	3.835	0.000	0.313	5.919	0.77
17.34	0.182	0.600	0.289	0.242	3.798	0.000	0.341	3.546	0.77
31.11	0.282	0.500	0.519	0.434	3.777	0.000	0.392	2.178	0.77
44.89	0.382	0.400	0.749	0.625	3.769	0.000	0.442	1.680	0.77
50.00	0.419	0.363	0.834	0.697	3.767	0.000	0.461	1.572	0.77
58.67	0.482	0.300	0.979	0.817	3.764	0.000	0.492	1.440	0.77
72.45	0.582	0.200	1.209	1.009	3.762	0.000	0.543	1.310	0.77
86.22	0.682	0.100	1.439	1.201	3.760	0.000	0.593	1.237	0.77
98.00	0.768	0.015	1.635	1.365	3.759	0.000	0.635	1.202	0.77
100.00	0.782	0.000	1.669	1.393	3.758	0.000	0.643	1.198	0.77

Tank Capacity of 'Soute ED BD', Content: Freshwater (1.0000), Raw Volume: 0.384 m3, Capacity: 0.365 m3
Trim = 0.000, Heel = 0.0°, Perm.: 95%, Max Weight: 0.365 t, LCG: 5.500 m, TCG: 1.700 m, VCG 0.600 m
Tank Bottom @ Z=0.400 m, Tank Top @ Z=0.800 m, No Tank Pipe
No baffle

Filling (%)	H/Botm (m)	H/Top (m)	Volume (m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	VCGt (m)	FSMt (t.m)
0.00	0.000	0.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.00
10.00	0.040	0.360	0.036	0.036	5.500	1.700	0.420	1.753	0.05
25.00	0.100	0.300	0.091	0.091	5.500	1.700	0.450	0.983	0.05
50.00	0.200	0.200	0.182	0.182	5.500	1.700	0.500	0.767	0.05
75.00	0.300	0.100	0.274	0.274	5.500	1.700	0.550	0.728	0.05
98.00	0.392	0.008	0.358	0.358	5.500	1.700	0.596	0.732	0.05
100.00	0.400	0.000	0.365	0.365	5.500	1.700	0.600	0.733	0.05

Tank Capacity of 'Soute EU TD', Content: Greywater (1.0030), Raw Volume: 0.384 m3, Capacity: 0.365 m3
Trim = 0.000, Heel = 0.0°, Perm.: 95%, Max Weight: 0.366 t, LCG: 5.500 m, TCG: -1.700 m, VCG 0.600 m
Tank Bottom @ Z=0.400 m, Tank Top @ Z=0.800 m, No Tank Pipe
No baffle

Filling (%)	H/Botm (m)	H/Top (m)	Volume (m3)	Weight (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	VCGt (m)	FSMt (t.m)
0.00	0.000	0.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.00
10.00	0.040	0.360	0.036	0.037	5.500	-1.700	0.420	1.753	0.05
25.00	0.100	0.300	0.091	0.091	5.500	-1.700	0.450	0.983	0.05
50.00	0.200	0.200	0.182	0.183	5.500	-1.700	0.500	0.767	0.05
75.00	0.300	0.100	0.274	0.274	5.500	-1.700	0.550	0.728	0.05
98.00	0.392	0.008	0.358	0.359	5.500	-1.700	0.596	0.732	0.05
100.00	0.400	0.000	0.365	0.366	5.500	-1.700	0.600	0.733	0.05

ANNEXE 4 : Tables pantocarènes

Cross Curves W (PS Heel - Initial Trim: 0.000) page 3/4
AP @ 0.000, FP @ 25.000, K point @ 0.000, Add. Thickness: 0.005, Density: 1.0000, Length in m, Weight in t
Min Displacement: 30.000, Max Displacement: 50.000, 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
30.000	0.480	0.480	0.480	0.529	0.935	1.186	1.328	1.404	1.444	1.460	1.412	1.304
30.500	0.485	0.485	0.485	0.523	0.929	1.180	1.321	1.396	1.436	1.453	1.406	1.299
31.000	0.489	0.489	0.489	0.518	0.924	1.175	1.313	1.387	1.427	1.447	1.401	1.295
31.500	0.494	0.494	0.494	0.513	0.918	1.169	1.306	1.379	1.419	1.440	1.396	1.291
32.000	0.499	0.499	0.499	0.508	0.913	1.163	1.298	1.371	1.411	1.433	1.390	1.286
32.500	0.504	0.504	0.504	0.503	0.907	1.157	1.290	1.363	1.403	1.427	1.384	1.282
33.000	0.509	0.509	0.509	0.498	0.902	1.151	1.283	1.355	1.395	1.420	1.379	1.278
33.500	0.514	0.514	0.514	0.493	0.896	1.145	1.275	1.347	1.387	1.414	1.374	1.273
34.000	0.518	0.518	0.518	0.488	0.891	1.139	1.268	1.339	1.380	1.407	1.369	1.269
34.500	0.523	0.523	0.523	0.483	0.885	1.133	1.260	1.331	1.372	1.401	1.363	1.264
35.000	0.528	0.528	0.528	0.478	0.880	1.127	1.252	1.323	1.364	1.394	1.358	1.260
35.500	0.533	0.533	0.533	0.474	0.874	1.120	1.245	1.315	1.356	1.388	1.352	1.256
36.000	0.537	0.537	0.537	0.469	0.869	1.114	1.237	1.307	1.349	1.381	1.347	1.251
36.500	0.542	0.542	0.542	0.465	0.863	1.107	1.230	1.300	1.341	1.375	1.341	1.247
37.000	0.547	0.547	0.547	0.461	0.858	1.100	1.222	1.292	1.333	1.368	1.336	1.242
37.500	0.552	0.552	0.552	0.456	0.852	1.094	1.214	1.284	1.326	1.362	1.330	1.238
38.000	0.557	0.557	0.557	0.452	0.847	1.087	1.207	1.276	1.318	1.355	1.324	1.233
38.500	0.561	0.561	0.561	0.448	0.842	1.080	1.199	1.268	1.311	1.348	1.319	1.229
39.000	0.566	0.566	0.566	0.444	0.836	1.073	1.191	1.260	1.303	1.342	1.313	1.224
39.500	0.571	0.571	0.571	0.440	0.831	1.066	1.183	1.252	1.296	1.335	1.307	1.220
40.000	0.576	0.576	0.576	0.436	0.826	1.058	1.176	1.245	1.289	1.329	1.301	1.215
40.500	0.580	0.580	0.580	0.432	0.820	1.051	1.168	1.237	1.281	1.322	1.295	1.210
41.000	0.585	0.585	0.585	0.428	0.815	1.044	1.160	1.229	1.274	1.316	1.289	1.206
41.500	0.590	0.590	0.590	0.424	0.810	1.037	1.152	1.221	1.267	1.309	1.283	1.201
42.000	0.595	0.595	0.595	0.420	0.804	1.029	1.145	1.214	1.260	1.303	1.277	1.197
42.500	0.599	0.599	0.599	0.416	0.799	1.022	1.137	1.206	1.253	1.296	1.271	1.192
43.000	0.604	0.604	0.604	0.413	0.793	1.015	1.129	1.199	1.246	1.289	1.266	1.188
43.500	0.609	0.609	0.609	0.409	0.788	1.007	1.121	1.191	1.239	1.283	1.260	1.183
44.000	0.614	0.614	0.614	0.406	0.782	1.000	1.113	1.184	1.232	1.276	1.254	1.178
44.500	0.618	0.618	0.618	0.402	0.776	0.992	1.105	1.176	1.225	1.270	1.248	1.174
45.000	0.623	0.623	0.623	0.399	0.770	0.985	1.097	1.169	1.218	1.263	1.242	1.169
45.500	0.628	0.628	0.628	0.395	0.765	0.977	1.089	1.161	1.211	1.257	1.236	1.164
46.000	0.632	0.632	0.632	0.392	0.759	0.969	1.081	1.154	1.205	1.250	1.230	1.159
46.500	0.637	0.637	0.637	0.389	0.752	0.962	1.073	1.146	1.198	1.244	1.224	1.154
47.000	0.642	0.642	0.642	0.386	0.746	0.954	1.065	1.139	1.191	1.237	1.218	1.149
47.500	0.647	0.647	0.647	0.382	0.740	0.946	1.057	1.131	1.184	1.231	1.213	1.144
48.000	0.651	0.651	0.651	0.379	0.734	0.938	1.050	1.124	1.177	1.224	1.207	1.140
48.500	0.656	0.656	0.656	0.376	0.727	0.930	1.042	1.116	1.170	1.218	1.201	1.135
49.000	0.661	0.661	0.661	0.373	0.721	0.923	1.034	1.109	1.163	1.211	1.195	1.130
49.500	0.665	0.665	0.665	0.370	0.715	0.915	1.026	1.102	1.156	1.205	1.189	1.125
50.000	0.670	0.670	0.670	0.367	0.708	0.907	1.018	1.094	1.149	1.198	1.184	1.120

New Project / Current Load / Current Damage:
CFAI22 / Tue Oct 31 10 32 47 2023

MAAT Hydro Turbo++ Rev. 9.0.y21
Cst+ M.Res.

ANNEXE 5 : Lexique des tables

LEXIQUE DES TABLES HYDROSTATIQUES

HMP/BL : Tirant d'eau à la perpendiculaire milieu par rapport à la référence (Base Line), en m

HAP/BL : Tirant d'eau à la perpendiculaire arrière par rapport à la référence (Base Line) , en m

HFP/BL : Tirant d'eau à la perpendiculaire avant par rapport à la référence (Base Line) , en m

DSPL : Déplacement du navire, en t

VOL : Volume de la carène, en m^3

LCB : Position longitudinale du centre de carène, en m

TCB : Position transversale du centre de carène, en m

VCB : Position verticale du centre de carène, en m

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, en m^2

B^2 area : Surface du plan transversal de la carène au maître couple, en m^2

WPA : Surface du plan de flottaison, en m^2

LCF : Position longitudinale du centre de la surface du plan de flottaison, en m

TPC : Déplacement additionnel par centimètre de tirant d'eau d'enfoncement, en t

MCT : Moment nécessaire pour un centimètre d'assiette, en t.m

KMT : Position verticale de métacentre transversal par rapport à la réf.(Base Line) , en m

KML : Position verticale de métacentre longitudinal par rapport à la réf.(Base Line) , en m

T inertia : Inertie transversale de la surface du plan de flottaison, en m^4

L inertia : Inertie longitudinale de la surface du plan de flottaison, en m^4

LEXIQUE DES TABLES DES CAPACITÉS

FILLING : Remplissage de la capacité, en %

H/Botm : Niveau de liquide dans la capacité depuis le fond de celle-ci, en m

H/Top : Niveau de liquide dans la capacité depuis le fond de celle-ci, en m

Volume : Volume net de la capacité, en m^3

Weight : Masse de liquide dans la capacité, en t

LCG : Position longitudinale du CG de la capacité, en m

TCG : Position transversale du CG de la capacité, en m

VCG : Position verticale du CG de la capacité, en m

VCGt : Position verticale du CG de la capacité, corrigée de l'effet de carène liquide, en m

FSMt : Effet de la carène liquide en transversal, en t.m

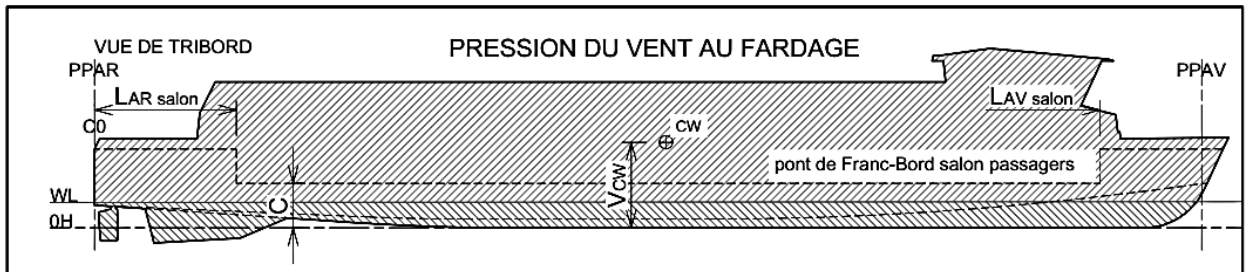
LEXIQUE DES TABLES PANTOCARÈNES

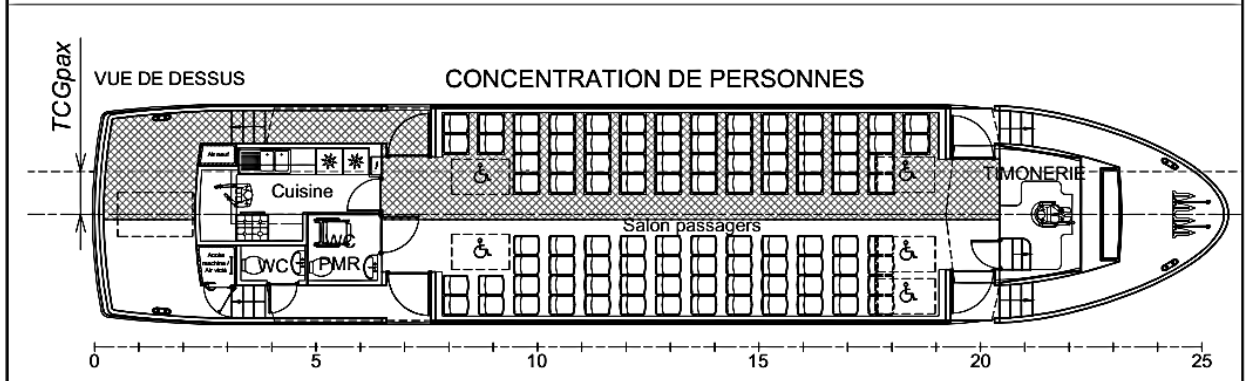
Displ.mld : Déplacement du navire, en t

HMP & HAP & HFP Cf Lexique des tables hydrostatique

KN 5 : Valeur de la distance KN pour un angle de gîte de 5°, en m

ANNEXE 6 : Concentration & Fardage & Données hydrostatiques





DONNEES GENERALES

Position Longitudinale AR salon / C0	$L_{AR\ salon}$	3.200	m
Position Longitudinale AV salon / C0	$L_{AV\ salon}$	22.700	m
Franc-bord minimum	FB_{min}	0.300	m
Franc-bord résiduel minimum	$FB_{résiduel\ min}$	0.200	m
Creux zone passagers	C	1.000	m
Angle d'envahissement	φ_f	50.4	°

DONNEES HYDROSTATIQUES - Cas de chargement N°2

Tirant d'eau PP AR	$TE_{PP\ AR}$	0.610	m
Tirant d'eau PP MILIEU	$TE_{PP\ MIL}$	0.598	m
Tirant d'eau PP AV	$TE_{PP\ AV}$	0.585	m
Bloc coefficient	C_B	0.583	
Longueur à la flottaison	L_{WL}	24.880	m
Largeur à la flottaison	B_{WL}	4.900	m

CONCENTRATION DE PERSONNES

nombre de passagers	n	98	
masse des passagers	P	7.350	t
Position transversale CG passagers au tass./CL	TCG_{pax}	0.970	m

PRESSION DU VENT AU FARDAGE

Pression spéfifique du vent	p_W	0.25	kN/m^2
Surface latérale bateau au dessus de la flottais.	A_w	64.137	m^2
Position verticale CW / 0H	V_{CW}	1.937	m

BTS CICN Session	Epreuve U4 Théorie du bateau

NAVIRE A PASSAGERS

Concentration & Fardage & Données hydrostatiques

Date 01 / 09 / 2023		Revision	A B C D
Ech.-Scl. 1:150		Format A4	Folio 1 / 1

ANNEXE 7 : Extrait de la réglementation ES-TRIN

(...)

Article 19.03
Stabilité

1. Le demandeur doit prouver par un calcul pour les conditions de chargement indiquées à l'article 19.03, chiffre 2, que la stabilité à l'état intact du bateau est appropriée. La preuve d'une stabilité suffisante doit être approuvée par la Commission de visite. Tous les calculs doivent être effectués en considérant l'assiette libre et l'enfoncement libre. Les valeurs de base pour le calcul de la stabilité - la masse du bateau à l'état lège et l'emplacement du centre de gravité - doivent être déterminées
   a) au moyen d'une expérience de stabilité conformément à l'annexe 1 de la résolution MSC.267(85)[1] de l'OMI (y compris les considérations spéciales pour les bateaux à passagers d'une longueur inférieure à 24 m), ou
   b) par des calculs précis de masse et de moment. Dans ce dernier cas, la masse du bateau à l'état lège doit être vérifiée au moyen d'une étude de la masse à l'état lège avec la limite de tolérance ± 5 % entre la masse déterminée par le calcul et le déplacement déterminé par lecture du tirant d'eau. Toutefois, en cas de doute sur la précision du calcul de la masse, la Commission de visite peut exiger une expérience de stabilité conformément à la lettre a).

2. La stabilité à l'état intact doit être prouvée pour les conditions standard de chargement suivantes :
   a) au début du voyage :
      100 % des passagers, 98 % du combustible et de l'eau potable, 10 % des eaux usées ;
   b) en cours de voyage :
      100 % des passagers, 50 % du combustible et de l'eau potable, 50 % des eaux usées ;
   c) à la fin du voyage :
      100 % des passagers, 10 % du combustible et de l'eau potable, 98 % des eaux usées ;
   d) bateau vide :
      pas de passagers, 10 % du combustible et de l'eau potable, pas d'eaux usées ;
   e) au plan du plus grand enfoncement.

   Pour toutes les conditions standard les citernes à ballast sont à considérer comme vides ou pleines, conformément à leur utilisation habituelle.

   En outre, l'exigence posée par le chiffre 3, lettre d) doit être prouvée pour la condition de chargement suivante :
      100 % des passagers, 50 % du combustible et de l'eau potable, 50 % des eaux usées, toutes les autres citernes à liquide, y compris le ballast, sont réputées remplies à 50 %.

[1] Résolution MSC.267(85) adoptée le 4 décembre 2008 - Recueil de règles de stabilité à l'état intact.

3. La preuve d'une stabilité suffisante à l'état intact vérifiée par le calcul doit être apportée en application des dispositions suivantes relatives à la stabilité à l'état intact et pour les conditions de chargement standard visées au chiffre 2, lettres a) à d) :

   a) le bras de levier de redressement maximal h_{max} doit être atteint à un angle de gîte $\varphi_{max} \geq (\varphi_{mom} + 3°)$ et atteindre au moins 0,20 m ; Si $\varphi_f < \varphi_{max}$, le bras de levier de redressement pour l'angle d'envahissement φ_f doit être de 0,20 m au minimum.

   b) L'angle d'envahissement φ_f ne doit pas être inférieur à $(\varphi_{mom} + 3°)$.

   c) L'aire A sous la courbe de bras de levier de redressement doit atteindre au minimum les valeurs suivantes en fonction de la position de φ_f et de φ_{max} :

Cas			A
1	$\varphi_{max} \leq 15°$ ou $\varphi_f \leq 15°$		0,05 m.rad jusqu'au plus petit des angles φ_{max} ou φ_f
2	$15° < \varphi_{max} < 30°$	$\varphi_{max} \leq \varphi_f$	$0{,}035 + 0{,}001 \cdot (30 - \varphi_{max})\ m \cdot rad$ jusqu'à l'angle φ_{max}
3	$15° < \varphi_f < 30°$	$\varphi_{max} > \varphi_f$	$0{,}035 + 0{,}001 \cdot (30 - \varphi_f)\ m \cdot rad$ jusqu'à l'angle φ_f
4	$\varphi_{max} \geq 30°$ et $\varphi_f \geq 30°$		$0{,}035\ m \cdot rad$ jusqu'à l'angle $\varphi = 30°$

où :

h_{max} est le bras de levier maximal ;

φ est l'angle de gîte ;

φ_f est l'angle d'envahissement, c'est-à-dire l'angle de gîte à partir duquel sont immergées les ouvertures dans la coque et les superstructures qui ne peuvent être fermées de manière étanche à l'eau ;

φ_{mom} est l'angle de gîte maximal visé à la lettre e) ;

φ_{max} est l'angle de gîte correspondant au bras de levier de redressement maximal ;

A est l'aire sous la courbe des bras de levier de redressement ;

   d) la hauteur métacentrique initiale GM_o, corrigée de l'effet de carène liquide, ne doit pas être inférieure à 0,15 m ;

   e) l'angle de gîte φ_{mom} ne doit pas être supérieur à la valeur de 12° dans les deux cas suivants :

      aa) sur la base du moment de gîte dû aux personnes et au vent visé aux chiffres 4 et 5 ;

      bb) sur la base du moment de gîte dû aux personnes et à la giration visé aux chiffres 4 et 6.

4. Le moment de gîte résultant de la concentration de personnes M_p sur un côté doit être calculé selon la formule suivante :

$$M_p = g \cdot P \cdot y \qquad [kNm]$$

(Nota : cas de la formule simplifiée uniquement)

dans cette formule :

P = la masse totale des personnes à bord, en [t], calculée sur la base de la somme du nombre maximal admissible de passagers et du nombre maximal de membres du personnel de bord et de l'équipage, dans des conditions d'exploitation normales et en admettant une masse moyenne de 0,075 tonne par personne ;

y = distance latérale entre le centre de gravité de la masse des personnes P et l'axe médian du bateau [m] ;

g = accélération gravitationnelle $(g = 9{,}81\ m/s^2)$;

(...)

5. Le moment inclinant résultant de la pression du vent M_w est calculé comme suit :

$$M_w = p_w \cdot A_w \cdot \left(L_w + \frac{T}{2}\right) [kNm]$$

Dans cette formule :

p_w = pression spécifique du vent, de 0,25 kN/m^2 ;

A_w **=** surface latérale du bateau en [m^2] au-dessus du plan de l'enfoncement, correspondant à la situation de chargement considérée ;

$Lw=$ distance en [m] du centre de gravité de la surface latérale A_w au plan de l'enfoncement, correspondant à la situation de chargement considérée.

Lors du calcul de la surface latérale il faudra tenir compte des mises sous abri prévues des ponts par des bâches ou autres aménagements mobiles.

$T=$ tirant d'eau milieu en m.

6. Le moment résultant de la force centrifuge M_{dr} provoqué par la giration du bateau doit être calculé comme suit :

$$M_{dr} = c_{dr} \cdot C_B \cdot v^2 \cdot \frac{\Delta}{L_{WL}} \cdot \left(KG - \frac{T}{2}\right) [kNm]$$

Dans cette formule :

C_{dr} = coefficient de 0,45 ;

C_B = bloc coefficient (s'il n'est pas connu, prendre 1,0) ;

v = la plus grande vitesse du bateau en [m/s] ;

La valeur retenue ne doit pas être supérieure à $v = 0{,}4\ \sqrt{\mathrm{gL}}$;

Δ = le poids total du bateau, cargaison comprise en t;

KG = la distance entre le centre de gravité et la ligne de quille, en [m] ;

g = accélération de la pesanteur (9,81 ms^{-2}).

Si le bateau à passagers est équipé d'un système de propulsion conforme à l'article 6.06, M_{dr} doit être déterminé soit sur la base d'essais grandeur nature ou sur modèle, soit sur la base de calculs correspondants.

Si le bateau à passagers est capable d'atteindre des vitesses supérieures à $v = 0{,}4\ \sqrt{\mathrm{gL}}$, la stabilité pendant les manœuvres de giration pour ces vitesses supérieures doit en outre être déterminée au moyen d'essais grandeur nature ou sur modèle ou de calculs correspondants.

7. Le demandeur doit prouver par un calcul que la stabilité après avarie du bateau est appropriée. A cet effet, le calcul basé sur la méthode de la "carène perdue" doit être utilisé pour le stade final de l'envahissement et le calcul basé sur la méthode de "l'augmentation de la masse" doit être utilisé pour les stades intermédiaires. Tous les calculs doivent être effectués en considérant l'assiette libre et l'enfoncement libre.

8. La preuve de la flottabilité du bateau après avarie doit être apportée pour les conditions de chargement standard fixées au chiffre 2. A cette fin, la preuve d'une stabilité suffisante doit être apportée au moyen de calculs pour les trois stades intermédiaires d'envahissement (25 %, 50 % et 75 % du remplissage au stade final de l'envahissement) et pour le stade final d'envahissement.

(...)

Article 19.04
Distance de sécurité et franc-bord

1. La distance de sécurité doit être au moins égale à la somme :
   a) de l'enfoncement latéral supplémentaire, mesuré au bordé extérieur, résultant de l'angle de gîte dû aux personnes, au vent et à la giration conformément à l'article 19.03, chiffres 4, 5 et 6 ; et
   b) de la distance de sécurité résiduelle d'au moins 0,10 m.

   Pour les bateaux sans pont de cloisonnement, la distance de sécurité doit être au moins de 0,50 m.

2. Le franc-bord doit être au moins égal à la somme :
   a) de l'enfoncement latéral supplémentaire, mesuré au bordé extérieur, résultant de l'angle de gîte dû aux personnes, au vent et à la giration conformément à l'article 19.03, chiffres 4, 5 et 6 ; et
   b) du franc-bord résiduel d'au moins 0,20 m.

   Toutefois, le franc bord doit être au moins de 0,30 m.

3. Le plan du plus grand enfoncement doit être déterminé de manière à respecter la distance de sécurité prescrite au chiffre 1, le franc-bord prescrit au chiffre 2, ainsi que les articles 19.02 et 19.03.

DOCUMENT RÉPONSE DR1 : Cas de chargement n°1

CAS DE CHARGEMENT N°1	M	LCG	MxLCG	VCG	MxVCG	FSMT
	t	m	t.m	m	t.m	t.m
Navire lège	33.168	11.526		1.394		
Equipage (3 p)	0.225	21.500		2.780		
Passagers (98 p)	7.350	13.450		2.005		
Soute GO						
Soute ED						
Soute EU						
NAVIRE EN CHARGE						

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

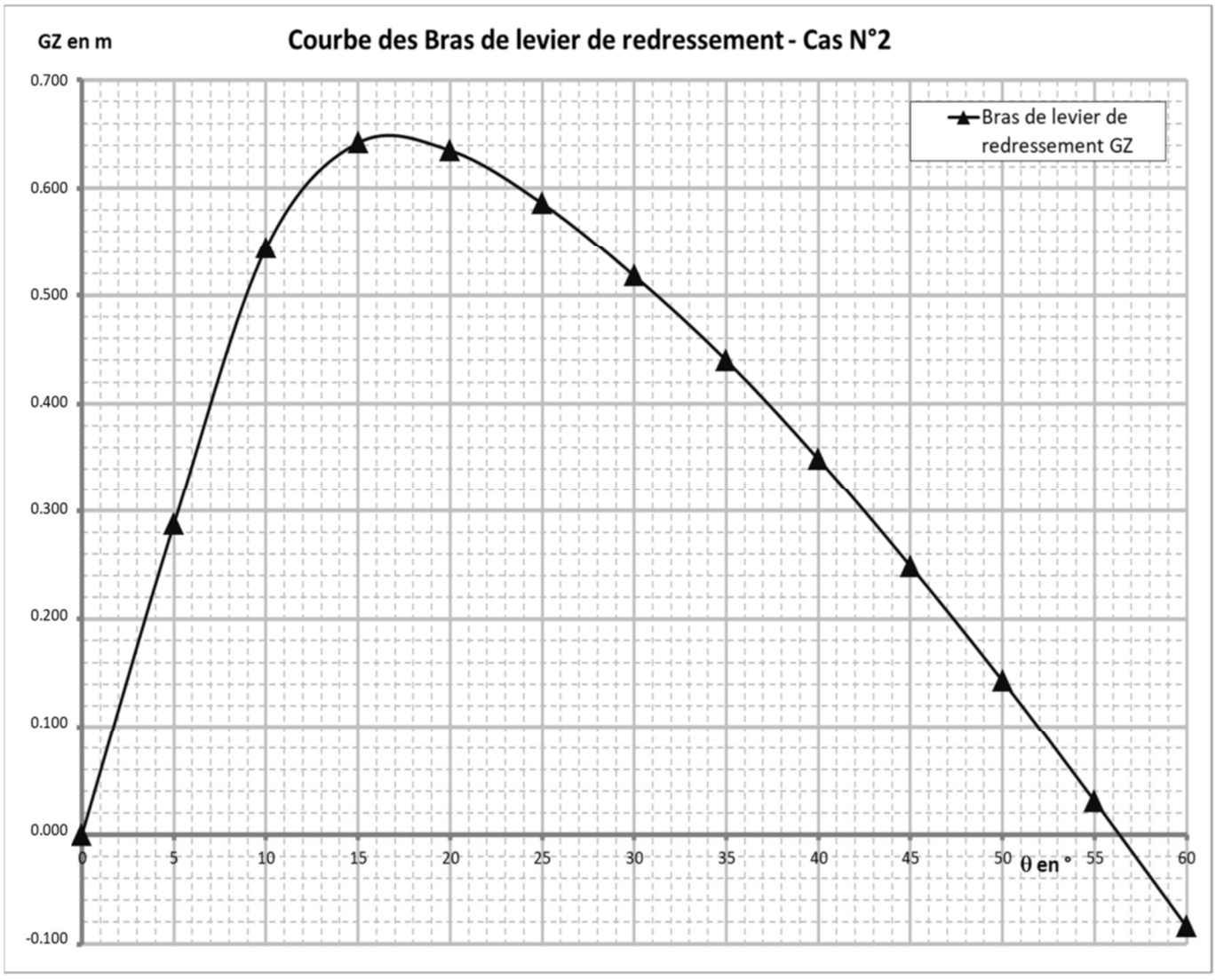
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR2 : Courbe des bras de levier de redressement – Cas de chargement n°2

Angle de gite	θ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	°
Bras de levier de redressement GZ	GZ	0.000	0.288	0.544	0.642	0.635	0.586	0.518	0.440	0.349	0.249	0.143	0.031	-0.084	m



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) : *(en majuscules)*

PRENOM : *(en majuscules)*

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2