

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN CONSTRUCTION NAVALE

Session 2021

U41 – THÉORIE DU BATEAU

Durée : 4 heures – Coefficient : 2

Documents et matériels autorisés :

Tout document autorisé.

Moyens de calculs autorisés :

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

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 13 pages numérotées de la façon suivante :

Présentation et mise en situation :	Page 2/13
Texte du sujet :	Pages 3/13 à 6/13
Annexe 1 : Répartition des capacités et des soutes du voilier	Page 7/13
Annexe 2 : Plan de voilure	Page 8/13
Annexe 3 : Extrait de la table des hydrostatiques du voilier	Page 9/13
Annexe 4 : Extrait de la table des pantocarènes du voilier	Page 10/13
Annexe 5 : Courbes des angles spécifiques du voilier	Page 11/13
Annexe 6 : Échelle Beaufort	Page 11/13
Annexe 7 : Extraits des divisions D242 et D211	Pages 12/13 à 13/13

Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur feuilles de copie et dans le cas de la question 8, sur la feuille de papier millimétré fournie à cet effet.

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

CODE ÉPREUVE : 2106CICN41T		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR		SPÉCIALITÉ : CONCEPTION ET INDUSTRIALISATION EN CONSTRUCTION NAVALE	
SESSION : 2021	SUJET	ÉPREUVE : U41 – THÉORIE DU BATEAU			
Durée : 4h	Coefficient : 2	SUJET N° 11ED20	13 pages		

Le sujet comporte 3 parties indépendantes :

- PARTIE I : Étude et correction de l'assiette du navire. 8 pts
- PARTIE II : Vérification de la stabilité réglementaire du voilier. 14 pts
- PARTIE III : Définition du vent maxi pour une configuration donnée. 8 pts



Photo : Rick Tomlinson (<http://www.rick-tomlinson.com>).

ÉTUDE DE STABILITÉ D'UN VOILIER TRADITIONNEL

L'objectif de l'épreuve concerne l'étude de la stabilité du voilier "Le Français" avec le respect des critères de stabilité spécifiques au voilier et la définition d'une configuration de vent sous voile.

Présentation et mise en situation :

Les caractéristiques principales du voilier "Le Français" sont :

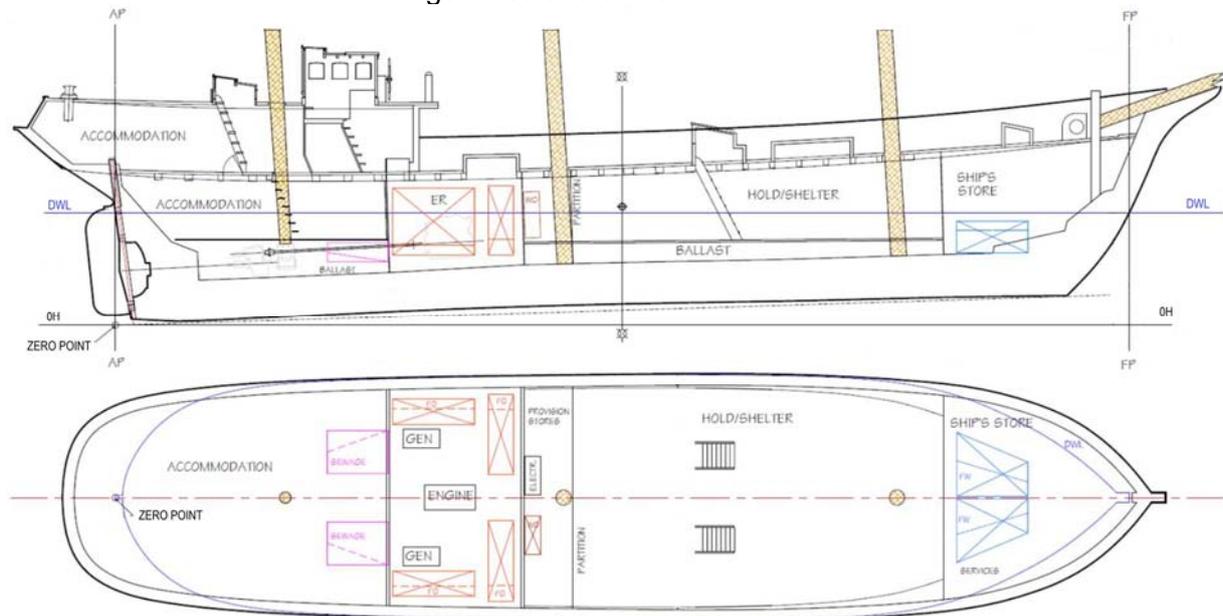
- Longueur hors-tout : 46,60 m
- Longueur de coque : 37,19 m
- Longueur entre perpendiculaires : 32,70 m
- Largeur hors membres : 8,17 m
- Déplacement lège : 401,7 t
- Jauge : 350 UMS
- Type de navire : Voilier
- Équipage : 12 à 14 personnes
- Matériau de construction : Bois

Les calculs seront réalisés avec :

- masse volumique de l'eau de mer : 1,025 t/m³,
- masse volumique de l'air : 1,23 kg/m³
- accélération de la pesanteur : 9,81 m/s².

PARTIE I : Étude et correction de l'assiette du navire.

Objectif de cette partie : Vérifier la stabilité initiale du navire pour un cas de chargement et corriger l'assiette du navire.



Le capitaine trouve que le navire a une assiette positive un peu trop forte lors des différentes configurations d'utilisation du navire et il souhaite la corriger en déplaçant une partie du lest en plomb situé à l'arrière (référence 11 du tableau de répartition des capacités et lests – voir annexe 1 – page 7/13) à un emplacement situé en avant des soutes d'eau douce, soit à une position longitudinale de 29,4 m en avant de la perpendiculaire arrière.

Pour cela, il réalise un relevé des tirants d'eau arrière et avant par rapport à la ligne de base (OH), dans une configuration moyenne de charge :

- tirant d'eau arrière à la marque arrière : 3,750 m
- position de la marque arrière en avant de la perpendiculaire arrière (PPAR) : 0,250 m
- tirant d'eau avant à la marque avant : 3,600 m
- position de la marque avant en arrière de la perpendiculaire avant (PPAV) : 0,450 m

Dans cette configuration, le capitaine estime la position verticale du centre de gravité (VCG) à 4,350 m et a calculé l'effet des carènes liquides (FSMt) à 3,94 t.m.

À l'aide des éléments hydrostatiques du navire obtenus par un logiciel informatique et donnés en annexe 3 – page 9/13, il est demandé de :

Question 1 : Calculer les tirants d'eau aux PPAV et PPAR et en déduire le tirant d'eau moyen et l'assiette du navire.

Question 2 : Calculer le tirant d'eau corrigé à partir de la position longitudinale du centre de la surface de flottaison.

Question 3 : Calculer les caractéristiques hydrostatiques du navire (volume de carène, position du centre de carène et rayons métacentriques).

Question 4 : Calculer les hauteurs métacentriques transversale et longitudinale en tenant compte de l'effet des carènes liquides.

Question 5 : Calculer la masse de lest à déplacer pour annuler l'assiette dans la configuration relevée du navire.

PARTIE II : Vérification de la stabilité réglementaire du voilier.

Pour cette partie, utiliser l'annexe 7 – pages 12/13 et 13/13 avec les extraits des textes réglementaires D242 et D211.

Objectif de cette partie : Vérifier les critères de stabilité réglementaire demandés au §1 de l'article 242-5.04 et au §8.1 de l'article 211-1.02.

Pour cette partie, les caractéristiques du voilier sont :

Déplacement	Position du centre de gravité (corrigée des effets de carènes liquides)		
	LCG / PPAR	TCG / CL	VCG / 0H
422,29 t	15,330 m	0,000 m	4,043 m

Question 6 : À l'aide des éléments hydrostatiques du voilier (voir annexe 3 – page 9/13), déterminer le tirant d'eau moyen à partir du déplacement du cas étudié.

Question 7 : Vérifier que l'assiette du navire est compatible avec l'assiette des tables pantocarènes.

Question 8 : À partir des tables pantocarènes du voilier (voir annexe 4 – page 10/13), tracer, sur papier millimétré A4 horizontal, la courbe des bras de levier de redressement (GZ) pour des angles entre 0 et 110° (avec un calcul tous les 10°).

On prendra pour échelle :

- abscisses : 2 cm pour 10 degrés ;
- ordonnées : 2 cm pour 0,1 m.

Question 9 : Vérifier le critère relatif à l'angle de chavirement statique.

Question 10 : À partir de la courbe de l'angle d'envahissement en fonction du déplacement du navire (voir annexe 5 – page 11/13), calculer l'angle d'envahissement θ_f pour le cas de chargement étudié.

Déterminer le bras de levier correspondant à l'angle d'envahissement.

Question 11 : Calculer la distance métacentrique transversale par la méthode de votre choix.

Question 12 : Vérifier le critère relatif à l'angle de gîte stabilisée.

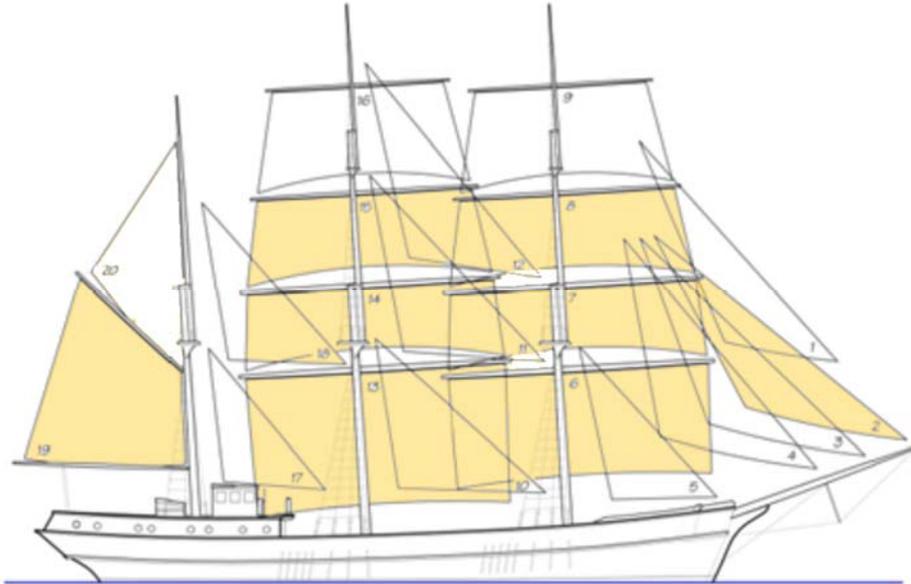
Pour cela, calculer la valeur de "WLO" et tracer sur le papier millimétré la courbe "dwhl" pour des angles entre 0° et 90°.

Question 13 : Vérifier les critères réglementaires de stabilité relatifs aux navires de charge suivant le §8.1 de l'article 211-1.02. Que pouvez-vous conclure ?

PARTIE III : Définition du vent maxi pour une configuration donnée.

Objectif de cette partie : Établir la relation entre l'angle de gîte du bateau et la vitesse du vent, en fonction de la configuration des voiles utilisées.

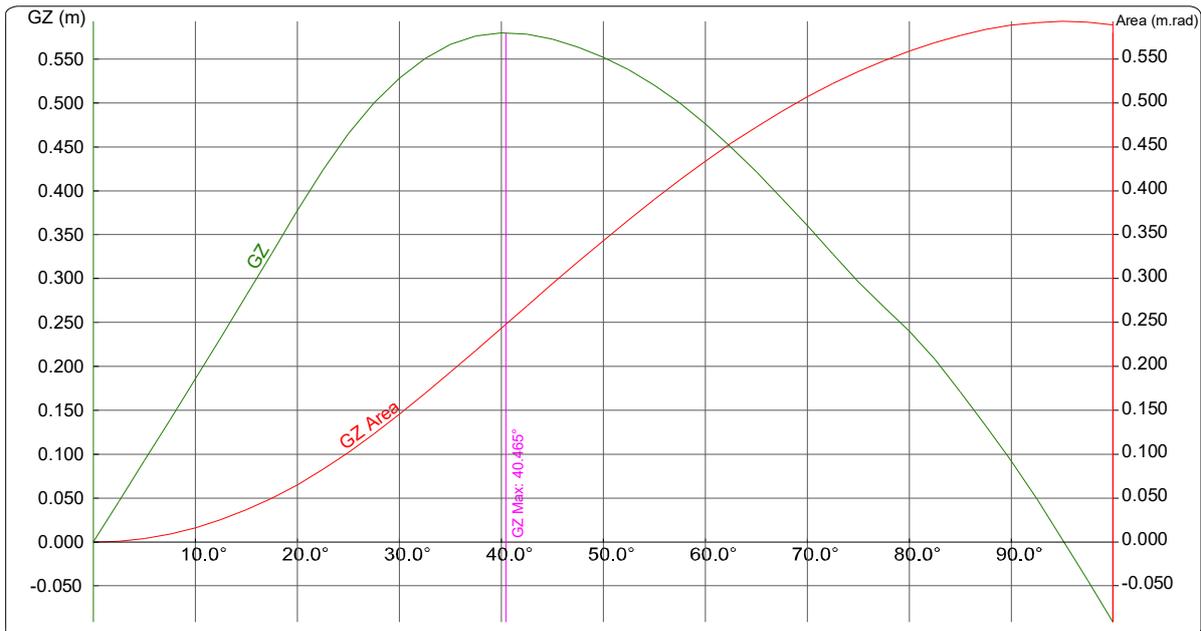
Dans le cas étudié, le navire navigue avec les voiles n° 2, 6, 7, 8, 13, 14, 15 et 19 (voir plan de voilure, annexe 2 – page 8/13).



Dans la configuration de navigation étudiée, pour un déplacement de 425,284 t, la courbe des bras de levier est la suivante :

Hydrostatic Data @ Equilibrium:							
Heel°	-0.012	GMT	1.067	GMTC	1.057	FSMT	4.288
HAP	3.779	GML	35.239	GMLC	35.224	FSML	6.467
HFP	3.661	KMT	5.065	BMT	2.407	OGT	0.284
HMP	3.720	KML	39.237	BML	36.579	OGL	0.289
Trim	0.118	FBMin	1.249	TOA	3.644	OG	0.274

Weight Data @ 0° (KMT0 = 5.065):			
	Total:	Solid:	Liquid:
Wght:	425.284	411.879	13.405
LCG:	15.288	15.291	15.220
TCG:	-0.000	0.000	-0.007
VCG:	3.998	4.032	2.956



Angle de gîte en degré

Question 14 : Calculer la surface latérale de fardage avec les voiles n° 2, 6, 7, 8, 13, 14, 15 et 19 et le fardage des œuvres mortes et des mâts (voir annexe 2 – page 8/13).

Question 15 : Calculer la position du centre de fardage par rapport à la ligne de base (0H).

Question 16 : Pour un vent de 20 nœuds, calculer la pression latérale due au vent (en Pascal) à partir de la formule suivante : $P = \frac{1}{2} \rho_{air} \times v^2$

avec : P en Pa, $\rho_{air} = 1,23 \text{ kg/m}^3$ et v la vitesse du vent en m/s.

Question 17 : Calculer le moment inclinant dû au vent (en N.m), en sachant que le moment inclinant dû au vent dépend de la relation suivante :

$$Mt_{vent} = P_{vent} \times S_{fardage} \times h$$

où $h = Z_{fardage} - \frac{TM}{2}$

avec $Z_{fardage}$: position du centre de fardage par rapport à la ligne de base,

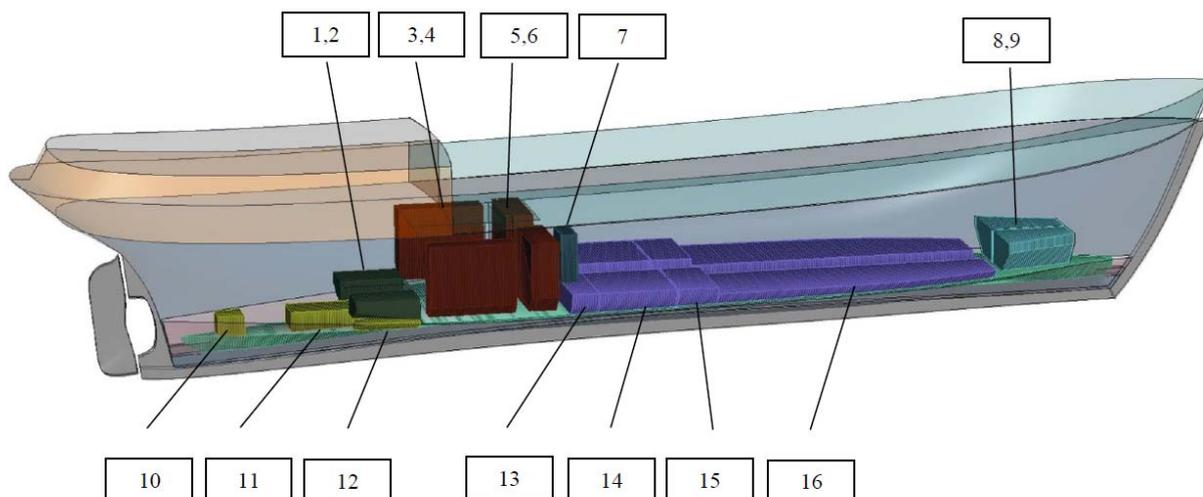
TM : tirant d'eau moyen du cas de chargement.

Question 18 : À l'aide de la courbe des GZ, déterminer l'angle de gîte correspondant.

Question 19 : Le capitaine ne souhaite pas dépasser un angle de gîte de 12° lors de la navigation à la voile. Avec cette configuration de voile, déterminer la vitesse maximum de vent pour ne pas dépasser l'angle de gîte de 12°.

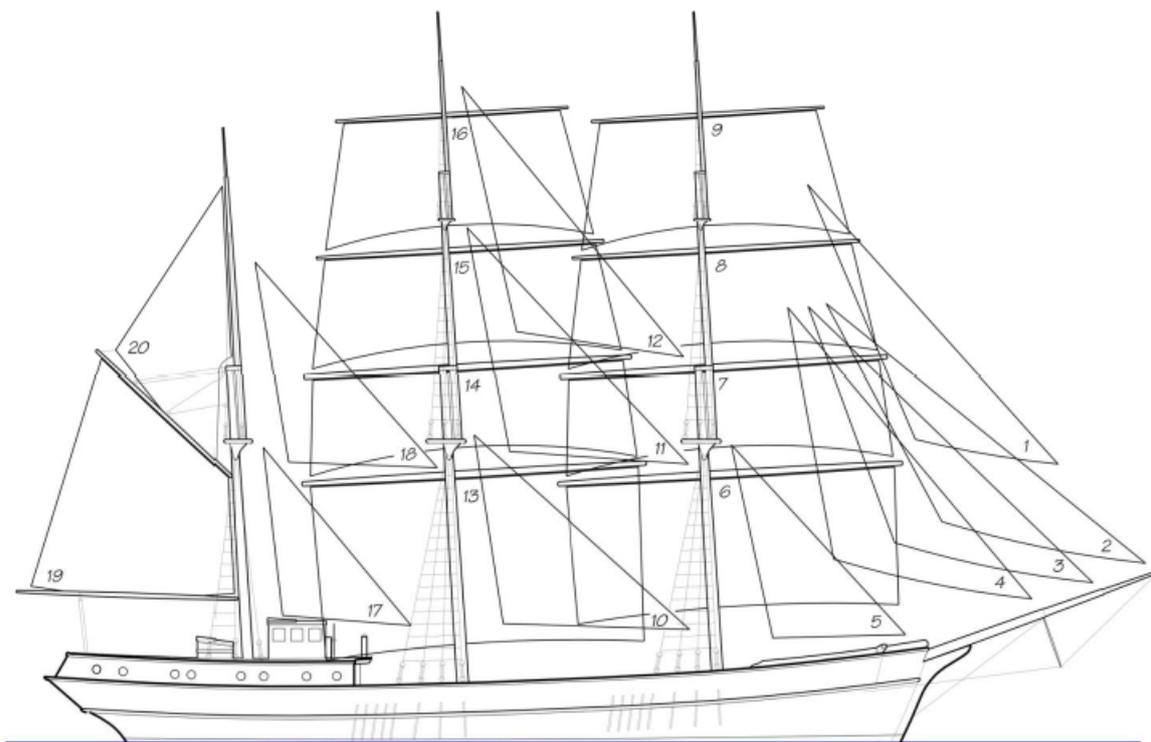
Question 20 : À partir de l'échelle Beaufort (voir annexe 6 – page 11/13), déterminer la force de vent correspondante. Que préconisez-vous si le vent dépasse cette limite ?

Annexe 1 : Répartition des capacités et des soutes du voilier



Réf.	Capacité	Liquide	Volume (m³)	Masse (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Max FSMt (t.m)
1	Soute Eaux Usées Td	Eaux Usées	1,623	1,623	7,718	-1,463	2,389	0,438
2	Soute Eaux Usées Bd	Eaux Usées	1,623	1,623	7,718	1,463	2,389	0,438
3	Soute GO Td Ar	Gasoil	4,518	3,772	10,131	-2,783	3,401	0,103
4	Soute GO Bd Ar	Gasoil	4,518	3,772	10,131	2,783	3,401	0,103
5	Soute GO Td Av	Gasoil	4,590	3,833	12,302	-2,032	3,408	1,004
6	Soute GO Bd Av	Gasoil	4,590	3,833	12,302	2,032	3,408	1,004
7	Soute Huile Usée	Huile	0,903	0,767	13,339	1,225	3,588	0,069
8	Soute ED Td	Eau Douce	3,099	3,099	28,025	-0,750	2,934	0,885
9	Soute ED Bd	Eau Douce	3,099	3,099	28,025	0,750	2,934	0,885
Réf.	Lest	Matériau	Volume (m³)	Masse (t)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	
10	Lest arrière	Plomb	0,066	0,753	3,160	0,000	1,951	
11	Lest anciens porteurs	Plomb	0,853	9,670	6,382	0,000	2,020	
12	Lest sous eaux usées	Plomb	0,487	5,526	7,815	0,000	1,785	
13	Lest soute 1	Plomb / Gravier	2,744	6,939	13,382	0,000	2,245	
14	Lest soute 2-5	Fer / Acier / Gravier	17,621	44,546	15,542	0,000	2,260	
15	Lest soute 6-7	Fer / Acier / Gravier	7,167	18,120	18,595	0,000	2,282	
16	Lest soute 8-14	Gravier	8,544	21,600	22,578	0,000	1,925	
Total Lest			37,482	107,154	16,025	0,000	2,147	

Annexe 2 : Plan de voilure



Surface de fardage et position verticale du centre de fardage des voiles

Référence	Nom	Aire (en m ²)	Hauteur (en m au-dessus de la 0H)
1	Clinfoc	29,9	19,67
2	Faux Foc	35,0	15,47
3	Grand Foc	38,5	14,81
4	Petit Foc	42,5	14,35
5	Voile d'étai de misaine	22,9	10,82
6	Misaine	77,3	12,06
7	Petit Hunier	48,6	17,52
8	Petit Perroquet	50,7	22,21
9	Cacatois	50,0	27,50
10	Grand-Voile d'étai	31,2	11,24
11	Voile d'étai de hune	35,1	18,91
12	Voile d'étai de perroquet	35,2	24,10
13	Grand-Voile	98,1	11,28
14	Grand Hunier	48,6	17,52
15	Grand Perroquet	50,7	22,21
16	Grand Cacatois	50,0	27,49
17	Foc d'Artimon	19,1	11,22
18	Voile d'étai de marquise	26,2	18,23
19	Brigantine	54,2	13,64
20	Flèche d'artimon	28,7	20,84
	Œuvres mortes et mâts	220,8	14,35

Annexe 3 : Extrait de la table des hydrostatiques du voilier en assiette nulle

Hydrostatic Curves Forms: 04-Stabilité
 AP @ 0.000, FP @ 32.700, VCG: 4.054, Density: 1.025, 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)
21	3.600	3.600	3.600	397.74	388.04	15.394	0.000	2.588	51.21	339.25
22	3.620	3.620	3.620	402.21	392.40	15.398	0.000	2.599	51.21	340.84
23	3.640	3.640	3.640	406.68	396.76	15.401	0.000	2.611	51.22	342.42
24	3.660	3.660	3.660	411.17	401.14	15.405	0.000	2.622	51.22	343.99
25	3.680	3.680	3.680	415.66	405.52	15.408	0.000	2.633	51.23	345.58
26	3.700	3.700	3.700	420.16	409.91	15.411	0.000	2.645	51.23	347.18
27	3.720	3.720	3.720	424.67	414.31	15.414	0.000	2.656	51.24	348.78
28	3.740	3.740	3.740	429.19	418.72	15.417	0.000	2.667	51.24	350.37
29	3.760	3.760	3.760	433.72	423.14	15.420	0.000	2.678	51.25	351.95
30	3.780	3.780	3.780	438.25	427.56	15.423	0.000	2.690	51.25	353.53

	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)
21	3.600	15.812	217.64	15.720	2.23082	4.44	5.108	40.555	978.038	14732.786
22	3.620	15.968	218.08	15.718	2.23533	4.47	5.100	40.325	981.438	14803.418
23	3.640	16.124	218.52	15.717	2.23981	4.49	5.093	40.099	984.795	14873.974
24	3.660	16.280	218.95	15.715	2.24424	4.51	5.085	39.877	988.079	14944.419
25	3.680	16.436	219.38	15.713	2.24866	4.53	5.078	39.660	991.351	15015.053
26	3.700	16.590	219.81	15.711	2.25303	4.55	5.071	39.446	994.567	15085.394
27	3.720	16.746	220.23	15.709	2.25732	4.57	5.064	39.235	997.715	15155.144
28	3.740	16.902	220.64	15.707	2.26155	4.59	5.057	39.026	1000.825	15224.031
29	3.760	17.058	221.05	15.705	2.26572	4.62	5.051	38.819	1003.872	15292.630
30	3.780	17.213	221.44	15.704	2.26980	4.64	5.045	38.614	1006.872	15359.727

	HMP/BL (m)	Cb	Cp	L/V ^{1/3}	CW	CB2	CWS	LWL (m)	BWL (m)	TOA (m)
21	3.600	0.43481	0.72702	4.62774	0.87794	0.59807	1.66137	33.754	7.344	3.472
22	3.620	0.43705	0.72781	4.61191	0.87930	0.60051	1.65676	33.764	7.346	3.492
23	3.640	0.43928	0.72858	4.59628	0.88065	0.60293	1.65222	33.774	7.347	3.512
24	3.660	0.44150	0.72934	4.58086	0.88199	0.60534	1.64771	33.784	7.348	3.532
25	3.680	0.44370	0.73009	4.56563	0.88332	0.60773	1.64337	33.794	7.349	3.552
26	3.700	0.44588	0.73094	4.55060	0.88464	0.61001	1.63917	33.804	7.350	3.572
27	3.720	0.44804	0.73169	4.53574	0.88594	0.61234	1.63501	33.814	7.351	3.592
28	3.740	0.45020	0.73243	4.52108	0.88722	0.61466	1.63093	33.823	7.352	3.612
29	3.760	0.45233	0.73318	4.50659	0.88848	0.61695	1.62687	33.833	7.354	3.632
30	3.780	0.45445	0.73395	4.49229	0.88970	0.61919	1.62287	33.843	7.354	3.652

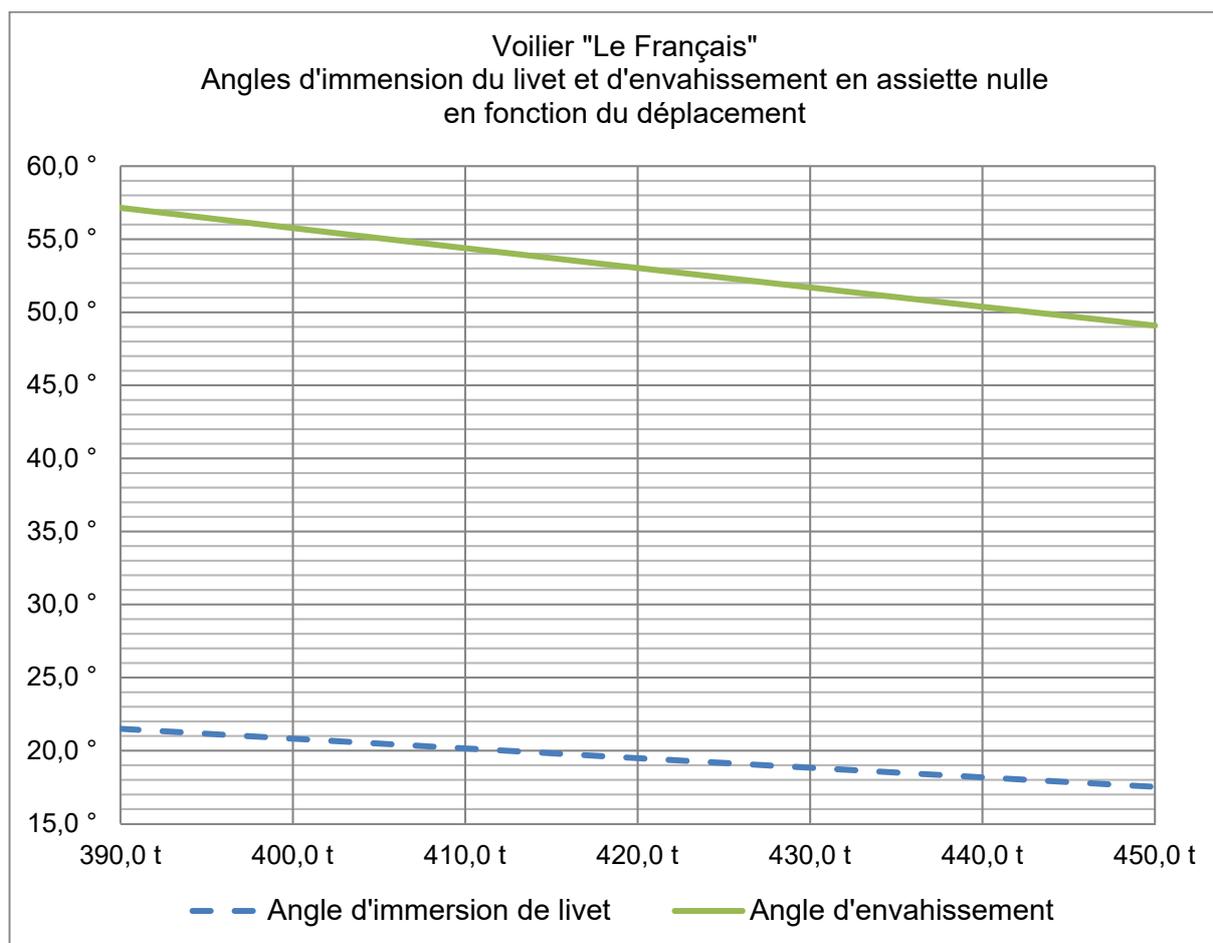
Annexe 4 : Extrait de la table des pantocarènes du voilier en assiette nulle

Cross Curves 04-Stabilité (PS Heel - Initial Trim: 0.000) page 3/4
 AP @ 0.000, FP @ 32.700, K point @ 0.000, Add. Thickness: 0.000, Density: 1.0250, Length in m, Weight in t
 Min Displacement: 400.00, Max Displacement: 440.00, 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
400.00	3.610	3.610	3.610	0.445	0.888	1.327	1.758	2.172	2.548	3.172	3.634	3.958
402.00	3.619	3.619	3.619	0.445	0.888	1.326	1.757	2.171	2.547	3.171	3.633	3.957
404.00	3.628	3.628	3.628	0.444	0.887	1.325	1.756	2.170	2.546	3.169	3.631	3.955
406.00	3.637	3.637	3.637	0.444	0.886	1.324	1.755	2.169	2.544	3.168	3.630	3.954
408.00	3.646	3.646	3.646	0.444	0.886	1.324	1.754	2.168	2.543	3.166	3.629	3.953
410.00	3.655	3.655	3.655	0.444	0.885	1.323	1.754	2.167	2.542	3.164	3.627	3.951
412.00	3.664	3.664	3.664	0.443	0.885	1.322	1.753	2.166	2.540	3.163	3.626	3.950
414.00	3.673	3.673	3.673	0.443	0.884	1.321	1.752	2.165	2.539	3.161	3.625	3.949
416.00	3.682	3.682	3.682	0.443	0.884	1.321	1.751	2.163	2.537	3.160	3.623	3.947
418.00	3.690	3.690	3.690	0.442	0.883	1.320	1.750	2.162	2.536	3.158	3.622	3.946
420.00	3.699	3.699	3.699	0.442	0.883	1.319	1.749	2.161	2.535	3.157	3.621	3.945
422.00	3.708	3.708	3.708	0.442	0.882	1.319	1.749	2.160	2.533	3.155	3.619	3.943
424.00	3.717	3.717	3.717	0.442	0.882	1.318	1.748	2.159	2.532	3.153	3.618	3.942
426.00	3.726	3.726	3.726	0.441	0.881	1.317	1.747	2.158	2.530	3.152	3.617	3.941
428.00	3.735	3.735	3.735	0.441	0.881	1.317	1.746	2.156	2.529	3.150	3.615	3.940
430.00	3.744	3.744	3.744	0.441	0.880	1.316	1.746	2.155	2.527	3.149	3.614	3.938
432.00	3.752	3.752	3.752	0.441	0.880	1.315	1.745	2.154	2.526	3.147	3.613	3.937
434.00	3.761	3.761	3.761	0.440	0.879	1.315	1.744	2.153	2.524	3.145	3.611	3.936
436.00	3.770	3.770	3.770	0.440	0.879	1.314	1.743	2.152	2.523	3.144	3.610	3.934
438.00	3.779	3.779	3.779	0.440	0.878	1.314	1.743	2.151	2.521	3.142	3.609	3.933
440.00	3.788	3.788	3.788	0.440	0.878	1.313	1.742	2.149	2.520	3.140	3.607	3.932

Displ.Mld	HAP	HFP	HMP	KN 70	KN 80	KN 90	KN 100	KN 110	KN 120	KN 130	KN 140	KN 150
400.00	3.610	3.610	3.610	4.142	4.210	4.106	3.850	3.476	3.011	2.489	1.950	1.441
402.00	3.619	3.619	3.619	4.141	4.208	4.106	3.850	3.477	3.012	2.491	1.953	1.443
404.00	3.628	3.628	3.628	4.139	4.206	4.105	3.851	3.477	3.014	2.493	1.955	1.446
406.00	3.637	3.637	3.637	4.137	4.204	4.105	3.851	3.478	3.015	2.495	1.957	1.448
408.00	3.646	3.646	3.646	4.136	4.201	4.104	3.851	3.479	3.017	2.497	1.960	1.451
410.00	3.655	3.655	3.655	4.134	4.199	4.103	3.851	3.480	3.018	2.499	1.962	1.453
412.00	3.664	3.664	3.664	4.132	4.197	4.103	3.851	3.481	3.020	2.501	1.964	1.456
414.00	3.673	3.673	3.673	4.131	4.195	4.102	3.851	3.482	3.021	2.503	1.967	1.458
416.00	3.682	3.682	3.682	4.129	4.193	4.101	3.851	3.482	3.023	2.505	1.969	1.461
418.00	3.690	3.690	3.690	4.128	4.191	4.101	3.851	3.483	3.024	2.507	1.972	1.463
420.00	3.699	3.699	3.699	4.126	4.189	4.100	3.851	3.484	3.026	2.509	1.974	1.466
422.00	3.708	3.708	3.708	4.124	4.187	4.099	3.851	3.485	3.027	2.511	1.976	1.468
424.00	3.717	3.717	3.717	4.123	4.185	4.099	3.851	3.486	3.029	2.513	1.979	1.471
426.00	3.726	3.726	3.726	4.121	4.183	4.098	3.851	3.487	3.031	2.515	1.981	1.473
428.00	3.735	3.735	3.735	4.120	4.180	4.097	3.851	3.487	3.032	2.517	1.984	1.476
430.00	3.744	3.744	3.744	4.118	4.178	4.096	3.851	3.488	3.034	2.519	1.986	1.478
432.00	3.752	3.752	3.752	4.117	4.176	4.095	3.851	3.489	3.035	2.521	1.988	1.481
434.00	3.761	3.761	3.761	4.115	4.174	4.094	3.851	3.490	3.037	2.523	1.991	1.483
436.00	3.770	3.770	3.770	4.114	4.172	4.093	3.851	3.491	3.038	2.525	1.993	1.485
438.00	3.779	3.779	3.779	4.112	4.170	4.092	3.851	3.492	3.040	2.527	1.996	1.488
440.00	3.788	3.788	3.788	4.111	4.168	4.091	3.851	3.493	3.041	2.529	1.998	1.490

Annexe 5 : Courbes des angles spécifiques du voilier en assiette nulle



Annexe 6 : Échelle Beaufort

Force	Appellation	Vitesse du vent		État de la mer	Effets à terre
		nœud	km/h		
0	calme	1	1	Mer d'huile, miroir	La fumée monte droit
1	très légère brise	1 à 3	1 à 5	Mer ridée	La fumée indique la direction du vent
2	légère brise	4 à 6	6 à 11	Vaguelettes	On sent le vent au visage
3	petite brise	7 à 10	12 à 19	Petits moutons	Les drapeaux flottent
4	jolie brise	11 à 16	20 à 28	Nombreux moutons	Le sable s'envole
5	bonne brise	17 à 21	29 à 38	Vagues, embruns	Les branches des pins s'agitent
6	vent frais	22 à 27	39 à 49	Lames, crêtes d'écume étendues	Les fils électriques sifflent
7	grand frais	28 à 33	50 à 61	Lames déferlantes	On peine à marcher contre le vent
8	coup de vent	34 à 40	62 à 74	Les crêtes des vagues partent en tourbillon d'écume	On ne marche plus contre le vent
9	fort coup de vent	41 à 47	75 à 88		
10	tempête	48 à 55	89 à 102	Les embruns obscurcissent la vue, on ne voit plus rien	Les enfants de moins de 12 ans volent
11	violente tempête	56 à 63	103 à 117		
12	ouragan	64 et plus	118 et plus		

Annexe 7 : Extrait division D242 : NAVIRE DE PLAISANCE DE LONGUEUR DE COQUE SUPÉRIEURE À 24 MÈTRES ET DE JAUGE BRUTE INFÉRIEURE À 3000

Article 242-5.04 (Arrêté du 11/07/12)

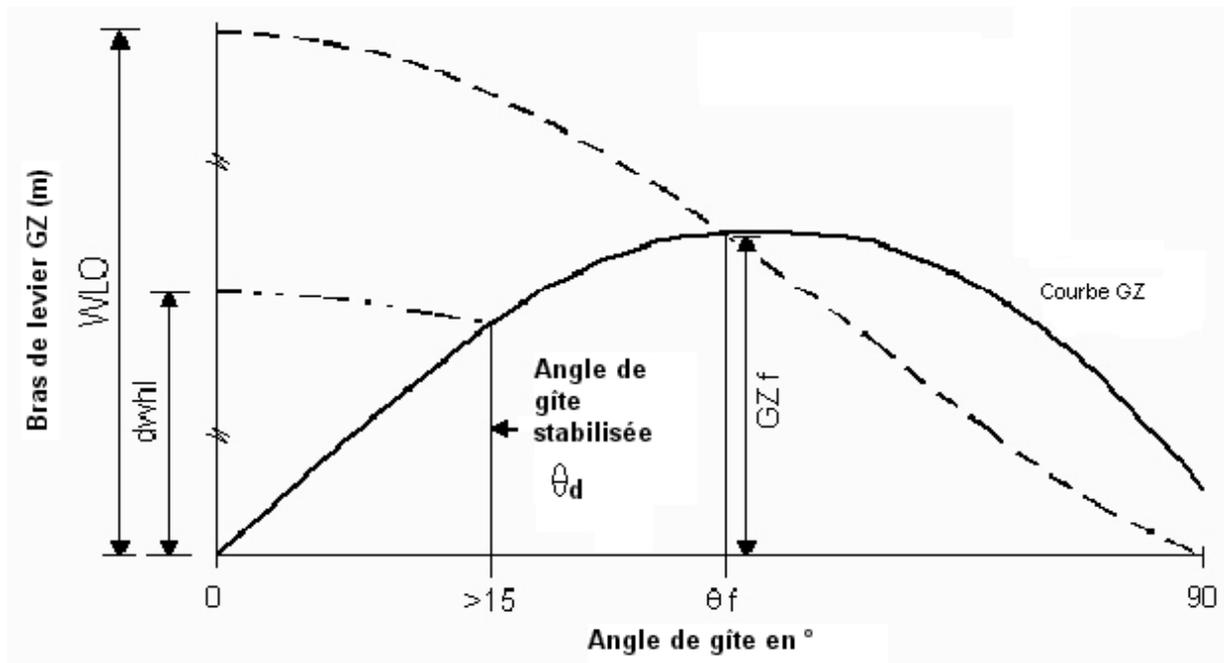
Stabilité à l'état intact des voiliers monocoques

I. La stabilité des voiliers monocoques répond aux dispositions de la division 211 applicable aux navires de charge, avec les critères de stabilité suivants :

- a) Les courbes GZ présentent une plage de stabilité positive d'au moins 90°. Pour les navires de plus de 45 m, une plage de stabilité positive inférieure à 90° peut être acceptée sous réserve de conditions spécifiques d'utilisation.
- b) De plus, l'angle de gîte stabilisée θ_d est supérieur à 15° (voir figure ci-dessous). L'angle de gîte stabilisée est obtenu par l'intersection d'une part de la courbe de bras de levier inclinant lié au vent avec d'autre part la courbe GZ du cas de chargement étudié.
- c) Dans la figure, $dwhl$ est « le bras de levier inclinant lié au vent » à n'importe quel angle θ° .

$$dwhl = 0,5 \times WLO \times (\cos(\theta))^{1,3}$$

$$\text{avec } WLO = \frac{GZ_f}{(\cos(\theta_f))^{1,3}}$$



où :

WLO est la valeur du bras de levier inclinant du vent réel à 0° qui peut faire gîter le navire jusqu'à l'angle d'envahissement (θ_f) ou 60° , la plus faible valeur étant retenue.

GZ_f est le bras de levier de redressement du navire à l'angle d'envahissement (θ_f) ou 60° , la plus faible valeur étant retenue,

θ_d est l'angle pour lequel la courbe du bras de levier inclinant lié au vent coupe la courbe GZ.

θ_f est l'angle de gîte à laquelle se produit l'immersion du bord inférieur d'ouvertures ayant une surface totale, en mètres carrés, supérieure à $(1500/\Delta)$ où Δ est le déplacement du navire en tonnes.

...

Annexe 7 : Extrait division D211 :
STABILITÉ À L'ÉTAT INTACT ET APRÈS AVARIE
Article 211-1.02 (Edition JO du 04/01/2018)
Composition du dossier complet

...

8. Critères de stabilité.

Les critères ci-après doivent être respectés. Si toutefois l'application de certains d'entre eux n'est pas justifiée, notamment pour des navires tels que pontons, multicoques, porteurs de déblais, etc. l'autorité compétente décide des prescriptions équivalentes à suivre. Les courbes des bras de levier de redressement sont tracées en tenant compte, notamment, des prescriptions indiquées en annexe 211-1.A.1.

8.1. Navires à passagers d'une jauge brute égale ou supérieure à 500 et navires de charge.

8.1.1. L'angle de début d'envahissement θ_f doit être supérieur ou égal à 30° et l'aire limitée par la courbe des bras de levier de redressement GZ ne sera pas inférieure à 0,055 mètre-radian dans l'intervalle $(0,30^\circ)$, ni à 0,090 mètre-radian dans l'intervalle $(0,40^\circ)$ ou $(0, \theta_f)$, si cet angle de début d'envahissement θ_f est inférieur à 40° . De plus, l'aire limitée par la courbe ne sera pas non plus inférieure à 0,030 mètre-radian dans l'intervalle $(30^\circ, 40^\circ)$ ou $(30^\circ, \theta_f)$.

8.1.2. Le bras de levier de redressement sera au moins de 0,20 m à un angle de gîte supérieur ou égal à 30° .

8.1.3. Le bras de levier de redressement maximal sera atteint à un angle de gîte supérieur ou égal à 25° .

8.1.4. La hauteur métacentrique initiale ne sera pas inférieure à 0,15 m. Toutefois, pour les navires transportant du bois en pontée, pour lesquels les critères figurant en 8.1.1 ont été satisfaits compte tenu du volume de cette cargaison, la hauteur métacentrique initiale ne sera pas inférieure à 0,05 m.

...

ANNEXE 211-1.A.1 PRESCRIPTIONS RELATIVES À L'ÉTABLISSEMENT DES COURBES DE STABILITÉ

Pour l'application des dispositions de l'article 211-1.02 relatives aux critères de stabilité, les prescriptions sont les suivantes :

1. Les calculs du volume du navire doivent prendre en compte les œuvres vives et les œuvres mortes limitées à la surface supérieure du revêtement de pont. Dans le cas de navires en bois, les dimensions doivent être mesurées « hors bordé ».

...