

Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

Caractéristiques nautiques et performances des navires antiques :

*l'apport de l'architecture navale associée aux données
archéologiques*

Volume d'annexes

Mémoire présenté en vue du
Diplôme de l'EHESS

par
Philippe Allard

Directeur du mémoire : A.Tchernia

1997

Annexes

- 1- Table hydrostatique et table des coefficients caractéristiques de l'épave Jules Verne n°9 (JV9)
- 2- Table hydrostatique et table des coefficients caractéristiques de la réplique Kyrénia II
- 3- Caractéristiques hydrostatiques de 5 flottaisons de JV9
- 4- Caractéristiques hydrostatiques de 5 flottaisons de Kyrenia II
- 5- Formulaire de géométrie applicable à l'architecture navale
- 6- Volume et tracé de la cale de Kyrenia II
- 7- Volumes de la structure de JV9
- 8- Présentation de la méthode simplifiée de devis de poids de la coque
- 9- Poids spécifique d'un chargement d'amphores identiques
- 10- Chargement de l'épave JV9
- 11- Stabilité de l'épave JV9 après chargements
- 12- Stabilité de Kyrénia II
- 13- Résistance hydrodynamique de JV9
- 14- Résistance hydrodynamique de Kyrénia II
- 15- Propulsion de JV9 à l'aviron
- 16- Etude de l'efficacité du *siparum*
- 17- Réglage optimal de la vergue (contrôle du décrochage)
- 18- Réglage optimal de la vergue (minimisation de la dérive)
- 19- Performances de l'ensemble coque-voilure
- 20- Polaire de vitesse du navire

EPAVE JULES VERNE n°9

Table hydrostatique :

HYDROSTATIC PROPERTIES								
No Trim, No heel, VCG = 0.000								
LCF	Displ	Buoyancy Ctr.		Weight/		Moment/		
draft	Weight	LCB	VCB	cm	LCF	deg Trim	KML	KMT
0.060	0.16	4.000f	0.027	0.04	4.000f	0.11	40.12	0.894
0.080	0.24	4.000f	0.041	0.04	4.000f	0.13	32.30	0.950
0.100	0.33	4.000f	0.055	0.05	4.000f	0.17	30.27	0.919
0.120	0.42	4.000f	0.068	0.05	4.000f	0.20	26.68	0.892
0.140	0.53	4.000f	0.080	0.05	4.000f	0.22	23.41	0.876
0.160	0.64	4.000f	0.093	0.06	4.000f	0.23	21.05	0.860
0.180	0.76	4.000f	0.105	0.06	4.000f	0.25	19.30	0.840
0.200	0.88	4.000f	0.117	0.06	4.000f	0.27	17.89	0.813
0.220	1.01	4.000f	0.129	0.07	4.000f	0.29	16.60	0.790
0.240	1.14	4.000f	0.141	0.07	4.000f	0.31	15.49	0.768
0.260	1.28	4.000f	0.153	0.07	4.000f	0.33	14.59	0.753
0.280	1.42	4.000f	0.165	0.07	4.000f	0.34	13.87	0.743
0.300	1.56	4.000f	0.177	0.07	4.000f	0.36	13.28	0.738
0.320	1.71	4.000f	0.188	0.07	4.000f	0.34	11.45	0.722
0.340	1.86	4.000f	0.200	0.07	4.000f	0.35	10.78	0.710
0.360	2.01	4.000f	0.211	0.08	4.000f	0.36	10.18	0.700
0.380	2.16	4.000f	0.223	0.08	4.000f	0.37	9.83	0.691
0.400	2.31	4.000f	0.234	0.08	4.000f	0.39	9.56	0.685
0.420	2.47	4.000f	0.246	0.08	4.000f	0.40	9.22	0.681
0.440	2.63	4.000f	0.257	0.08	4.000f	0.41	8.90	0.678
0.460	2.79	4.000f	0.269	0.08	4.000f	0.42	8.61	0.677
0.480	2.96	4.000f	0.280	0.08	4.000f	0.43	8.35	0.677
0.500	3.12	4.000f	0.291	0.08	4.000f	0.44	8.09	0.677
0.520	3.29	4.000f	0.303	0.08	4.000f	0.45	7.84	0.675
0.540	3.46	4.000f	0.314	0.09	4.000f	0.46	7.61	0.675
0.560	3.63	4.000f	0.325	0.09	4.000f	0.47	7.41	0.675
0.580	3.80	4.000f	0.336	0.09	4.000f	0.48	7.21	0.676
0.600	3.98	4.000f	0.348	0.09	4.000f	0.49	7.02	0.677
0.620	4.16	4.000f	0.359	0.09	4.000f	0.50	6.85	0.680
0.640	4.33	4.000f	0.370	0.09	4.000f	0.51	6.69	0.682
0.660	4.51	4.000f	0.381	0.09	4.000f	0.52	6.54	0.685

Table des coefficients hydrostatiques :

Hull Form Coefficients (with appendages)		No Trim, No heel						
draft	Volume	Coefficients				WS Area		
m	Cu.m	Cp	Cb	Cms	Cwp	Cv	Cws	Sq.m
0.060	0.2	0.692	0.256	0.371	0.719	0.357	4.452	4.3
0.080	0.2	0.696	0.291	0.417	0.744	0.391	4.190	4.9
0.100	0.3	0.705	0.321	0.455	0.774	0.414	4.000	5.5
0.120	0.4	0.712	0.343	0.482	0.778	0.441	3.796	6.0
0.140	0.5	0.716	0.358	0.501	0.771	0.465	3.623	6.4
0.160	0.6	0.716	0.374	0.522	0.773	0.484	3.482	6.8
0.180	0.7	0.717	0.392	0.547	0.784	0.500	3.363	7.2
0.200	0.9	0.718	0.407	0.566	0.788	0.516	3.253	7.5
0.220	1.0	0.719	0.418	0.582	0.788	0.531	3.153	7.9
0.240	1.1	0.718	0.427	0.595	0.784	0.545	3.062	8.2
0.260	1.2	0.717	0.434	0.606	0.780	0.557	2.985	8.5
0.280	1.4	0.715	0.439	0.615	0.777	0.565	2.919	8.8
0.300	1.5	0.712	0.443	0.622	0.774	0.572	2.860	9.1
0.320	1.7	0.711	0.452	0.635	0.757	0.597	2.826	9.4
0.340	1.8	0.711	0.460	0.647	0.756	0.608	2.787	9.7
0.360	2.0	0.710	0.467	0.658	0.755	0.618	2.753	10.0
0.380	2.1	0.708	0.473	0.667	0.756	0.625	2.729	10.3
0.400	2.3	0.707	0.478	0.676	0.759	0.630	2.710	10.7
0.420	2.4	0.706	0.483	0.683	0.758	0.636	2.689	11.0
0.440	2.6	0.705	0.486	0.690	0.758	0.642	2.670	11.3
0.460	2.7	0.704	0.490	0.696	0.757	0.647	2.655	11.6
0.480	2.9	0.702	0.492	0.701	0.756	0.652	2.641	11.9
0.500	3.0	0.701	0.495	0.707	0.754	0.656	2.628	12.2
0.520	3.2	0.699	0.499	0.713	0.753	0.662	2.614	12.5
0.540	3.4	0.698	0.502	0.719	0.751	0.668	2.602	12.8
0.560	3.5	0.696	0.504	0.724	0.750	0.672	2.592	13.1
0.580	3.7	0.695	0.506	0.729	0.747	0.677	2.582	13.4
0.600	3.9	0.693	0.508	0.733	0.745	0.682	2.572	13.7
0.620	4.1	0.691	0.509	0.737	0.743	0.686	2.564	14.0
0.640	4.2	0.689	0.511	0.741	0.740	0.690	2.556	14.2
0.660	4.4	0.687	0.512	0.744	0.738	0.694	2.549	14.5

based on true waterline length at given draft

NAVIRE DE KYRENIA

HYDROSTATIC PROPERTIES								
Trim: 0.00 deg., No heel, VCG = 0.000								
LCF	Displ	Buoyancy Ctr.		Weight/		Moment/		
draft	Weight	LCB	VCB	cm	LCF	deg Trim	KML	KMT
0.096	0.21	0.999a	-0.027	0.01	0.916a	0.14	38.99	-0.021
0.145	0.26	0.985a	0.005	0.01	1.000a	0.17	36.47	0.015
0.194	0.34	0.957a	0.043	0.02	0.644a	0.20	33.50	0.074
0.243	0.46	0.846a	0.090	0.03	0.474a	0.28	34.93	0.194
0.292	0.65	0.715a	0.141	0.05	0.384a	0.34	30.35	0.428
0.341	0.93	0.593a	0.194	0.07	0.251a	0.51	31.72	0.965
0.390	1.34	0.460a	0.247	0.10	0.093a	0.73	31.10	1.573
0.439	1.90	0.347a	0.296	0.13	0.070a	0.98	29.48	2.024
0.488	2.58	0.272a	0.340	0.15	0.065a	1.24	27.66	2.257
0.537	3.37	0.226a	0.381	0.17	0.107a	1.54	26.13	2.374
0.586	4.26	0.195a	0.419	0.19	0.080a	1.84	24.77	2.405
0.635	5.25	0.169a	0.455	0.21	0.048a	2.19	23.90	2.378
0.684	6.32	0.147a	0.490	0.23	0.029a	2.56	23.21	2.372
0.733	7.48	0.126a	0.525	0.24	0.004a	2.93	22.43	2.368
0.782	8.72	0.106a	0.558	0.26	0.025f	3.26	21.43	2.347
0.831	10.02	0.088a	0.591	0.27	0.040f	3.58	20.44	2.308
0.880	11.39	0.073a	0.623	0.28	0.037f	3.86	19.40	2.276
0.929	12.81	0.060a	0.654	0.30	0.045f	4.12	18.45	2.254
0.978	14.28	0.049a	0.685	0.31	0.047f	4.39	17.62	2.233
1.027	15.80	0.040a	0.716	0.31	0.047f	4.65	16.85	2.213
1.076	17.36	0.032a	0.746	0.32	0.049f	4.86	16.05	2.190
1.125	18.96	0.025a	0.776	0.33	0.052f	5.07	15.33	2.171
1.174	20.59	0.019a	0.806	0.34	0.054f	5.27	14.67	2.151
1.223	22.26	0.013a	0.836	0.34	0.056f	5.47	14.07	2.136
1.272	23.96	0.009a	0.865	0.35	0.051f	5.65	13.51	2.122
1.321	25.69	0.005a	0.895	0.35	0.050f	5.82	12.98	2.108
1.370	27.44	0.001a	0.924	0.36	0.048f	5.99	12.50	2.099
1.419	29.22	0.001f	0.952	0.36	0.043f	6.15	12.05	2.092
1.468	31.01	0.003f	0.981	0.37	0.037f	6.30	11.64	2.084
1.517	32.83	0.005f	1.010	0.37	0.033f	6.45	11.25	2.076
1.566	34.67	0.006f	1.038	0.38	0.031f	6.58	10.88	2.069
1.615	36.52	0.007f	1.066	0.38	0.027f	6.71	10.52	2.063
1.664	38.38	0.008f	1.094	0.38	0.022f	6.83	10.20	2.060
1.713	40.26	0.009f	1.122	0.38	0.018f	6.96	9.90	2.059
1.762	42.15	0.009f	1.150	0.39	0.014f	7.09	9.64	2.061
1.811	44.06	0.009f	1.178	0.39	0.009f	7.22	9.39	2.064
1.860	45.98	0.008f	1.205	0.39	0.003f	7.35	9.15	2.068
1.909	47.91	0.008f	1.233	0.40	0.002a	7.48	8.94	2.074
Distances in Meters. Water Specific Gravity = 1.025. Moment in m-MT.								
draft is from Baseline.								

Hull Form Coefficients (with appendages) Trim: 0.00 deg., No heel								
draft	Volume	Coefficients				WS Area		
m	Cu.m	Cp	Cb	Cms	Cwp	Cv	Cws	Sq.m
0.096	0.2	0.722	0.499	0.692	0.743	0.672	3.622	5.0
0.145	0.3	0.679	0.327	0.482	0.570	0.574	3.833	6.2
0.194	0.3	0.620	0.195	0.315	0.464	0.421	4.105	7.6
0.243	0.5	0.538	0.133	0.246	0.399	0.332	4.224	9.3
0.292	0.6	0.486	0.107	0.220	0.380	0.281	4.297	11.3
0.341	0.9	0.440	0.096	0.217	0.398	0.240	4.464	14.2
0.390	1.3	0.418	0.098	0.235	0.426	0.230	4.490	17.4
0.439	1.8	0.424	0.107	0.253	0.458	0.234	4.405	20.5
0.488	2.5	0.433	0.122	0.282	0.492	0.248	4.255	23.2
0.537	3.3	0.437	0.135	0.310	0.512	0.264	4.113	25.9
0.586	4.2	0.443	0.151	0.340	0.533	0.283	3.945	28.2
0.635	5.1	0.455	0.165	0.363	0.553	0.299	3.801	30.4
0.684	6.2	0.467	0.178	0.382	0.571	0.312	3.690	32.7
0.733	7.3	0.473	0.190	0.402	0.582	0.326	3.592	34.8
0.782	8.5	0.477	0.202	0.424	0.593	0.341	3.493	36.9
0.831	9.8	0.489	0.216	0.442	0.607	0.356	3.416	38.7
0.880	11.1	0.500	0.229	0.457	0.618	0.371	3.348	40.5
0.929	12.5	0.510	0.241	0.471	0.627	0.384	3.288	42.2
0.978	13.9	0.520	0.252	0.484	0.635	0.396	3.234	43.9
1.027	15.4	0.528	0.261	0.495	0.641	0.408	3.185	45.5
1.076	16.9	0.536	0.271	0.506	0.645	0.421	3.138	47.1
1.125	18.5	0.543	0.281	0.518	0.650	0.432	3.096	48.6
1.174	20.1	0.549	0.291	0.529	0.655	0.444	3.058	50.1
1.223	21.7	0.555	0.299	0.539	0.659	0.454	3.024	51.6
1.272	23.4	0.560	0.307	0.548	0.662	0.464	2.993	53.0
1.321	25.1	0.565	0.315	0.557	0.663	0.474	2.965	54.4
1.370	26.8	0.570	0.321	0.564	0.664	0.484	2.940	55.8
1.419	28.5	0.574	0.328	0.571	0.664	0.493	2.918	57.2
1.468	30.3	0.577	0.334	0.579	0.665	0.502	2.897	58.6
1.517	32.0	0.580	0.341	0.588	0.667	0.511	2.879	60.0
1.566	33.8	0.583	0.348	0.596	0.668	0.521	2.863	61.4
1.615	35.6	0.586	0.354	0.604	0.669	0.530	2.848	62.7
1.664	37.4	0.588	0.360	0.612	0.669	0.538	2.835	64.1
1.713	39.3	0.590	0.365	0.619	0.669	0.546	2.824	65.4
1.762	41.1	0.592	0.370	0.626	0.670	0.553	2.814	66.8
1.811	43.0	0.594	0.375	0.632	0.669	0.560	2.805	68.2
1.860	44.9	0.595	0.380	0.638	0.669	0.567	2.798	69.5
1.909	46.7	0.596	0.384	0.644	0.669	0.574	2.791	70.9

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length at given draft

EPAVE n°9 DE LA PLACE JULES VERNE

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS

Length Overall: 8.000 m LWL:6.022 m Beam:1.598 m BWL:1.090 m

Volume: 0.459 Cu.m Displacement: 0.470 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.714 Block: 0.351 Midship: 0.491 Waterplane: 0.775

RATIOS

Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 60.003 Beam/Depth: 8.028

MT/ cm Immersion: 0.052

AREAS

Waterplane: 5.086 Sq.m Wetted Surface: 6.258 Sq.m

Under Water Lateral Plane: 1.118 Sq.m Above Water Lateral Plane: 4.600 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.074

Flotation: LCF = 4.000 Fwd

Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.093 below waterline.

Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.364 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 06.022 m

Baseline draft: 0.129 No Trim No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS

Length Overall: 8.000 m LWL:6.491 m Beam:1.598 m BWL:1.341 m

Volume: 1.249 Cu.m Displacement: 1.280 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.716 Block: 0.434 Midship: 0.606 Waterplane: 0.780

RATIOS

Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 130.384 Beam/Depth: 4.838

MT/ cm Immersion: 0.070

AREAS

Waterplane: 6.788 Sq.m Wetted Surface: 8.520 Sq.m

Under Water Lateral Plane: 1.923 Sq.m Above Water Lateral Plane: 3.795 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.153

Flotation: LCF = 4.000 Fwd

Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.158 below waterline.

Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.295 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 06.491 m

Baseline draft: 0.260 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS

Length Overall: 8.000 m LWL:6.847 m Beam:1.598 m BWL:1.469 m
Volume: 2.263 Cu.m Displacement: 2.320 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.707 Block: 0.478 Midship: 0.676 Waterplane: 0.759

RATIOS

Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 201.410 Beam/Depth: 3.396
MT/ cm Immersion: 0.078

AREAS

Waterplane: 7.632 Sq.m Wetted Surface: 10.745 Sq.m
Under Water Lateral Plane: 2.873 Sq.m Above Water Lateral Plane: 2.845 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.235

Flotation: LCF = 4.000 Fwd

Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.219 below waterline.

Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.227 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 06.847 m

Baseline draft: 0.401 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS

Length Overall: 8.000 m LWL:7.116 m Beam:1.598 m BWL:1.542 m
Volume: 3.288 Cu.m Displacement: 3.370 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.699 Block: 0.500 Midship: 0.716 Waterplane: 0.752

RATIOS

Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 260.665 Beam/Depth: 2.668
MT/ cm Immersion: 0.085

AREAS

Waterplane: 8.255 Sq.m Wetted Surface: 12.670 Sq.m
Under Water Lateral Plane: 3.778 Sq.m Above Water Lateral Plane: 1.940 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.308

Flotation: LCF = 4.000 Fwd

Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.279 below waterline.

Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.171 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 07.116 m

Baseline draft: 0.529 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS
 Length Overall: 8.000 m LWL:7.389 m Beam:1.598 m BWL:1.595 m
 Volume: 4.400 Cu.m Displacement: 4.510 MT

COEFFICIENTS
 Prismatic: 0.687 Block: 0.512 Midship: 0.744 Waterplane: 0.738

RATIOS
 Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 311.533 Beam/Depth: 2.190
 MT/ cm Immersion: 0.089

AREAS
 Waterplane: 8.692 Sq.m Wetted Surface: 14.558 Sq.m
 Under Water Lateral Plane: 4.697 Sq.m Above Water Lateral Plane: 1.021 Sq.m

CENTROIDS (Meters)
 Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.381
 Flotation: LCF = 4.000 Fwd
 Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.343 below waterline.
 Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.134 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 07.389 m
 Baseline draft: 0.660 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

nota : Pour la signification des données voir le [§ IV.1](#).

NAVIRE DE KYRENIA

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS

Length Overall: 13.859 m LWL:11.447 m Beam:4.197 m BWL:1.955 m
 Volume: 1.310 Cu.m Displacement: 1.343 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.428 Block: 0.098 Midship: 0.229 Waterplane: 0.430

RATIOS

Length/Beam: 3.302 Displacement/length: 24.955 Beam/Depth: 7.115
 MT/ cm Immersion: 0.099

AREAS

Waterplane: 9.629 Sq.m Wetted Surface: 17.481 Sq.m
 Under Water Lateral Plane: 5.154 Sq.m Above Water Lateral Plane: 25.540 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 0.460 Aft TCB =0.000 Stbd VCB = 0.247
 Flotation: LCF = 0.093 Aft

Under Water LP: 0.869 Aft of Origin, 0.246 below waterline.

Above Water LP: 0.611 Aft of Origin, 1.029 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 11.447 m

Baseline draft: 0.390 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS

Length Overall: 13.859 m LWL:13.086 m Beam:4.197 m BWL:3.256 m
 Volume: 8.462 Cu.m Displacement: 8.674 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.480 Block: 0.202 Midship: 0.421 Waterplane: 0.594

RATIOS

Length/Beam: 3.302 Displacement/length: 107.883 Beam/Depth: 4.282
 MT/ cm Immersion: 0.259

AREAS

Waterplane: 25.297 Sq.m Wetted Surface: 36.842 Sq.m
 Under Water Lateral Plane: 9.923 Sq.m Above Water Lateral Plane: 20.771 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 0.106 Aft TCB =0.000 Stbd VCB = 0.557
 Flotation: LCF = 0.025 Fwd

Under Water LP: 0.612 Aft of Origin, 0.421 below waterline.

Above Water LP: 0.675 Aft of Origin, 0.828 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 13.086 m

Baseline draft: 0.780 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS
Length Overall: 13.859 m LWL:13.351 m Beam:4.197 m BWL:3.757 m
Volume: 19.951 Cu.m Displacement: 20.450 MT

COEFFICIENTS
Prismatic: 0.549 Block: 0.290 Midship: 0.528 Waterplane: 0.655

RATIOS
Length/Beam: 3.302 Displacement/length: 239.477 Beam/Depth: 3.064
MT/ cm Immersion: 0.336

AREAS
Waterplane: 32.829 Sq.m Wetted Surface: 49.966 Sq.m
Under Water Lateral Plane: 15.150 Sq.m Above Water Lateral Plane: 15.544 Sq.m

CENTROIDS (Meters)
Buoyancy: LCB = 0.020 Aft TCB =0.000 Stbd VCB = 0.804
Flotation: LCF = 0.054 Fwd
Under Water LP: 0.449 Aft of Origin, 0.597 below waterline.
Above Water LP: 0.855 Aft of Origin, 0.648 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 13.351 m
Baseline draft: 1.170 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages) :

DIMENSIONS
Length Overall: 13.859 m LWL:13.583 m Beam:4.197 m BWL:4.040 m
Volume: 33.604 Cu.m Displacement: 34.445 MT

COEFFICIENTS
Prismatic: 0.582 Block: 0.347 Midship: 0.597 Waterplane: 0.668

RATIOS
Length/Beam: 3.302 Displacement/length: 383.047 Beam/Depth: 2.385
MT/ cm Immersion: 0.376

AREAS
Waterplane: 36.641 Sq.m Wetted Surface: 61.133 Sq.m
Under Water Lateral Plane: 20.423 Sq.m Above Water Lateral Plane: 10.271 Sq.m

CENTROIDS (Meters)
Buoyancy: LCB = 0.006 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 1.035
Flotation: LCF = 0.032 Fwd
Under Water LP: 0.378 Aft of Origin, 0.783 below waterline.
Above Water LP: 1.204 Aft of Origin, 0.485 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 13.583 m
Baseline draft: 1.560 at Origin Trim: 0.00 deg. No heel

HULL DATA (with appendages)

DIMENSIONS

Length Overall: 13.859 m LWL:13.803 m Beam:4.197 m BWL:4.188 m
Volume: 47.564 Cu.m Displacement: 48.754 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.597 Block: 0.386 Midship: 0.646 Waterplane: 0.669

RATIOS

Length/Beam: 3.302 Displacement/length: 516.656 Beam/Depth: 1.970
MT/ cm Immersion: 0.396

AREAS

Waterplane: 38.658 Sq.m Wetted Surface: 71.250 Sq.m
Under Water Lateral Plane: 25.423 Sq.m Above Water Lateral Plane: 5.271 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 0.007 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 1.245
Flotation: LCF = 0.006 Aft

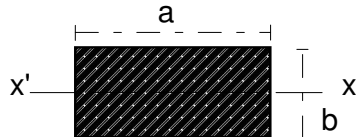
Under Water LP: 0.338 Aft of Origin, 0.963 below waterline.
Above Water LP: 2.182 Aft of Origin, 0.396 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 13.803 m
Baseline draft: 1.930 No Trim No heel

nota : Pour la signification des données voir le [§ IV.1](#).

FORMULAIRE DE GEOMETRIE APPLICABLE A L'ARCHITECTURE NAVALE

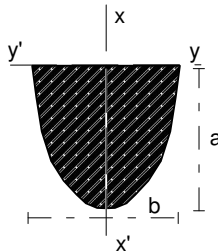
RECTANGLE :



moment d'inertie $I_{x'x}$ par rapport à l'axe $x'x$:

$$I_{x'x} = \frac{1}{12} a.b^3$$

PARABOLE :

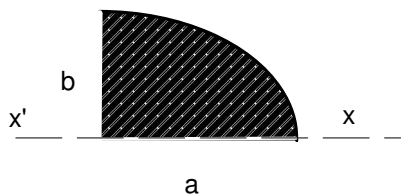


surface $S = \frac{2}{3} a.b$

longueur arc $C = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + 16a^2} + \frac{b^2}{8a} \ln \left(\frac{4a + \sqrt{b^2 + 16a^2}}{b} \right)$

moment d'inertie $I_{y'y} = \frac{16}{105} a^3.b$

QUART D'ELLIPSE :

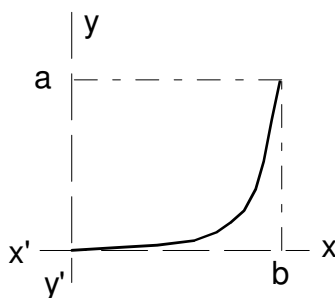


surface $S = \frac{1}{4} \pi.a.b$

longueur de l'arc $C \cong \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}}$

moment d'inertie $I_{x'x} = \frac{\pi}{128} a.b^3$

COURBE ALGEBRIQUE :



équation $y = a \left(\frac{x}{b} \right)^n$

surface sous la courbe $S = \frac{a.b}{n+1}$

longueur de l'arc

$$C \cong \frac{b}{12} \left(f(0) + 4.f\left(\frac{b}{4}\right) + 2.f\left(\frac{b}{2}\right) + 4.f\left(3\frac{b}{4}\right) + f(b) \right)$$

$$\text{avec } f(x) = \sqrt{1 + \left[\frac{n.a}{b} \left(\frac{x}{b} \right)^{n-1} \right]^2}$$

APPLICATION AU MAÎTRE COUPLE :

S'il est défini par la largeur B du navire et le tirant d'eau T ou le creux H alors selon la courbe assimilée sa surface est :

$$A_M = \frac{2}{3} T.B \quad \text{selon la parabole}$$

$$A_M = \frac{\pi}{4} T.B \quad \text{selon l'ellipse}$$

$$A_M = \frac{n}{n+1} T.B \quad \text{selon la courbe algébrique de degré n}$$

et le périmètre :

$$p = \frac{1}{2} \sqrt{B^2 + 16H^2} + \frac{B^2}{8H} \cdot \ln \left(\frac{4H + \sqrt{B^2 + 16H^2}}{B} \right) \quad (\text{parabole})$$

$$p \cong \pi \sqrt{\frac{H^2}{2} + \frac{B^2}{8}} \quad (\text{ellipse})$$

$$p \cong \frac{B}{12} \left(f(0) + 4.f\left(\frac{B}{8}\right) + 2.f\left(\frac{B}{4}\right) + 4.f\left(3\frac{B}{8}\right) + f\left(\frac{B}{2}\right) \right) \quad (\text{courbe degré n})$$

$$\text{avec } f(x) = \sqrt{1 + \left[\frac{n.H.2^n}{B} \left(\frac{x}{B}\right)^{n-1} \right]^2}$$

APPLICATION A UNE LIGNE D'EAU :

Par rapport à sa plus grande largeur B chaque partie, avant ou arrière, peut être approchée par une ellipse ou une parabole (dans ce cas $a \cong B/2$ et $b \cong l$) de longueur l. Sa surface partielle est alors :

$$S = \frac{2}{3} l.B \quad (\text{parabole})$$

$$S = \frac{\pi}{2} l.B \quad (\text{ellipse})$$

et le moment partiel d'inertie par rapport à l'axe longitudinal :

$$I = \frac{4}{105} l.B^3 \quad (\text{parabole})$$

$$I = \frac{\pi}{64} l.B^3 \quad (\text{ellipse})$$

il suffit ensuite de sommer le résultat de chacune des parties.

CALE DU NAVIRE DE KYRENIA

TANK CAPACITIES No Trim, No heel							
CALE Contents: VIDE at SpGr = 1.000							
Level		Volume	Weight	Center of Gravity			FSM
m	Load	Cu.m	MT	LCG	TCG	VCG	m-MT
	0%	0	0				
0.52	5%	2.074	2.07	0.095a	0	0.448	5.97
0.64	10%	4.145	4.14	0.075a	0	0.515	9.84
0.81	20%	8.288	8.29	0.035a	0	0.622	16.12
0.96	30%	12.434	12.43	0.006a	0	0.711	20.84
1.1	40%	16.579	16.58	0.008f	0	0.791	24.74
1.23	50%	20.723	20.72	0.016f	0	0.866	27.99
1.35	60%	24.866	24.87	0.020f	0	0.936	30.73
1.46	70%	29.01	29.01	0.021f	0	1.003	33.15
1.58	80%	33.156	33.16	0.020f	0	1.068	34.86
1.69	90%	37.302	37.3	0.019f	0	1.131	36.32
1.75	95%	39.374	39.37	0.018f	0	1.162	37.04
1.78	98%	40.618	40.62	0.018f	0	1.18	37.47
	100%	41.447	41.45	0.018f	0	1.193	
Ref. Pt: 0.000 ,0.000 ,0.000							

La table donne en fonction de la fraction du volume total de la cale :

- la cote Z de la face supérieure de la partie remplie (Level)
- le volume rempli
- le poids chargé, en t, correspondant au poids spécifique de la cargaison (SpGr)
- les coordonnées de centre de gravité de la partie remplie
- le produit du poids spécifique par le moment d'inertie longitudinal de la face supérieure (FSM)

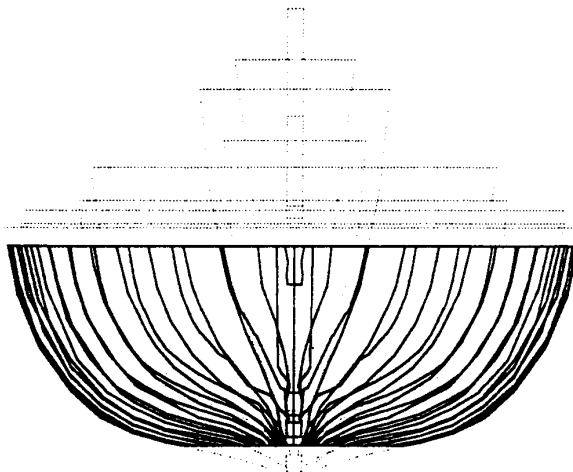
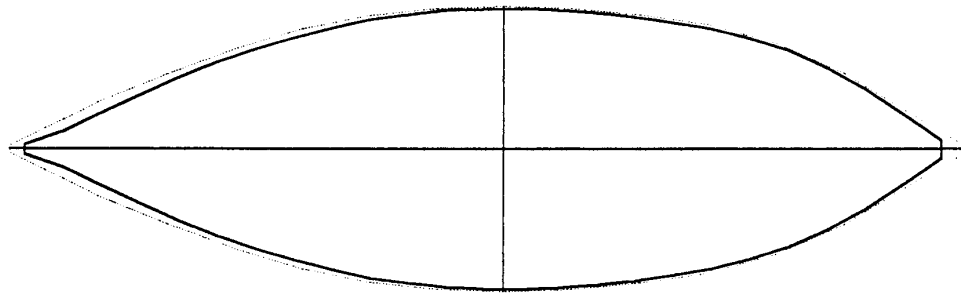
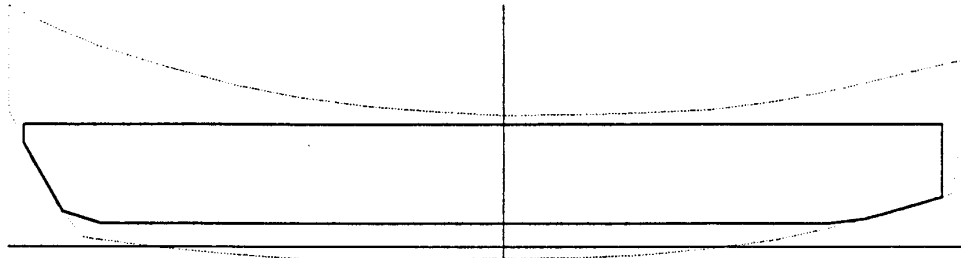
CALE

Type: Container

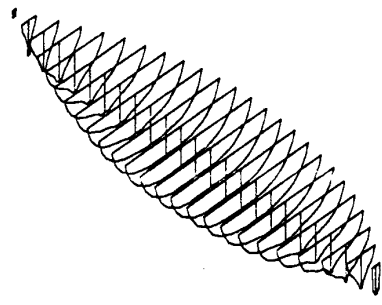
Fluid: VIDE @ Specific Gravity = 1

Component Effect
capacité 1

Longitudinal Location in Meters
6.337f to 6.969a



Scale 1:50



Scale 1:100

Model:d:\allard\kyrenia.gf1

VOLUMES DE LA STRUCTURE DE JV9

QUILLE		Cont: CHÈNE VERT		Spgr: 1.100	
QUILLE	Eff/Perm : 1.000	Vol: 67.641	Ctr: 40.001f	0.000	1.621
MEMBRURES		Cont: PIN D'ALEP		Spgr: 0.650	
MEMBRURE Y AV	Eff/Perm : 1.000	Vol: 1.599	Ctr: 77.200f	0.000	8.806
MEMBRURE X AV	Eff/Perm : 1.000	Vol: 4.129	Ctr: 73.200f	0.000	6.059
MEMBRURE 1 AV	Eff/Perm : 1.000	Vol: 4.885	Ctr: 68.160f	0.000	3.913
MEMBRURE 2 AV	Eff/Perm : 1.000	Vol: 5.417	Ctr: 61.678f	0.000	2.858
MEMBRURE 3 AV	Eff/Perm : 1.000	Vol: 8.434	Ctr: 52.720f	0.000	2.567
MEMBRURE 4 AV	Eff/Perm : 1.000	Vol: 8.031	Ctr: 42.801f	0.000	2.110
MEMBRURE 4 AR	Eff/Perm : 1.000	Vol: 8.084	Ctr: 37.200f	0.000	2.144
MEMBRURE 3 AR	Eff/Perm : 1.000	Vol: 8.379	Ctr: 27.280f	0.000	2.591
MEMBRURE 2 AR	Eff/Perm : 1.000	Vol: 5.390	Ctr: 18.322f	0.000	2.990
MEMBRURE 1 AR	Eff/Perm : 1.000	Vol: 5.022	Ctr: 11.841f	0.000	4.275
MEMBRURE X AR	Eff/Perm : 1.000	Vol: 4.121	Ctr: 6.802f	0.000	6.642
MEMBRURE Y AR	Eff/Perm : 1.000	Vol: 1.536	Ctr: 2.800f	0.000	9.545
Total:		Vol: 65.027	Ctr: 39.999f	0.000	3.551
BORDE		Cont: PIN D'ALEP		Spgr: 0.650	
VIRURES Bd	Eff/Perm : 1.000	Vol: 77.731	Ctr: 40.000f	4.042p	3.022
VIRURES Td	Eff/Perm : 1.000	Vol: 77.731	Ctr: 40.000f	4.042s	3.022
Total:		Vol: 155.462	Ctr: 40.000f	0.000	3.022

PRESENTATION DE LA METHODE SIMPLIFIEE DE DEVIS DE POIDS DE LA COQUE D'UN NAVIRE EN BOIS

Description de la coque : Kyrénia

hauteur $H := 1.95 \cdot m$	longueur $L := 13.86 \cdot m$	aire du maître couple $A_m := 5.22 \cdot m^2$
bau maximal $B := 4.2 \cdot m$		aire de la flottaison $A_w := 38.66 \cdot m^2$

Coque extérieure (rapportée au bord supérieur) :

$$V_c := 0.99 \cdot \frac{A_w \cdot A_m}{B} \quad V_c = 47.57 \cdot m^3 \quad Z_c := \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{H}{2} + \frac{V_c}{A_w} \right) \quad Z_c = 0.74 \cdot m$$

Bordé déduit par affinités (rapporté au bord supérieur) :

épaisseur du bordé $eb := 3.7 \cdot cm$	poids spécifique du bordé $\varpi_b := 580 \cdot \frac{kg}{m^3}$	
$x := \frac{L - 2 \cdot eb}{L} \quad x = 0.995$	$y := \frac{B - 2 \cdot eb}{B} \quad y = 0.982$	$z := \frac{H - 1 \cdot eb}{H} \quad z = 0.981$
$H_b := z \cdot H$	$B_b := y \cdot B$	$L_b := x \cdot L$
	$A_{wb} := x \cdot y \cdot A_w$	$A_{mb} := y \cdot z \cdot A_m$
$V_{ib} := 0.99 \cdot \frac{A_{wb} \cdot A_{mb}}{B_b} \quad V_{ib} = 45.6 \cdot m^3$	$Z_{ib} := \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{H_b}{2} + \frac{V_{ib}}{A_{wb}} \right) \quad Z_{ib} = 0.72 \cdot m$	
volume : $V_b := V_c - V_{ib} \quad V_b = 1.97 \cdot m^3$	poids : $P_b := V_b \cdot \varpi_b \quad P_b = 1142 \cdot kg$	
centre : $Z_b := \frac{Z_c \cdot V_c - Z_{ib} \cdot V_{ib}}{V_b} \quad Z_b = 1.06 \cdot m$		

Couche équivalente aux demi-couples :

espacement $d := 50 \cdot cm$	hauteur $h := 9 \cdot cm$	largeur $l := 9 \cdot cm$
poids spécifique (pin+clous en cuivre) $\varpi_{dc} := 650 \cdot \frac{kg}{m^3}$		
épaisseur :	$edc := \frac{h \cdot l}{d}$	$edc = 1.6 \cdot cm$

Demi-couples déduits par affinités (rapportés au bord supérieur) :

$$x := \frac{Lb - 2 \cdot edc}{Lb} \quad x = 0.998 \quad y := \frac{Bb - 2 \cdot edc}{Bb} \quad y = 0.992 \quad z := \frac{Hb - 1 \cdot edc}{Hb} \quad z = 0.992$$

$$Hdc := z \cdot Hb \quad Bdc := y \cdot Bb \quad Awdc := x \cdot y \cdot Awb \quad Amdc := y \cdot z \cdot Amb$$

$$Vidc := 0.99 \cdot \frac{Awdc \cdot Amdc}{Bdc} \quad Vidc = 44.75 \text{ m}^3 \quad Z := \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{Hdc}{2} + \frac{Vidc}{Awdc} \right) \quad Z = 0.72 \text{ m}$$

$$\text{volume : } Vdc := Vib - Vidc \quad Vdc = 0.847 \text{ m}^3 \quad \text{poids : } Pdc := Vdc \cdot \rho_{dc} \quad Pdc = 550 \text{ kg}$$

$$\text{centre : } Zdc := \frac{Zib \cdot Vib - Z \cdot Vidc}{Vdc} \quad Zdc = 1.04 \text{ m}$$

Devis partiel du poids de coque :

$$\text{poids : } P := Pb + Pdc \quad P = 1693 \text{ kg}$$

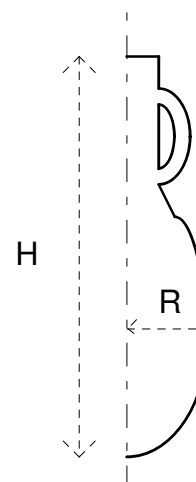
$$\text{centre : } Zg := \frac{Pb \cdot Zb + Pdc \cdot Zdc}{P} \quad Zg = 1.05 \text{ m} \quad (\text{rapporté au bord supérieur})$$

ETUDE D'UN CHARGEMENT D'AMPHORES IDENTIQUES

R intègre l'éventuel espace de calage ou bourrage laissé entre les amphores

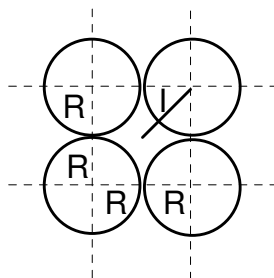
Soit une amphore
ayant les caractéristiques
suivantes :

hauteur H
diamètre maximal R
poids P



J'envisage ici un rangement plan infini selon deux dispositions : en carré ou en quinconce, et je calcule dans un premier temps la densité spécifique moyenne du chargement puis le décalage de la couche superposable par emboîtement tangent.

Rangement en carré :



la surface du carré est : $S = (2.R)^2 = 4.R^2$

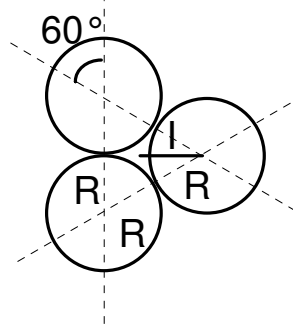
le volume du prisme de hauteur H et parallèle aux amphores est : $V_p = S.H = 4.R^2.H$

il contient 4 quarts d'amphore soit le poids : $4 \cdot \frac{P}{4} = P$

sa densité spécifique moyenne est donc : $d_c = \frac{P}{V_p} = \frac{P}{4.R^2.H}$

la couche suivante est décalée radialement de : $I = R.\sqrt{2}$

Rangement en quinconce :



la surface du triangle équilatéral est :

$$S = \frac{1}{2} \times 2 \cdot R \cdot \sin 60^\circ \times 2 \cdot R = \frac{1}{2} \times 2 \cdot R \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \times 2 \cdot R = \sqrt{3} \cdot R^2$$

le volume du prisme de hauteur H et parallèle aux amphore est : $V_p = S \cdot H = \sqrt{3} \cdot R^2 \cdot H$

il contient 3 sixièmes d'amphore soit le poids : $3 \cdot \frac{P}{6} = \frac{P}{2}$

$$d_q = \frac{\frac{P}{2}}{V_p} = \frac{P}{2\sqrt{3} \cdot R^2 \cdot H}$$

sa densité spécifique moyenne est donc :

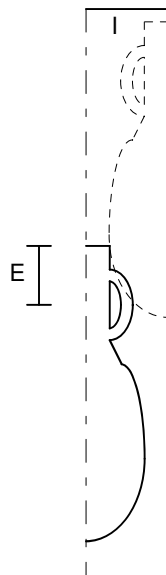
la couche suivante est décalée radialement de :

$$I = \frac{2}{3} \times 2 \cdot R \cdot \sin 60^\circ = \frac{2}{3} \times 2 \cdot R \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{2}{\sqrt{3}} R$$

Exemple :

amphore Dressel 2/4 :	H = 0,92 m	R = 0,16 m	P = 17 kg + 26 l \cong 43 kg
en carré :	$d_c = 456 \text{ kg/m}^3 = 0,456 \text{ t/m}^3$	$I_c = 0,226 \text{ m}$	
en quinconce :	$d_q = 527 \text{ kg/m}^3 = 0,527 \text{ t/m}^3$	$I_c = 0,185 \text{ m}$	

une fois ces cotes connues on peut trouver graphiquement, pour une forme particulière, l'emboîtement verticale E des couches :



CHARGEMENT DE L'ÉPAVE JULES VERNE n°9

Table de lestage des fonds :

TANK CAPACITIES No Trim, No heel							
FONDS Contents: PIERRE CALCAIRE at SpGr = 1.990							
Level		Volume	Weight	Center of Gravity			FSM
m	Load	Cu.m	MT	LCG	TCG	VCG	m-MT
	0%	0	0				
0.03	5%	0.041	0.08	4.027f	0	0.017	0.1
0.04	10%	0.082	0.16	4.033f	0	0.026	0.2
0.07	20%	0.165	0.33	4.031f	0	0.042	0.3
0.09	30%	0.247	0.49	4.028f	0	0.054	0.5
0.11	40%	0.329	0.66	4.022f	0	0.065	0.6
0.13	50%	0.412	0.82	4.019f	0	0.076	0.7
0.14	60%	0.494	0.98	4.016f	0	0.086	0.8
0.16	70%	0.577	1.15	4.014f	0	0.095	0.9
0.17	80%	0.659	1.31	4.012f	0	0.103	1.0
0.19	90%	0.742	1.48	4.011f	0	0.112	1.1
0.19	95%	0.783	1.56	4.010f	0	0.116	1.1
0.20	98%	0.808	1.61	4.010f	0	0.119	1.2
	100%	0.824	1.64	4.010f	0	0.120	
Ref. Pt: 0.000 ,0.000 ,0.000							

Voir l'[annexe 6](#) pour la signification des données.

Devis progressif du chargement complet :

niveau en m	frac. remplie	NAVIRE LEGE		LEST		6 HOMMES		NAVIRE CHARGE	
		Po en t	ZGo en m	PL en t	ZGL en m	6.Ph en t	ZGh en m	P en t	ZG en m
0,03	5%	0,218	0,26	0,08	0,017	0,42	1,05	0,718	0,695
0,04	10%	0,218	0,26	0,16	0,026	0,42	1,05	0,798	0,629
0,07	20%	0,218	0,26	0,33	0,042	0,42	1,05	0,968	0,528
0,09	30%	0,218	0,26	0,49	0,054	0,42	1,05	1,128	0,465
0,11	40%	0,218	0,26	0,66	0,065	0,42	1,05	1,298	0,416
0,13	50%	0,218	0,26	0,82	0,076	0,42	1,05	1,458	0,384
0,14	60%	0,218	0,26	0,98	0,086	0,42	1,05	1,618	0,360
0,16	70%	0,218	0,26	1,15	0,095	0,42	1,05	1,788	0,339
0,17	80%	0,218	0,26	1,31	0,103	0,42	1,05	1,948	0,325
0,19	90%	0,218	0,26	1,48	0,112	0,42	1,05	2,118	0,313
0,19	95%	0,218	0,26	1,56	0,116	0,42	1,05	2,198	0,309
0,20	98%	0,218	0,26	1,61	0,119	0,42	1,05	2,248	0,307
	100%	0,218	0,26	1,64	0,120	0,42	1,05	2,278	0,305

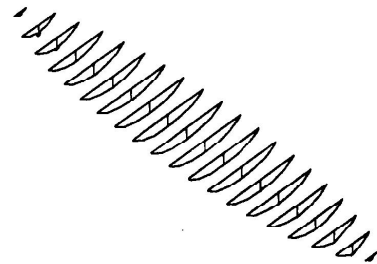
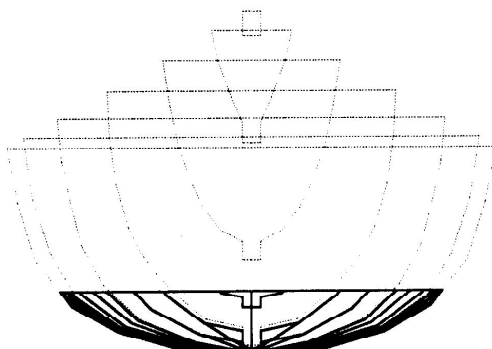
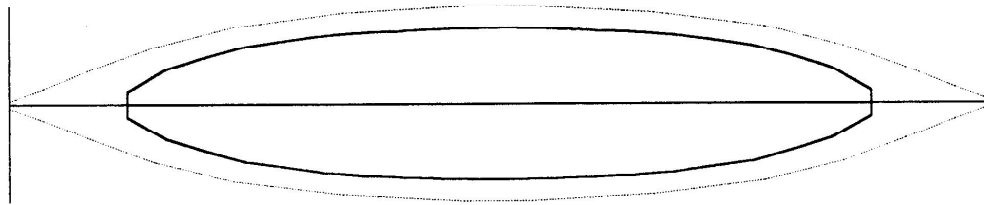
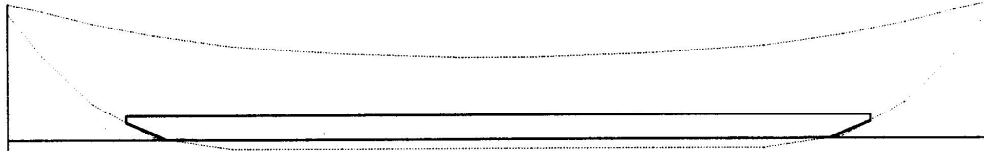
Distance métacentrique après lestage :

LEST		NAVIRE CHARGE				DISTANCE	
frac.	PL	ZGL	P	ZG	T	ZMT	GMT
	en t	en m	en t	en m	en m	en m	en m
0%	0	0,000	0,638	0,780	0,160	0,860	0,08
5%	0,08	0,017	0,718	0,695	0,173	0,847	0,15
10%	0,16	0,026	0,798	0,629	0,187	0,831	0,20
20%	0,33	0,042	0,968	0,528	0,214	0,797	0,27
30%	0,49	0,054	1,128	0,465	0,238	0,770	0,31
40%	0,66	0,065	1,298	0,416	0,263	0,752	0,34
50%	0,82	0,076	1,458	0,384	0,285	0,742	0,36
60%	0,98	0,086	1,618	0,360	0,308	0,732	0,37
70%	1,15	0,095	1,788	0,339	0,330	0,716	0,38
80%	1,31	0,103	1,948	0,325	0,352	0,704	0,38
90%	1,48	0,112	2,118	0,313	0,374	0,694	0,38
95%	1,56	0,116	2,198	0,309	0,385	0,689	0,38
98%	1,61	0,119	2,248	0,307	0,392	0,687	0,38
100%	1,64	0,120	2,278	0,305	0,396	0,680	0,38

Plans :

LEST

Type: Container
Fluid: LEST @ Specific Gravity = 1.99
Component Effect Longitudinal Location in Meters
FONDS 1 7.040f to 0.960f



Scale 1:20 Scale 1:50
04-21-1997 18:06:20 Model:d:\allard\yv_9_1.gf

STABILITE DE L'EPAVE JV9 APRES CHARGEMENT

Devis de poids :

WEIGHT and DISPL. STATUS

	Weight(MT)	LCG	TCG	VCG
Baseline draft: 0.160 heel: zero				
LIGHT SHIP	0.22	4.000f	0.000	0.260
HOMMES AV	0.14	2.500f	0.000	1.050
HOMMES MIL	0.14	4.000f	0.000	1.050
HOMMES AR	0.14	5.500f	0.000	1.050
Total Weight	0.64	4.000f	0.000	0.778

Distances in Meters.

Caractéristiques hydrostatiques :

HULL DATA (with appendages)
 DIMENSIONS
 Length Overall: 8.000 m LWL:6.133 m Beam:1.598 m BWL:1.182 m
 Volume: 0.624 Cu.m Displacement: 0.640 MT
 COEFFICIENTS
 Prismatic: 0.716 Block: 0.374 Midship: 0.522 Waterplane: 0.773
 RATIOS
 Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 77.330 Beam/Depth: 6.944
 MT/ cm Immersion: 0.057
 AREAS
 Waterplane: 5.603 Sq.m Wetted Surface: 6.888 Sq.m
 Under Water Lateral Plane: 1.308 Sq.m Above Water Lateral Plane: 4.409 Sq.m
 CENTROIDS (Meters)
 Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.093
 Flotation: LCF = 4.000 Fwd
 Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.109 below waterline.
 Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.348 above waterline.
 NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 06.133 m
 Baseline draft: 0.160 No Trim No heel

Table des bras de levier pour le chargement précédent :

RIGHTING ARMS vs. heel angle
 Angles in Degrees Water Specific Gravity: 1.025 Distances in Meters
 LCG = 4.000f TCG = 0.000 Fixed VCG = 0.778

angle of heel	Angle of Trim	Origin Depth	Disp. Weight(MT)	Righting Arms in heel
0.00	0.00	0.160	0.64	0.000
5.00s	0.00	0.158	0.64	0.006s
10.00s	0.00	0.149	0.64	0.010s
12.23s	0.00	0.144	0.64	0.010s
15.00s	0.00	0.136	0.64	0.009s
20.00s	0.00	0.116	0.64	0.004s
25.00s	0.00	0.092	0.64	-0.005s
30.00s	0.00	0.063	0.64	-0.017s
35.00s	0.00	0.030	0.64	-0.029s
40.00s	0.00	-0.008	0.64	-0.039s
45.00s	0.00	-0.046	0.64	-0.041s
50.00s	0.00	-0.089	0.64	-0.058s
55.00s	0.00	-0.134	0.64	-0.081s
60.00s	0.00	-0.179	0.64	-0.111s

Distance métacentrique après lestage :

LEST		NAVIRE CHARGE				DISTANCE	
frac.	PL	ZGL	P	ZG	T	ZMT	GMT
	en t	en m	en t	en m	en m	en m	en m
0%	0	0,000	0,638	0,780	0,160	0,860	0,08
5%	0,08	0,017	0,718	0,695	0,173	0,847	0,15
10%	0,16	0,026	0,798	0,629	0,187	0,831	0,20
20%	0,33	0,042	0,968	0,528	0,214	0,797	0,27
30%	0,49	0,054	1,128	0,465	0,238	0,770	0,31
40%	0,66	0,065	1,298	0,416	0,263	0,752	0,34
50%	0,82	0,076	1,458	0,384	0,285	0,742	0,36
60%	0,98	0,086	1,618	0,360	0,308	0,732	0,37
70%	1,15	0,095	1,788	0,339	0,330	0,716	0,38
80%	1,31	0,103	1,948	0,325	0,352	0,704	0,38
90%	1,48	0,112	2,118	0,313	0,374	0,694	0,38
95%	1,56	0,116	2,198	0,309	0,385	0,689	0,38
98%	1,61	0,119	2,248	0,307	0,392	0,687	0,38
100%	1,64	0,120	2,278	0,305	0,396	0,680	0,38

Devis de poids après lestage :

WEIGHT and DISPL. STATUS

		Baseline draft: 0.263		heel: zero			
	Weight(MT)	LCG	TCG	VCG			
LIGHT SHIP	0.22	4.000f	0.000	0.260			
HOMMES AV	0.14	2.500f	0.000	1.050			
HOMMES MIL	0.14	4.000f	0.000	1.050			
HOMMES AR	0.14	5.500f	0.000	1.050			
LEST	0.66	4.000f	0.000	0.065			
Total Weight	1.30	4.000f	0.000	0.416			
		SpGr	Displ(MT)	LCB	TCB	VCB	Eff/Prm
COQUE		1.025	1.30	4.000f	0.000	0.155	1.000

Table des bras de levier de redressement pour ce chargement :

RIGHTING ARMS vs. heel angle

Angles in Degrees		Water Specific Gravity: 1.025		Distances in Meters	
LCG = 4.000f		TCG = 0.000		Fixed VCG = 0.416	
angle of heel	Angle of Trim	Origin Depth	Disp. Weight(MT)	Righting Arms in heel	
0.00	0.00	0.263	1.30	0.000	
5.00s	0.00	0.261	1.30	0.029s	
10.00s	0.00	0.254	1.30	0.058s	
15.00s	0.00	0.242	1.30	0.084s	
20.00s	0.00	0.225	1.30	0.109s	
25.00s	0.00	0.203	1.30	0.131s	
30.00s	0.00	0.176	1.30	0.151s	
35.00s	0.00	0.145	1.30	0.168s	
40.00s	0.00	0.111	1.30	0.177s	
43.72s	0.00	0.085	1.30	0.178s	
45.00s	0.00	0.075	1.30	0.178s	
50.00s	0.00	0.038	1.30	0.175s	
55.00s	0.00	0.002	1.30	0.168s	
60.00s	0.00	-0.034	1.30	0.160s	

Caractéristiques hydrostatiques après lestage :

HULL DATA (with appendages)
DIMENSIONS
Length Overall: 8.000 m LWL:6.502 m Beam:1.598 m BWL:1.345 m
Volume: 1.268 Cu.m Displacement: 1.300 MT
COEFFICIENTS
Prismatic: 0.716 Block: 0.435 Midship: 0.608 Waterplane: 0.780
RATIOS
Length/Beam: 5.005 Displacement/length: 131.814 Beam/Depth: 4.796
MT/ cm Immersion: 0.070
AREAS
Waterplane: 6.818 Sq.m Wetted Surface: 8.564 Sq.m
Under Water Lateral Plane: 1.941 Sq.m Above Water Lateral Plane: 3.777 Sq.m
CENTROIDS (Meters)
Buoyancy: LCB = 4.000 Fwd TCB =0.000 Port VCB = 0.155
Flotation: LCF = 4.000 Fwd
Under Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.159 below waterline.
Above Water LP: 4.000 Fwd of Origin, 0.294 above waterline.
NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 06.502 m
Baseline draft: 0.263 No Trim No heel

STABILITE DE KYRENIA 2**Devis de poids en charge :**

WEIGHT and DISPL. STATUS

Baseline draft: 1.049 heel: zero
 Total Weight Weight(MT) LCG TCG VCG
 16.50 0.037a 0.000 1.200
 Distances in Meters.

Caractéristiques hydrostatiques :

HULL DATA (with appendages)

DIMENSIONS

Length Overall: 13.859 m LWL:13.279 m Beam:4.197 m BWL:3.643 m

Volume: 16.101 Cu.m Displacement: 16.504 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.533 Block: 0.266 Midship: 0.499 Waterplane: 0.642

RATIOS

Length/Beam: 3.302 Displacement/length: 196.409 Beam/Depth: 3.360

MT/ cm Immersion: 0.318

AREAS

Waterplane: 31.071 Sq.m Wetted Surface: 46.275 Sq.m

Under Water Lateral Plane: 13.524 Sq.m Above Water Lateral Plane: 17.170 Sq.m

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 0.037 Aft TCB =0.000 Stbd VCB = 0.730

Flotation: LCF = 0.047 Fwd

Under Water LP: 0.482 Aft of Origin, 0.541 below waterline.

Above Water LP: 0.791 Aft of Origin, 0.702 above waterline.

NOTE: Coefficients calculated based on true waterline length of 13.279 m

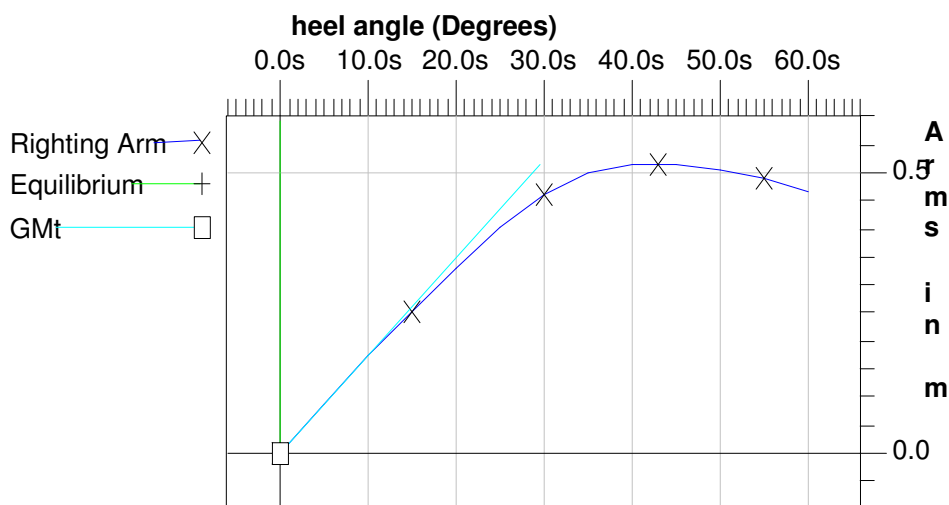
Baseline draft: 1.049 No Trim No heel

Table et courbe des bras de levier de redressement pour le chargement précédent :

RIGHTING ARMS vs. heel angle
 Angles in Degrees Water Specific Gravity: 1.025 Distances in Meters
 LCG = 0.037a TCG = 0.000 Fixed VCG = 1.200

angle of heel	Angle of Trim	Origin Depth	Disp. Weight(MT)	Righting Arms in heel
0.00	0.00	1.049	16.50	0.000
5.00s	0.00a	1.042	16.50	0.087s
10.00s	0.01a	1.019	16.50	0.172s
15.00s	0.04a	0.981	16.50	0.254s
20.00s	0.07a	0.928	16.50	0.331s
25.00s	0.12a	0.859	16.50	0.403s
30.00s	0.17a	0.776	16.50	0.462s
35.00s	0.22a	0.685	16.50	0.498s
40.00s	0.24a	0.588	16.50	0.514s
42.92s	0.26a	0.528	16.50	0.516s
45.00s	0.27a	0.486	16.50	0.515s
50.00s	0.28a	0.380	16.50	0.505s
55.00s	0.23a	0.274	16.50	0.489s
60.00s	0.21a	0.167	16.50	0.467s

Righting Arms vs. heel



Weight = 16.500 MT LCG = 0.037a TCG = 0.000 VCG = 1.200
 GMt = 1.002 m

No limits defined.

Version simplifiée, mais sur une plage de vitesses, de la méthode de HOLTROP & MENNEN (International Shipbuilding Progress juillet 82) pour un flotteur aux formes simples (sans bulbe ni arrière à tableau immergé) et entièrement connues.

Caractéristiques du navire :**EPAVE JULES VERNE n° 9**

longueur à la flottaison :	$L := 6.502 \cdot m$		
largeur à la flottaison :	$B := 1.345 \cdot m$	volume :	$W := 1.268 \cdot m^3$
tirant d'eau moyen :	$T := 0.263 \cdot m$		
abscisse du centre de carène :	$lcb := 0 \cdot \%$		
coefficient de remplissage de la section maitresse :	$Cms := 0.608$		
surface mouillée :	$\Sigma := 8.564 \cdot m^2$		
demi-angle d'entrée des lignes d'eau (en degré) :	$ie := 44$		
rugosité moyenne de la coque :	$ks := 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot m$		
longueur des sorties d'eau :	$Lr := 3.2 \cdot m$		

Résistance de frottement :

nombre de reynolds :	$Re(V) := \frac{V \cdot L}{0.0000012} \cdot sec \cdot m^{-2}$		
coefficient de frottement :	$Cf(V) := \frac{0.075}{\left(\frac{\ln(Re(V))}{\ln(10)} - 2\right)^2}$		
résistance de frottement :	$\rho := 1026 \cdot \frac{kg}{m^3}$	daN := 10 · newton	$Rf(V) := \frac{1}{2} \cdot Cf(V) \cdot \rho \cdot \Sigma \cdot V^2$

Facteur de forme :

coefficient bloc :	$Cb := \frac{W}{L \cdot B \cdot T}$	$Cb = 0.551$
coefficient prismatique :	$Cp := \frac{Cb}{Cms}$	$Cp = 0.907$

variables intermédiaires :

$$c_{12} := \text{si} \left[\frac{T}{L} > 0.05, \left(\frac{T}{L} \right)^{0.2228446}, \text{si} \left[\frac{T}{L} > 0.02, 48.20 \cdot \left(\frac{T}{L} - 0.02 \right)^{2.078} + 0.479948, 0.479948 \right] \right] \quad c_{12} = 0.4948$$

$$c_{13} := 1 \quad \text{car arrière normal}$$

$$l_{k_1} := c_{13} \cdot \left[0.93 + c_{12} \cdot \left(\frac{B}{Lr} \right)^{0.92497} \cdot (0.95 - Cp)^{-0.521448} \cdot (1 - Cp + 0.0225 \cdot lcb)^{0.6906} \right] \quad (\text{coefficient } 1+k_1) \quad l_{k_1} = 1.152$$

Résistance des appendices :

ignorée --> Rapp := 0 · daN

Résistance de vagues :

nombre de Froude :
$$Fn(V) := \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

variables intermédiaires :

$$c_7 := \text{si} \left[\frac{B}{L} < 0.11, 0.229577 \cdot \left(\frac{B}{L} \right)^{0.33333}, \text{si} \left(\frac{B}{L} < 0.25, \frac{B}{L}, 0.5 - 0.0625 \cdot \frac{L}{B} \right) \right] \quad c_7 = 0.2069$$

$$c_1 := 2223105 \cdot (c_7)^{3.78613} \cdot \left(\frac{T}{B} \right)^{1.07961} \cdot (90 - ie)^{-1.37565} \quad c_1 = 5.052$$

$$c_3 := 0 \quad c_2 := 1 \quad \text{car il n'y a pas de bulbe}$$

$$c_5 := 1 \quad \text{car il n'y a pas d'arrière à tableau immergé}$$

$$\lambda := \text{si} \left(\frac{L}{B} < 12, 1.446 \cdot Cp - 0.03 \cdot \frac{L}{B}, 1.446 \cdot Cp - 0.36 \right) \quad \lambda = 1.1661$$

$$c_{16} := \text{si} (Cp < 0.80, 8.07981 \cdot Cp - 13.8673 \cdot Cp^2 + 6.984388 \cdot Cp^3, 1.73014 - 0.7067 \cdot Cp)$$

$$\mu_1 := 0.0140407 \cdot \frac{L}{T} - 1.75254 \cdot \frac{W^{\frac{1}{3}}}{L} - 4.79323 \cdot \frac{B}{L} - c_{16} \quad \mu_1 = -2.0255$$

$$c_{15} := \text{si} \left[\frac{L^3}{W} < 512, -1.69385, \text{si} \left[\frac{L^3}{W} > 1727, 0, -1.69385 + \frac{\frac{L}{W^{\frac{1}{3}}} - 8.0}{2.36} \right] \right] \quad c_{15} = -1.69385$$

$$\mu_2(V) := c_{15} \cdot Cp^2 \cdot \exp(-0.1 \cdot Fn(V)^2) \quad d := -0.9$$

résistance de vagues :

$$Rw(V) := c_1 \cdot c_2 \cdot c_5 \cdot W \cdot \rho \cdot g \cdot \exp(\mu_1 \cdot Fn(V)^d + \mu_2(V) \cdot \cos(\lambda \cdot Fn(V)^{-2}))$$

Résistance additionnelle de pression due au bulbe :

Rb := 0 · daN car il n'y en a pas

Résistance additionnelle de pression due à l'arrière à tableau immergé :

$$R_{tr} := 0 \cdot \text{daN} \quad \text{car il n'y en a pas}$$

Résistance de corrélation modèle-navire :

elle traduit l'effet de la rugosité de la coque et la résistance aérodynamique.

variables intermédiaires :

$$c_4 := \text{si} \left(\frac{T}{L} \leq 0.04, \frac{T}{L}, 0.04 \right) \quad c_4 = 0.04$$

$$Ca := 0.006 \cdot \left(\frac{L}{m} + 100 \right)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \cdot \sqrt{\frac{L}{7.5 \cdot m}} \cdot Cb^4 \cdot c_2 \cdot (0.04 - c_4) \quad Ca = 0.000793$$

effet de la rugosité moyenne k_s :

$$\delta Ca := \frac{0.105 \cdot (k_s)^{\frac{1}{3}} - 0.005579 \cdot m^{\frac{1}{3}}}{L^{\frac{1}{3}}} \quad \delta Ca = 1.476 \cdot 10^{-3}$$

$$Ca := Ca + \delta Ca \quad Ca = 0.002269$$

résistance de corrélation :

$$Ra(V) := Ca \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Sigma \cdot V^2$$

Résistance totale :

$$\text{force :} \quad R(V) := R_f(V) \cdot (1 - k_1) + R_{app} + R_w(V) + R_b + R_{tr} + Ra(V)$$

$$\text{Vitesses d'étude :} \quad nd := 1.852 \cdot \text{km/h} \quad \text{déplacement pur jusqu'à :} \quad V_{max} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{L}{m}} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$V_{max} = 6.939 \cdot nd \quad V := 0.01 \cdot nd, 0.10 \cdot nd .. V_{max}$$

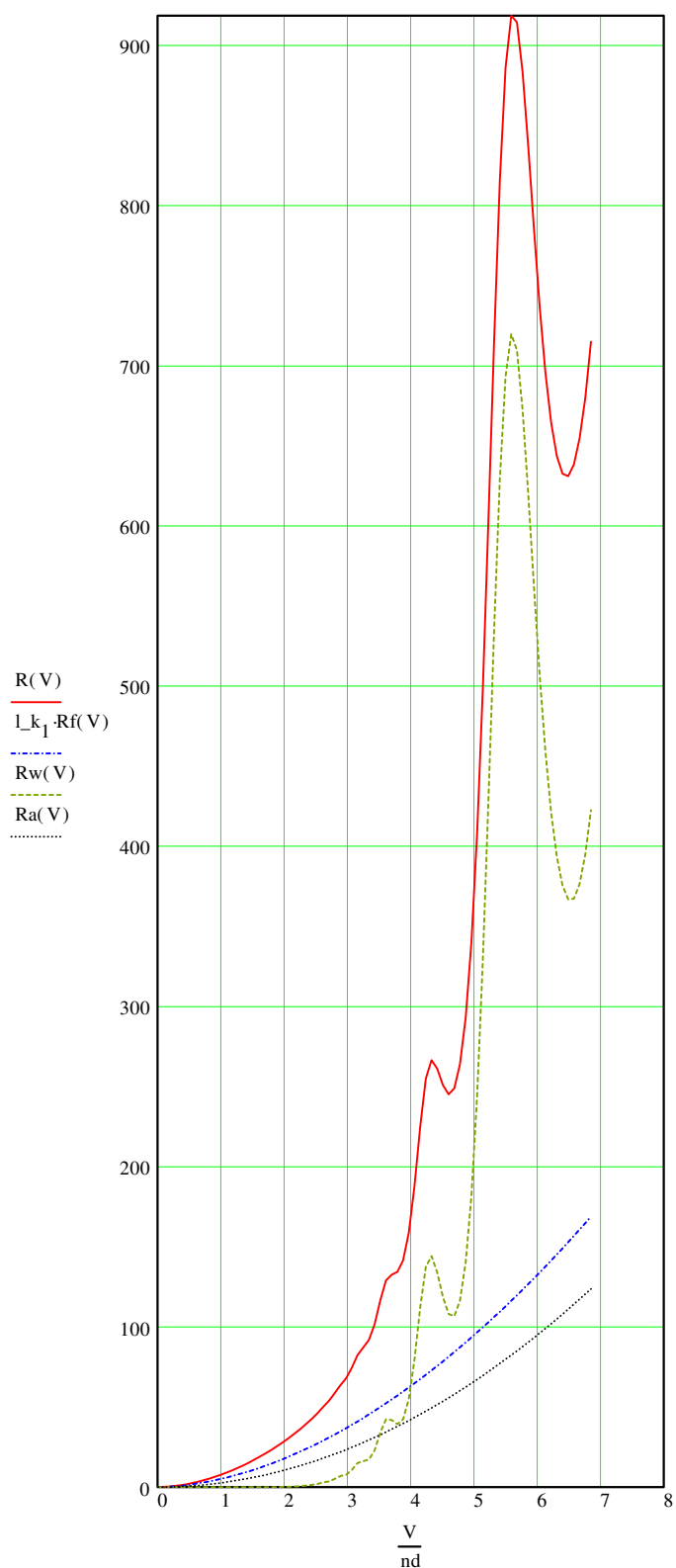
$$\text{sauvegarde :} \quad dV := 0.1 \cdot nd \quad (\text{tous les } dV \text{ nd}) \quad n := \text{plafond} \left(\frac{V_{max}}{dV} \right) \quad i := 1 .. n$$

$$Res_{0,0} := 0 \quad Res_{0,1} := 0$$

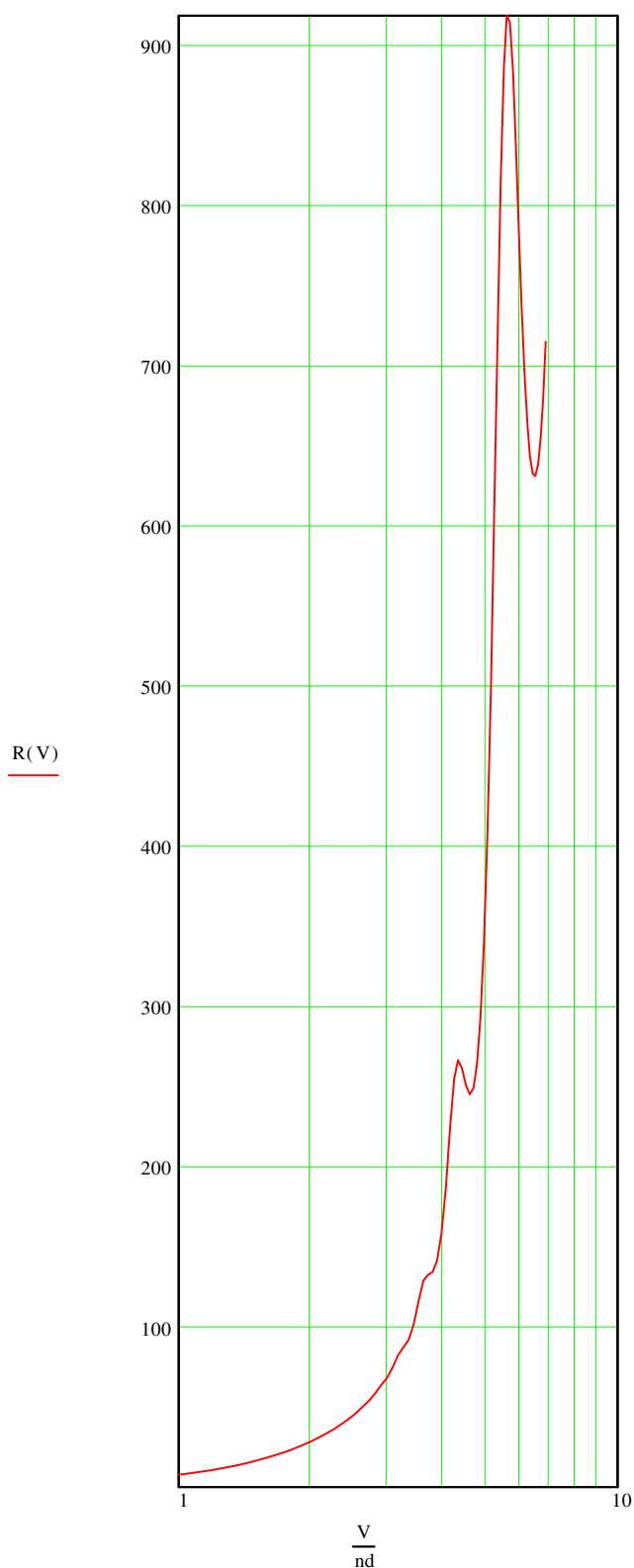
$$Res_{i,0} := \frac{dV}{nd} \cdot i \quad Res_{i,1} := R(dV \cdot i) \cdot \text{newton}^{-1}$$

$$\text{ECRIREPRN}("DRAG_JV9.prn") := Res$$

Bilan des forces :



échelle linéaire



échelle logarithmique

Version simplifiée, mais sur une plage de vitesses, de la méthode de HOLTROP & MENNEN (International Shipbuilding Progress juillet 82) pour un flotteur aux formes simples (sans bulbe ni arrière à tableau immergé) et entièrement connues.

Caractéristiques du navire :

KYRENIA II

longueur à la flottaison : $L := 13.279 \cdot m$
 largeur à la flottaison : $B := 3.643 \cdot m$ volume : $W := 16.101 \cdot m^3$
 tirant d'eau moyen : $T := 1.049 \cdot m$
 abscisse du centre de carène : $l_{cb} := 0 \cdot \%$
 coefficient de remplissage de la section maitresse : $C_{ms} := 0.499$
 surface mouillée : $\Sigma := 46.275 \cdot m^2$
 demi-angle d'entrée des lignes d'eau (en degré) : $i_e := 35$
 rugosité moyenne de la coque : $k_s := 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot m$
 longueur des sorties d'eau : $L_r := 6.62 \cdot m$

Résistance de frottement :

nombre de reynolds : $Re(V) := \frac{V \cdot L}{0.0000012} \cdot sec \cdot m^{-2}$
 coefficient de frottement : $C_f(V) := \frac{0.075}{\left(\frac{\ln(Re(V))}{\ln(10)} - 2\right)^2}$
 résistance de frottement : $\rho := 1026 \cdot \frac{kg}{m^3}$ daN := 10 · newton $R_f(V) := \frac{1}{2} \cdot C_f(V) \cdot \rho \cdot \Sigma \cdot V^2$

Facteur de forme :

coefficient bloc : $C_b := \frac{W}{L \cdot B \cdot T}$ $C_b = 0.317$
 coefficient prismatique : $C_p := \frac{C_b}{C_{ms}}$ $C_p = 0.636$

variables intermédiaires :

$$c_{12} := \text{si} \left[\frac{T}{L} > 0.05, \left(\frac{T}{L} \right)^{0.2228446}, \text{si} \left[\frac{T}{L} > 0.02, 48.20 \cdot \left(\frac{T}{L} - 0.02 \right)^{2.078} + 0.479948, 0.479948 \right] \right] \quad c_{12} = 0.568$$

$c_{13} := 1$ car arrière normal

$$l_{k_1} := c_{13} \cdot \left[0.93 + c_{12} \cdot \left(\frac{B}{Lr} \right)^{0.92497} \cdot (0.95 - C_p)^{-0.521448} \cdot (1 - C_p + 0.0225 \cdot lcb)^{0.6906} \right] \quad (\text{coefficient } 1+k_1) \quad l_{k_1} = 1.228$$

Résistance des appendices :

ignorée --> Rapp := 0 · daN

Résistance de vagues :

nombre de Froude :
$$Fn(V) := \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

variables intermédiaires :

$$c_7 := \text{si} \left(\frac{B}{L} < 0.11, 0.229577 \cdot \left(\frac{B}{L} \right)^{0.33333}, \text{si} \left(\frac{B}{L} < 0.25, \frac{B}{L}, 0.5 - 0.0625 \cdot \frac{L}{B} \right) \right) \quad c_7 = 0.2722$$

$$c_1 := 2223105 \cdot (c_7)^{3.78613} \cdot \left(\frac{T}{B} \right)^{1.07961} \cdot (90 - ie)^{-1.37565} \quad c_1 = 16.959$$

$$c_3 := 0 \quad c_2 := 1 \quad \text{car il n'y a pas de bulbe}$$

$$c_5 := 1 \quad \text{car il n'y a pas d'arrière à tableau immergé}$$

$$\lambda := \text{si} \left(\frac{L}{B} < 12, 1.446 \cdot C_p - 0.03 \cdot \frac{L}{B}, 1.446 \cdot C_p - 0.36 \right) \quad \lambda = 0.8101$$

$$c_{16} := \text{si} (C_p < 0.80, 8.07981 \cdot C_p - 13.8673 \cdot C_p^2 + 6.984388 \cdot C_p^3, 1.73014 - 0.7067 \cdot C_p)$$

$$\mu_1 := 0.0140407 \cdot \frac{L}{T} - 1.75254 \cdot \frac{W^{\frac{1}{3}}}{L} - 4.79323 \cdot \frac{B}{L} - c_{16} \quad \mu_1 = -2.797$$

$$c_{15} := \text{si} \left[\frac{L^3}{W} < 512, -1.69385, \text{si} \left[\frac{L^3}{W} > 1727, 0, -1.69385 + \frac{\frac{L}{W^{\frac{1}{3}}} - 8.0}{2.36} \right] \right] \quad c_{15} = -1.69385$$

$$\mu_2(V) := c_{15} \cdot C_p^2 \cdot \exp(-0.1 \cdot Fn(V)^2) \quad d := -0.9$$

résistance de vagues :

$$Rw(V) := c_1 \cdot c_2 \cdot c_5 \cdot W \cdot \rho \cdot g \cdot v \cdot \exp(\mu_1 \cdot Fn(V)^d + \mu_2(V) \cdot \cos(\lambda \cdot Fn(V)^{-2}))$$

Résistance additionnelle de pression due au bulbe :

Rb := 0 · daN car il n'y en a pas

Résistance additionnelle de pression due à l'arrière à tableau immergé :

$$R_{tr} := 0 \cdot \text{daN} \quad \text{car il n'y en a pas}$$

Résistance de corrélation modèle-navire :

elle traduit l'effet de la rugosité de la coque et la résistance aérodynamique.

variables intermédiaires :

$$c_4 := \text{si} \left(\frac{T}{L} \leq 0.04, \frac{T}{L}, 0.04 \right) \quad c_4 = 0.04$$

$$Ca := 0.006 \cdot \left(\frac{L}{m} + 100 \right)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \cdot \sqrt{\frac{L}{7.5 \cdot m}} \cdot Cb^4 \cdot c_2 \cdot (0.04 - c_4) \quad Ca = 0.000765$$

effet de la rugosité moyenne k_s :

$$\delta Ca := \frac{0.105 \cdot (k_s)^{\frac{1}{3}} - 0.005579 \cdot m^{\frac{1}{3}}}{L^{\frac{1}{3}}} \quad \delta Ca = 1.1633 \cdot 10^{-3}$$

$$Ca := Ca + \delta Ca \quad Ca = 0.001928$$

résistance de corrélation :

$$Ra(V) := Ca \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \Sigma \cdot V^2$$

Résistance totale :

$$\text{force :} \quad R(V) := R_f(V) \cdot (1 - k_1) + R_{app} + R_w(V) + R_b + R_{tr} + Ra(V)$$

$$\text{Vitesses d'étude :} \quad n_d := 1.852 \cdot \text{km/h} \quad \text{déplacement pur jusqu'à :} \quad V_{\max} := 1.4 \cdot \sqrt{\frac{L}{m}} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$V_{\max} = 9.917 \cdot n_d \quad V := 0.01 \cdot n_d, 0.10 \cdot n_d \dots V_{\max}$$

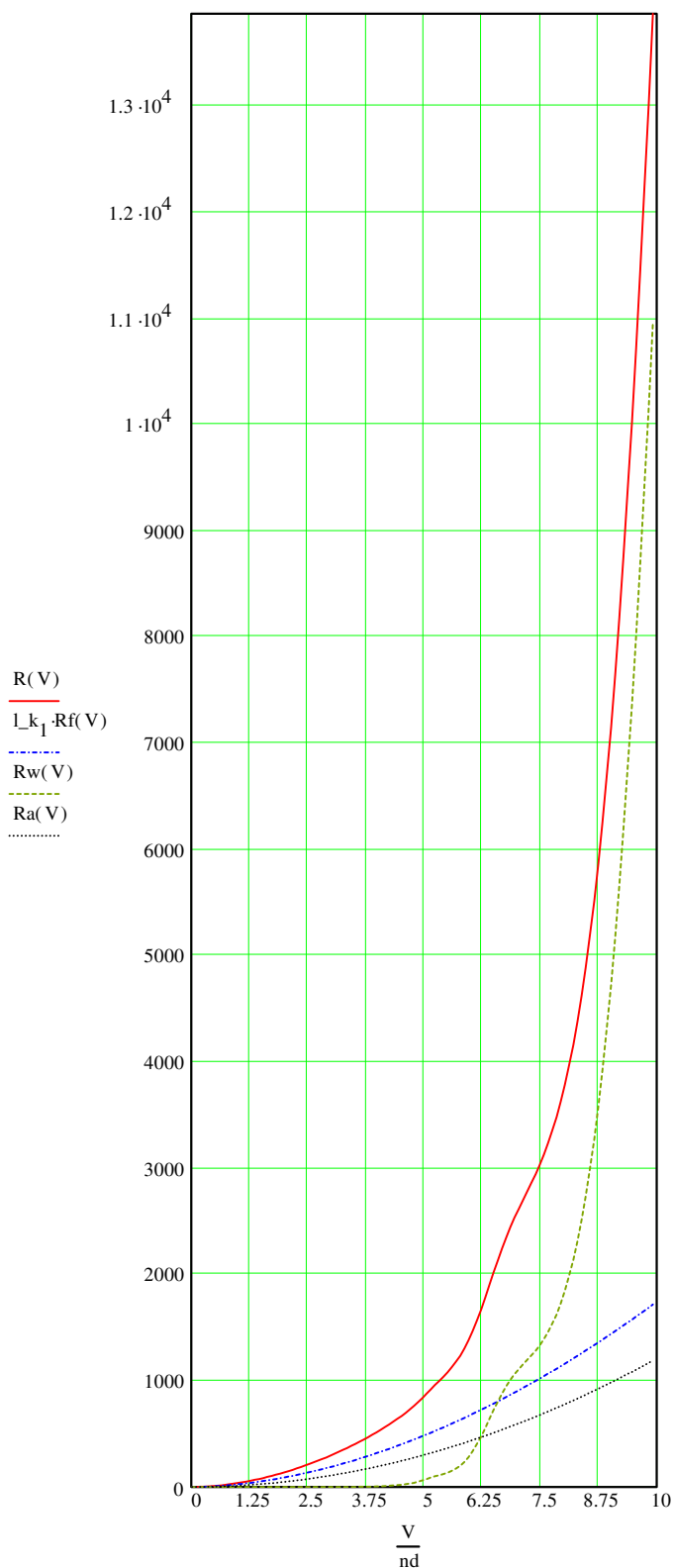
$$\text{sauvegarde :} \quad dV := 0.1 \cdot n_d \quad (\text{tous les } dV \text{ } n_d) \quad n := \text{plafond} \left(\frac{V_{\max}}{dV} \right) \quad i := 1 \dots n$$

$$Res_{0,0} := 0 \quad Res_{0,1} := 0$$

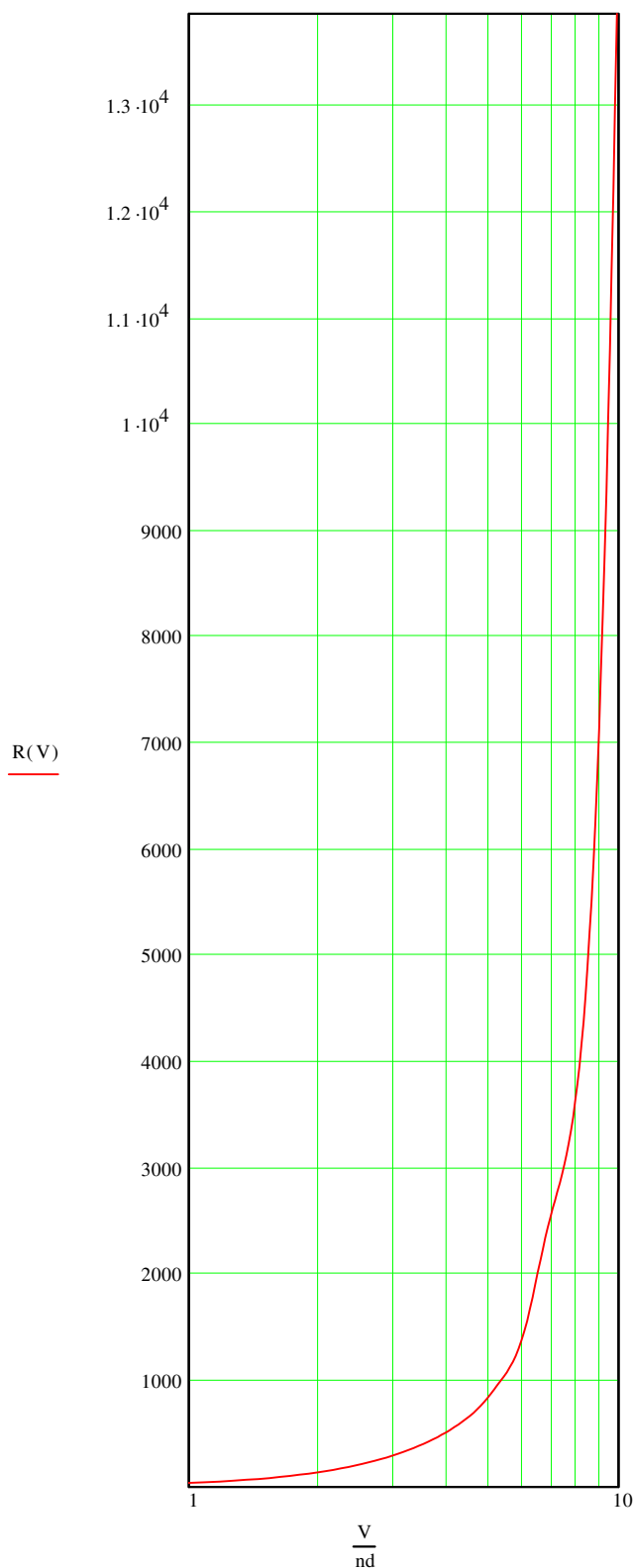
$$Res_{i,0} := \frac{dV}{n_d} \cdot i \quad Res_{i,1} := R(dV \cdot i) \cdot \text{newton}^{-1}$$

$$\text{ECRIREPRN("DRAG_KYR.prn")} := Res$$

Bilan des forces : en newton



échelle linéaire



échelle logarithmique

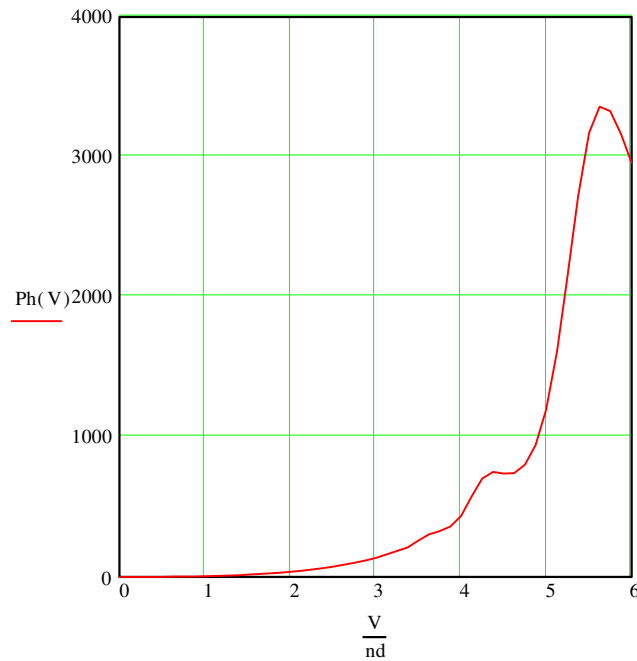
Correction pour la salissure :

Csalissure := 0

Résistance hydrodynamique totale :

$R_h(V) := R(V) \cdot (1 + C_{mer} + C_{salissure})$ en force

$Ph(V) := V \cdot R_h(V)$ en puissance



Régimes d'équilibre :

$V := 2 \cdot nd$ (valeur approchée d'initialisation)

$V_{max} := \text{racine}(P_{max} - Ph(V), V)$

$V_{max} = 4.2 \cdot nd$

$V := 2 \cdot nd$ (valeur approchée d'initialisation)

$V_{croisiere} := \text{racine}(P_{croisiere} - Ph(V), V)$

$V_{croisiere} = 3.4 \cdot nd$

Vent dans la couche limite : $W(z, B) := 1.4 \cdot \left(\frac{z}{18}\right)^{\frac{1}{7}} \cdot B^{\frac{5}{4}}$ W en m/s
Z en m
B force beaufort

Vent efficace dans une couche :

$$\left[1.4 \cdot \left(\frac{z}{18}\right)^{\frac{1}{7}} \cdot B^{\frac{5}{4}} \right]^2 \text{ se développe en } 0.109 \cdot 18^{\left(\frac{5}{7}\right)} \cdot z^{\left(\frac{2}{7}\right)} \cdot B^{\left(\frac{5}{2}\right)}$$

$$0.109 \cdot 18^{\left(\frac{5}{7}\right)} \cdot z^{\left(\frac{2}{7}\right)} \cdot B^{\left(\frac{5}{2}\right)} \text{ donne après intégration par rapport à } z : 0.6675 \cdot z^{\left(\frac{9}{7}\right)} \cdot B^{\left(\frac{5}{2}\right)}$$

finalement la moyenne quadratique V^2 dans la couche $[a, b]$: $V^2(a, b, B) := \frac{1}{b-a} \int_a^b W(z, B)^2 dz$

vaut $V^2(a, b, B) := 0.6675 \cdot B^{\left(\frac{5}{2}\right)} \cdot \frac{b^{\left(\frac{9}{7}\right)} - a^{\left(\frac{9}{7}\right)}}{b-a}$

Données admises pour le gréement et pour le vent :

$d := 3.2$ $H := 6$ $h := 2.2$ $L := 11$ $B := 4$

Vents efficaces :

pour la voile carrée $V^2_{vc} := V^2(d, d + H, B)$ $\sqrt{V^2_{vc}} = 6.8$ m/s

pour le siparum $V^2_s := V^2(d + H, d + H + h, B)$ $\sqrt{V^2_s} = 7.3$ m/s

Forces véliques :

$\rho := 1.22$ $C := 1.15$ $\sigma := 0.7$

pour la voile carrée $F_{vc} := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (L \cdot H) \cdot V^2_{vc} \cdot C \cdot \sigma$ $F_{vc} = 1486$ newtons

pour le siparum $F_s := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(\frac{L \cdot h}{2}\right) \cdot V^2_s \cdot C \cdot \sigma$ $F_s = 318$ newtons

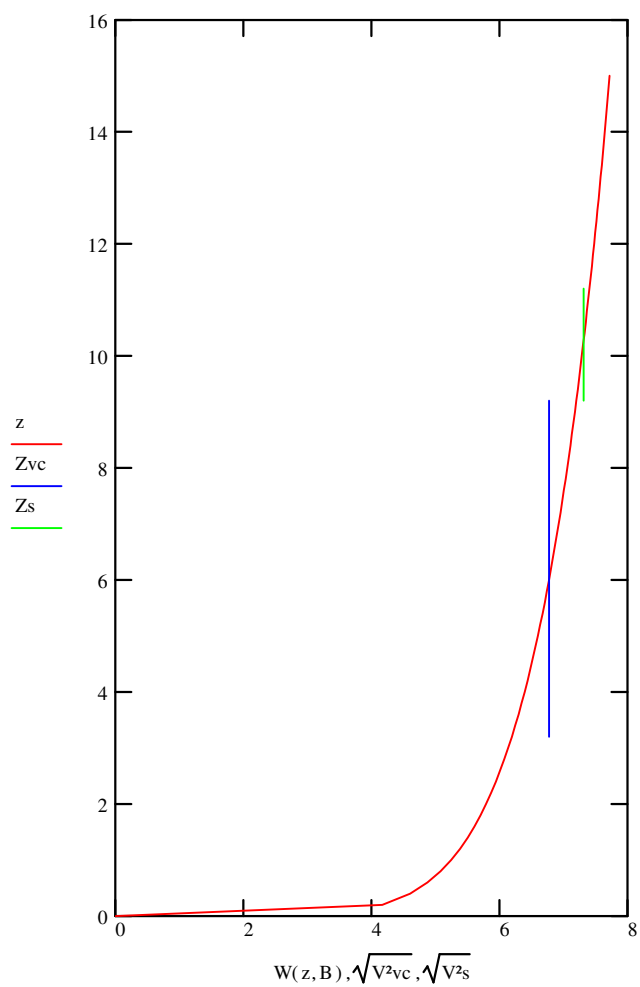
apport relatif du siparum par rapport à la voile carrée : $\frac{F_s}{F_{vc}} = 21\%$

Diagramme du vent :

$z := 0, 0.2.. 15$

$Z_{vc} := d.. d + H$

$Z_s := d + H.. d + H + h$



REGLAGE OPTIMAL DE LA VERGUE contrôle du décrochage

Caractéristiques de la voile :

surface : $S := 11.6 \cdot \text{m}^2$

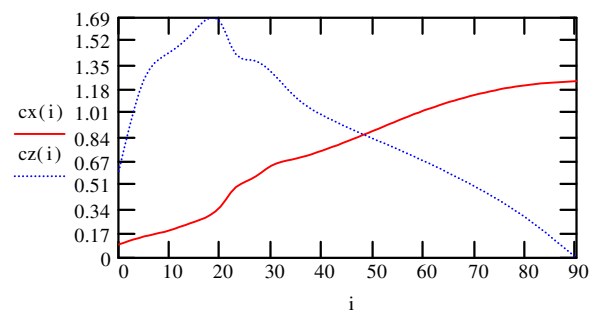
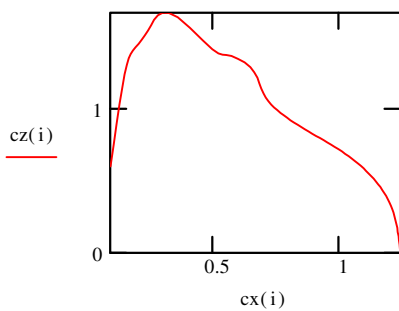
incidence du C_z max : $I_{czmax} := 18 \cdot \text{deg}$

effet de la porosité : $\sigma := 0.7$

écart maximal d'orientation de la vergue en ° : $\omega := 70 \cdot \text{deg}$

polaire : $\text{Polaire} := \text{LIREPRN}(\text{"VOILE3.prn"})$ $I := \text{Polaire}^{<0>}$ i incidence de la voile $0 < i < 90^\circ$

$cx(i) := \text{interplin}(I, \text{Polaire}^{<1>}, i)$ $cz(i) := \text{interplin}(I, \text{Polaire}^{<2>}, i)$ $i := 0..90$



$Cx(i) := \text{si}(|i| \leq 90, cx(|i|), cx(180 - |i|))$

$\text{signe}(i) := \text{si}(i \geq 0, 1, -1)$

$Cz(i) := \text{si}(|i| \leq 90, \text{signe}(i) \cdot cz(|i|), -\text{signe}(i) \cdot cz(180 - |i|))$

i orientation quelconque

Vent réel :

force Beaufort : $B := 4$

vitesse : $nd := 0.514 \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$

$$V_r := \left(\frac{B}{1.112} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

gisement en ° : $\gamma_r := 140$

$$V_r = 13.3 \cdot nd$$

Vitesse du navire :

$$V := 4.5 \cdot nd$$

Vent apparent :

$$V_a := \sqrt{(V + V_r \cdot \cos(\gamma_r \cdot \text{deg}))^2 + (V_r \cdot \sin(\gamma_r \cdot \text{deg}))^2}$$

$$V_a = 10.2 \cdot nd$$

$$\gamma_a := \arccos\left(\frac{V + V_r \cdot \cos(\gamma_r \cdot \text{deg})}{V_a}\right)$$

$$\gamma_a = 124 \cdot \text{deg}$$

Réglage de la verque :

$$\text{orientation de la voile : } \alpha := \text{si} \left(\gamma_a > \frac{\pi}{2} + \text{Iczmax}, 90, \text{si} \left(\gamma_a > \frac{\pi}{2} - \omega + \text{Iczmax}, \frac{\gamma_a - \text{Iczmax}}{\text{deg}}, 90 - \frac{\omega}{\text{deg}} \right) \right) \quad \alpha = 90$$

$$\text{incidence : } \quad \text{aopt} := \frac{\gamma_a}{\text{deg}} - \alpha \quad \text{aopt} = 34$$

Poussée vélique :

$$\text{CL} := \text{Cx}(\text{aopt}) \cdot \cos(\pi - \gamma_a) + \text{Cz}(\text{aopt}) \cdot \cos\left(\gamma_a - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{CL} = 1.352$$

$$\rho_{\text{air}} := 1.22 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{FL} := \frac{1}{2} \cdot \text{CL} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot \text{S} \cdot (\text{Va})^2 \cdot \sigma \quad \text{FL} = 1056 \text{ newton}$$

Force transversale :

$$\text{CT} := \text{Cx}(\text{aopt}) \cdot \sin(\pi - \gamma_a) - \text{Cz}(\text{aopt}) \cdot \sin\left(\gamma_a - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{CT} = -0.073$$

$$\text{FT} := \frac{1}{2} \cdot \text{CT} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot \text{S} \cdot (\text{Va})^2 \cdot \sigma \quad \text{FT} = -57 \text{ newton}$$

REGLAGE OPTIMAL DE LA VERGUE minimisation de la dérive

Caractéristiques de la voile :

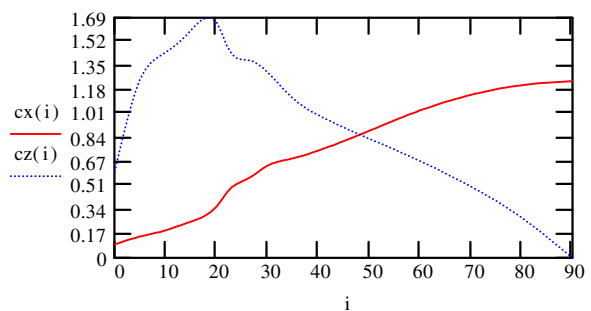
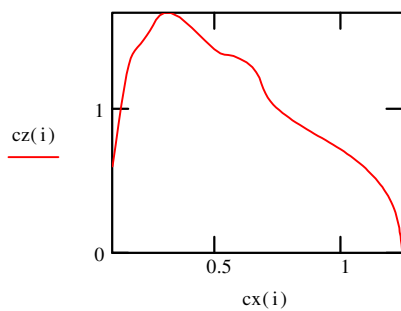
surface : $S := 11.6 \cdot m^2$

effet de la porosité : $\sigma := 0.7$

écart maximal d'orientation de la vergue en ° : $\omega := 70$

polaire : $Polaire := LIREPRN("VOILE3.prn")$ $I := Polaire^{<0>}$ i incidence de la voile $0 < i < 90^\circ$

$cx(i) := \text{interplin}(I, Polaire^{<1>}, i)$ $cz(i) := \text{interplin}(I, Polaire^{<2>}, i)$ $i := 0..90$



$Cx(i) := \text{si}(|i| \leq 90, cx(|i|), cx(180 - |i|))$

$\text{signe}(i) := \text{si}(i \geq 0, 1, -1)$

$Cz(i) := \text{si}(|i| \leq 90, \text{signe}(i) \cdot cz(|i|), -\text{signe}(i) \cdot cz(180 - |i|))$

i orientation quelconque

Vent réel :

force Beaufort : $B := 4$

vitesse : $nd := 0.514 \cdot m \cdot sec^{-1}$

$$Vr := \left(\frac{B}{1.112} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{m}{sec}$$

gisement en ° : $\gamma r := 140$

$Vr = 13.3 \cdot nd$

Vitesse du navire :

$V := 4.5 \cdot nd$

Vent apparent :

$$Va := \sqrt{(V + Vr \cdot \cos(\gamma r \cdot \text{deg}))^2 + (Vr \cdot \sin(\gamma r \cdot \text{deg}))^2}$$

$$\gamma a := \arccos\left(\frac{V + Vr \cdot \cos(\gamma r \cdot \text{deg})}{Va}\right)$$

$Va = 10.2 \cdot nd$

$\gamma a = 124 \cdot \text{deg}$

Réglage de la vergue :

plage d'orientation : $j := 0..2 \cdot \omega$ $\alpha_j := 90 - \omega + j$ $\text{joule}_j := j$ $j_{\max} := \max(\text{joule})$

orientation de la voile : $a_j := \frac{\gamma a}{\text{deg}} - \alpha_j$

composante longitudinale : $Cl_j := Cx(a_j) \cdot \cos(\pi - \gamma_a) + Cz(a_j) \cdot \cos\left(\gamma_a - \frac{\pi}{2}\right)$

composante transversale : $Ct_j := Cx(a_j) \cdot \sin(\pi - \gamma_a) - Cz(a_j) \cdot \sin\left(\gamma_a - \frac{\pi}{2}\right)$

réglage optimal : $\delta_j := \left| \arctan\left(\frac{Ct_j}{Cl_j}\right) \right| \cdot \text{deg}^{-1}$ δ orientation de la force aérodynamique / axe navire

$\delta_{2j} := \text{si}(Cl_j > 0, \delta_j, 90)$ restriction de δ à la plage $Cl > 0$

$j_{opt} := (\text{tricol}(\text{augment}(\text{joule}, \delta_2), 1)^{<0>})_0$ indice j du minimum de δ_{2j} pour V donné

$\alpha_{opt} := \alpha_{j_{opt}}$ $\alpha_{opt} = 87$ $a_{opt} := \frac{\gamma_a}{\text{deg}} - \alpha_{opt}$ $a_{opt} = 37$

$CL := Cx(a_{opt}) \cdot \cos(\pi - \gamma_a) + Cz(a_{opt}) \cdot \cos\left(\gamma_a - \frac{\pi}{2}\right)$ $CL = 1.29$

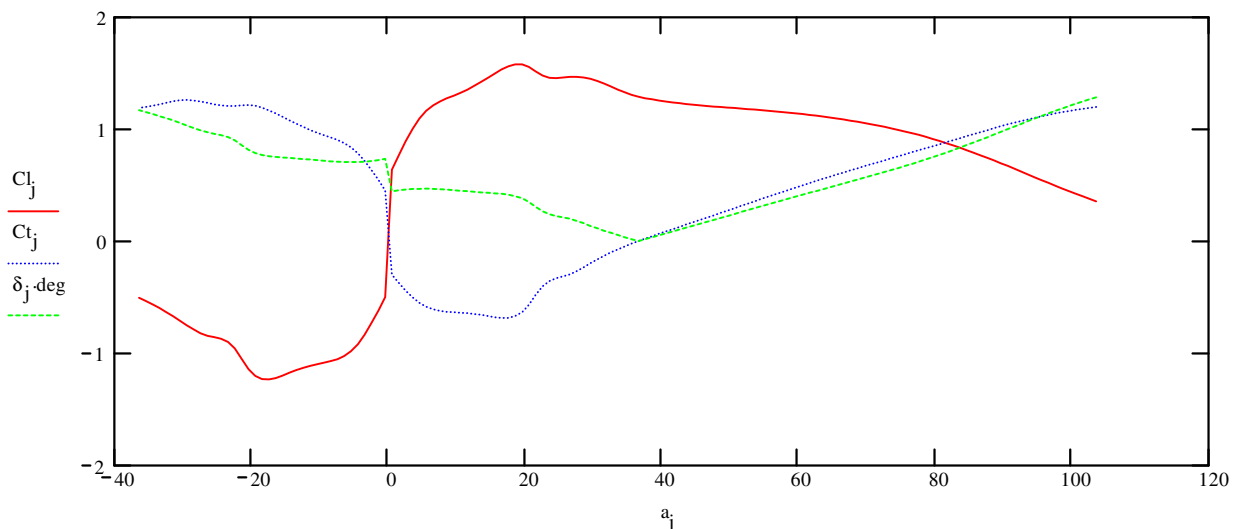
Poussée vélique :

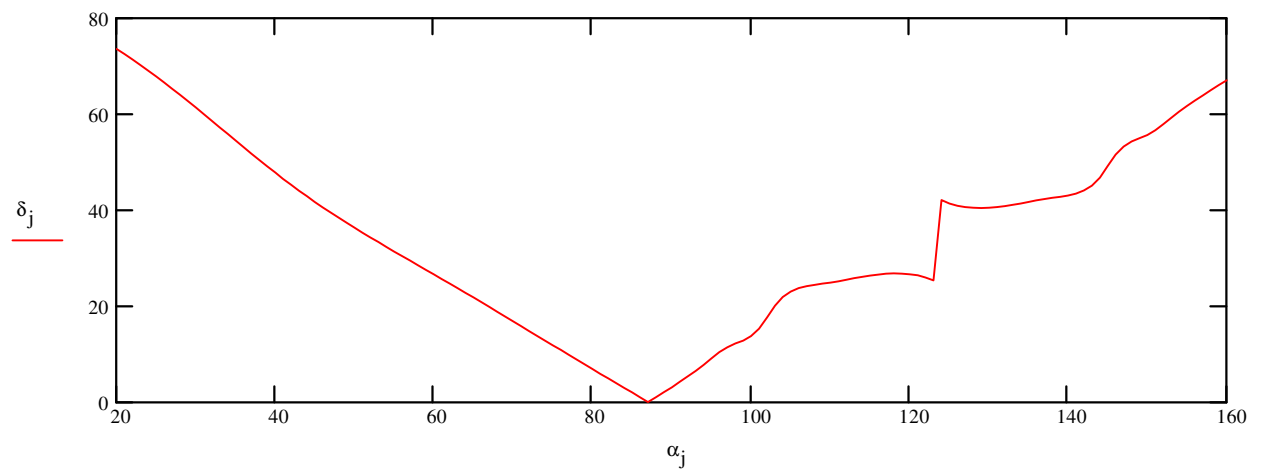
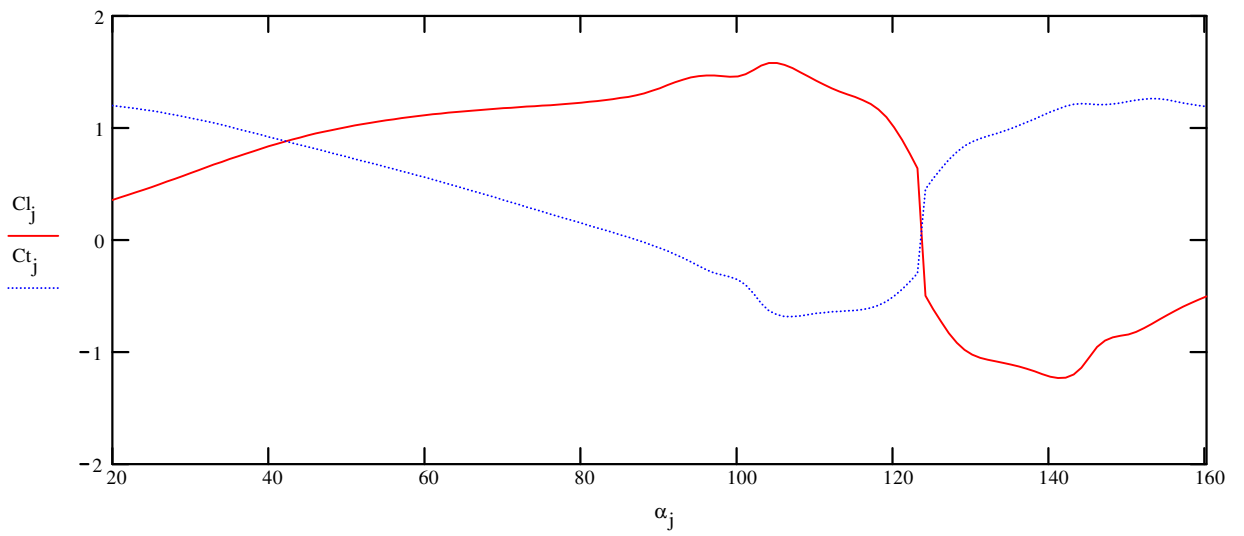
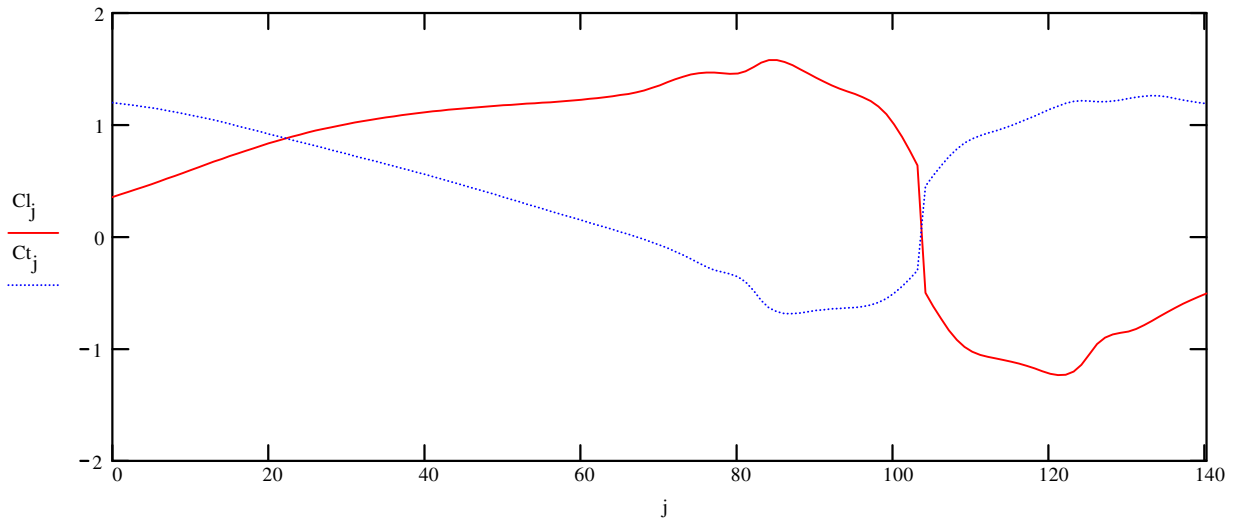
$\rho_{\text{air}} := 1.22 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ $FL := \frac{1}{2} \cdot CL \cdot \rho_{\text{air}} \cdot S \cdot (Va)^2 \cdot \sigma$ $FL = 1007 \cdot \text{newton}$

Force transversale :

$CT := Cx(a_{opt}) \cdot \sin(\pi - \gamma_a) - Cz(a_{opt}) \cdot \sin\left(\gamma_a - \frac{\pi}{2}\right)$ $CT = 4.734 \cdot 10^{-5}$

$FT := \frac{1}{2} \cdot CT \cdot \rho_{\text{air}} \cdot S \cdot (Va)^2 \cdot \sigma$ $FT = 0 \cdot \text{newton}$





Détermination du régime de fonctionnement aéro-hydrodynamique du navire d'après la méthode développée aux Ateliers et Chantiers du Havre (FAURY-CASTETZ-ENAUULT, ATMA 1983) mais avec : maintien de la vergue transversale au vent arrière-puis à l'incidence de c_z max et calcul de la dérive selon Joessel.

Caractéristiques de la carène : NAVIRE KYRENIA II

déplacement en tonnes : $D := 16.5$ longueur à la flottaison : $L := 13.279 \cdot m$

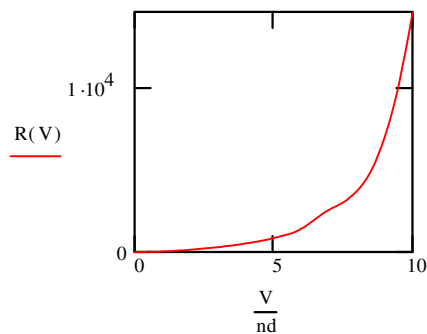
tirant d'eau T : $T := 1.049 \cdot m$ cote du centre de dérive : $Z_d := T - 0.541 \cdot m$

courbe de résistance : $Res := LIREPRN("DRAG_KYR.prr Nb := longueur(Res^{<0>}) - 1 \quad i := 0.. Nb$

$nd := 1.852 \cdot km/h \quad dV := 0.1 \cdot nd \quad v_i := i \cdot dV \quad Coef_R := Ispline(v, Res^{<1>})$

$R(V) := interp(Coef_R, v, Res^{<1>}, V) \cdot newton$

$V := 0 \cdot nd, 0.125 \cdot nd.. v_{Nb}$

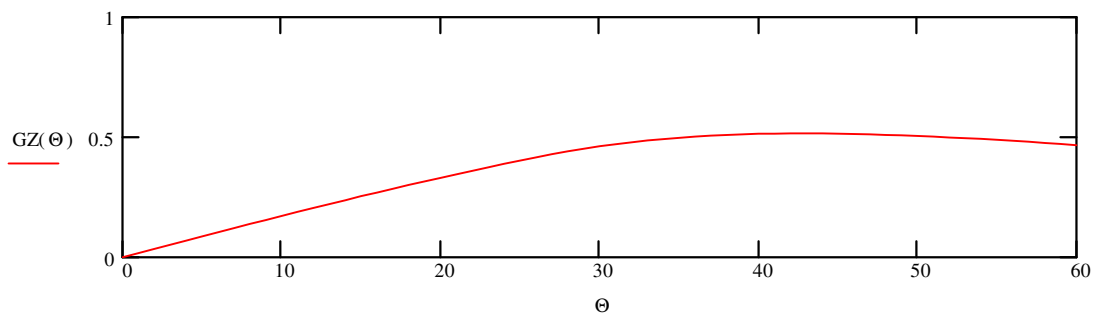


courbe de stabilité :

$Courbe := LIREPRN("BLKYR165.prn' Nb := longueur(Courbe^{<0>}) - 1 \quad i := 0.. Nb$

$\theta_i := Courbe_{i,0} \quad \theta_0 := 0 \quad gz_i := Courbe_{i,1} \cdot m \quad Coef_Gz := Ispline(\theta, gz) \quad GZ(\Theta) := interp(Coef_Gz, \theta, gz, \Theta)$

$\Theta := 0.. \max(\theta)$



Caractéristiques de la voile :

surface : $S := 11.5 \cdot m^2$

cote du centre vélique : $Z_{cv} := 7.25 \cdot m$

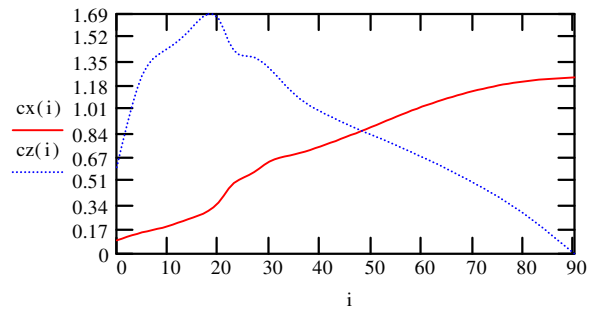
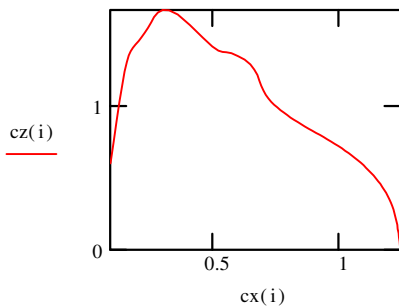
effet de la porosité : $\sigma := 0.7$

écart maximal d'orientation de la vergue en ° : $\omega := 70$

incidence en ° du Cz maximal : $I_{czmax} := 18$

polaire : $Polaire := LIREPRN("VOILE3.prn")$ $I := Polaire^{<0>}$ i incidence de la voile $0 < i < 90^\circ$

$cx(i) := \text{interplin}(I, Polaire^{<1>}, i)$ $cz(i) := \text{interplin}(I, Polaire^{<2>}, i)$ $i := 0..90$



$Cx(i) := \text{si}(|i| \leq 90, cx(|i|), cx(180 - |i|))$

$\text{signe}(i) := \text{si}(i \geq 0, 1, -1)$

$Cz(i) := \text{si}(|i| \leq 90, \text{signe}(i) \cdot cz(|i|), -\text{signe}(i) \cdot cz(180 - |i|))$

i orientation quelconque

Vent réel :

force Beaufort : $B := 4$

vitesse : $V_r := \left(\frac{B}{1.112} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{m}{\text{sec}}$ $V_r = 13.3 \text{ nd}$

gisement en ° : $\gamma_r := 90$

Plage d'étude de la vitesse du navire :

$V_{min} := 2 \cdot \text{nd}$ $V_{max} := 6 \cdot \text{nd}$ $\delta V := 0.05 \cdot \text{nd}$ $N_b := \text{partentière} \left(\frac{V_{max} - V_{min}}{\delta V} \right)$ $N_b = 80$

$n := 0..N_b$

$V_n := V_{min} + n \cdot \delta V$

Vent apparent :

$V_n^a := \sqrt{(V_n + V_r \cdot \cos(\gamma_r \cdot \text{deg}))^2 + (V_r \cdot \sin(\gamma_r \cdot \text{deg}))^2}$ $\gamma_n^a := \arccos \left(\frac{V_n + V_r \cdot \cos(\gamma_r \cdot \text{deg})}{V_n^a} \right)$

Réglage de la vergue :

orientation de la voile : $\alpha_n := \text{si} \left(\gamma_n^a > \frac{\pi}{2} + I_{czmax} \cdot \text{deg}, 90, \text{si} \left(\gamma_n^a > \frac{\pi}{2} - \omega \cdot \text{deg} + I_{czmax} \cdot \text{deg}, \frac{\gamma_n^a}{\text{deg}} - I_{czmax}, 90 - \omega \right) \right)$

incidence : $a_n := \frac{\gamma_n^a}{\text{deg}} - \alpha_n$

Poussée vélique :

composante longitudinale :
$$CL_n := Cx(a_n) \cdot \cos(\pi - \gamma_{a_n}) + Cz(a_n) \cdot \cos\left(\gamma_{a_n} - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\rho_{\text{air}} := 1.22 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad FL_n := \frac{1}{2} \cdot CL_n \cdot \rho_{\text{air}} \cdot S \cdot (Va_n)^2 \cdot \sigma$$

Force transversale :

composante transversale :
$$CT_n := Cx(a_n) \cdot \sin(\pi - \gamma_{a_n}) - Cz(a_n) \cdot \sin\left(\gamma_{a_n} - \frac{\pi}{2}\right)$$

force transversale sans gîte :
$$FT_n := \frac{1}{2} \cdot CT_n \cdot \rho_{\text{air}} \cdot S \cdot (Va_n)^2 \cdot \sigma$$

Gîte produite :

moment inclinant :
$$Mi(n, \Theta) := FT_n \cdot \cos(\Theta \cdot \text{deg}) \cdot (Zcv - Zd) \cdot \cos(\Theta \cdot \text{deg})$$

moment de redressement :
$$P := D \cdot 1000 \cdot \text{force}$$

$$Mr(\Theta) := GZ(\Theta) \cdot P$$

gîte en ° :
$$\Theta := 0 \quad \beta_n := \text{racine}(Mr(\Theta) - Mi(n, \Theta), \Theta)$$

Dérive produite :

inverse de la formule de Joessel :
$$K_j := 25 \quad \text{sini}(\text{newton}, v) := \frac{0.2}{\frac{K_j \cdot L \cdot T \cdot v^2}{\text{newton}} \cdot \frac{\text{force}}{\text{m}^4 \cdot \text{sec}^{-2}} - 0.3}$$

angle de dérive en ° :
$$\text{der}_n := \arcsin\left(\text{sini}\left(\frac{FT_n \cdot \cos(\beta_n \cdot \text{deg})}{V_n}\right)\right) \cdot \text{deg}^{-1}$$

coefficient de dérive :
$$\rho_{\text{eau}} := 1025 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad Cd_n := \frac{FT_n \cdot \cos(\beta_n \cdot \text{deg})}{\frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot L \cdot T \cdot (V_n)^2} \quad (\text{pour comparaison avec la méthode de l'article})$$

Traînée induite par la dérive :

coefficient de traînée induite :

$$\text{Coef} := \begin{bmatrix} 14.9211 & 0.0073 \\ 0.0252 & 0.0053 \\ 0.0203 & 0.0008 \end{bmatrix} \quad k := 0..2 \quad m := 0..1 \quad C(k, \beta) := \sum_m \text{Coef}_{k,m} \cdot \beta^m \quad \Delta Cx(\delta, \beta) := \left(\sum_k C(k, \beta) \cdot \delta^k \right) \cdot 10^{-3}$$

traînée induite :
$$\Delta Cl_n := \Delta Cx(\text{der}_n, \beta_n) \quad \Delta R_n := \Delta Cl_n \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot L \cdot T \cdot (V_n)^2$$

Correction pour l'état de la mer :

$$k_1 := -0.0441 \cdot B^3 + 2.716 \cdot B^2 - 0.3719 \cdot B + 4.775 \quad k_2 := 0.00596 \cdot B^3 - 0.2244 \cdot B^2 + 0.01886 \cdot B - 0.3732$$

$$C_{mer} := \frac{k_1 + k_2 \cdot \ln(D)}{100} \quad C_{mer} = 0.341$$

Correction pour la salissure :

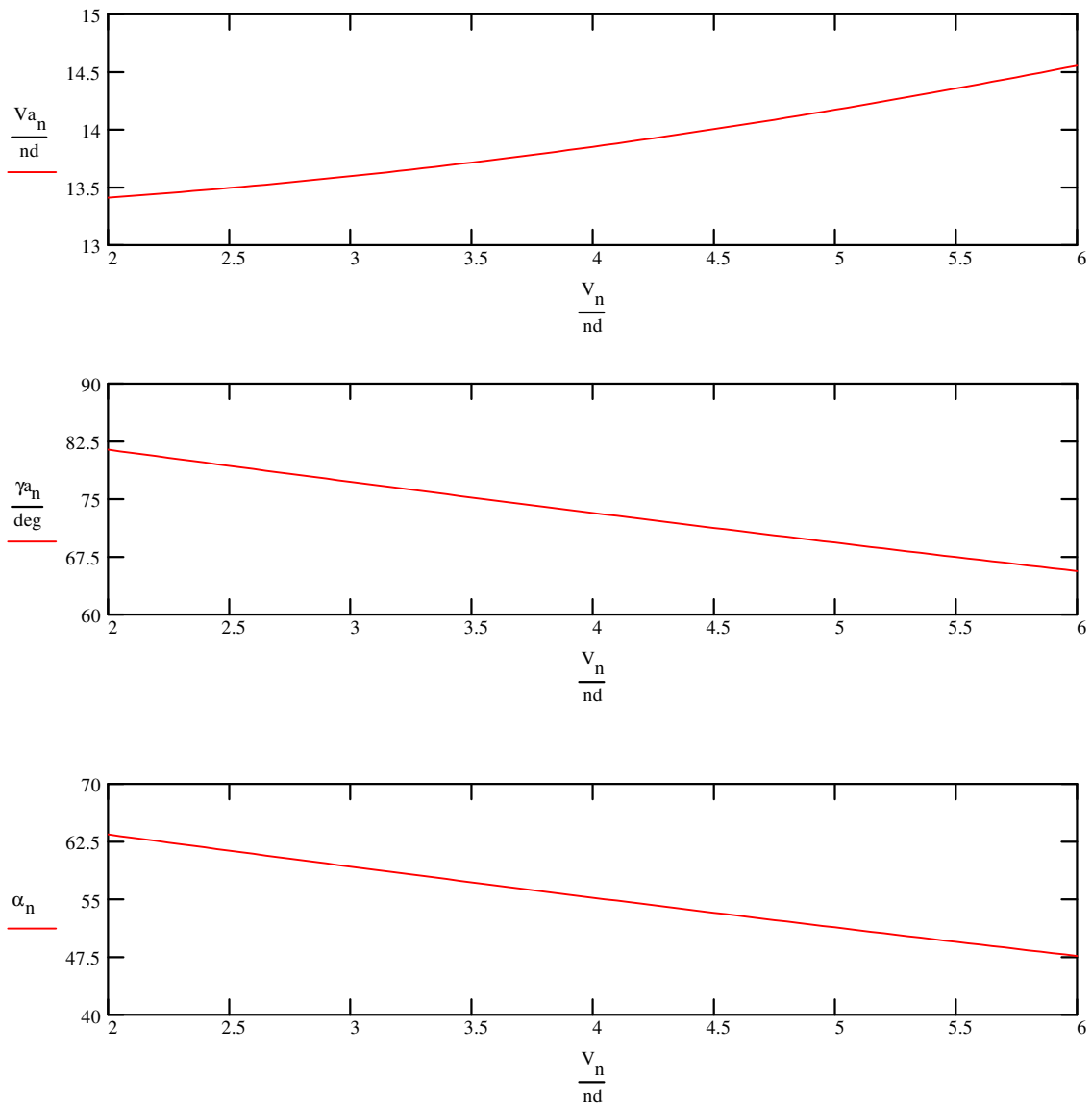
$$C_{salissure} := 0$$

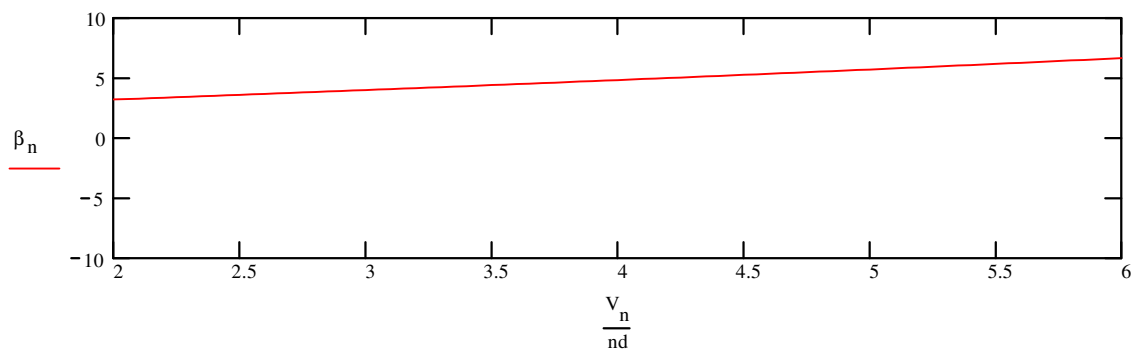
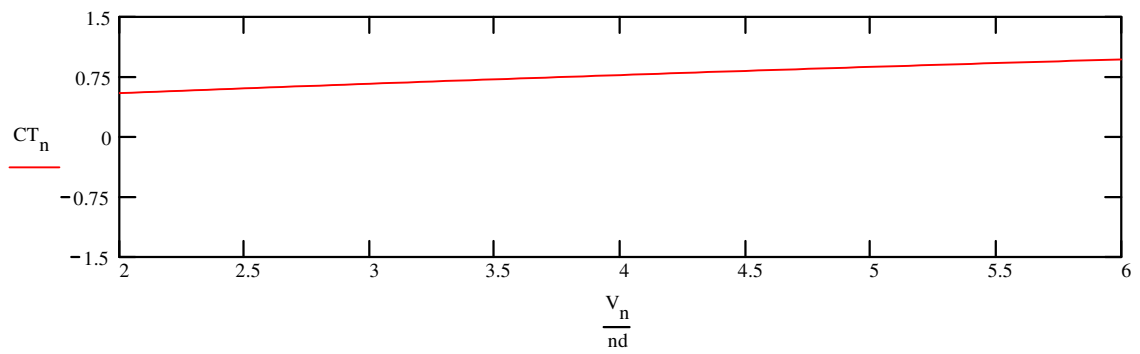
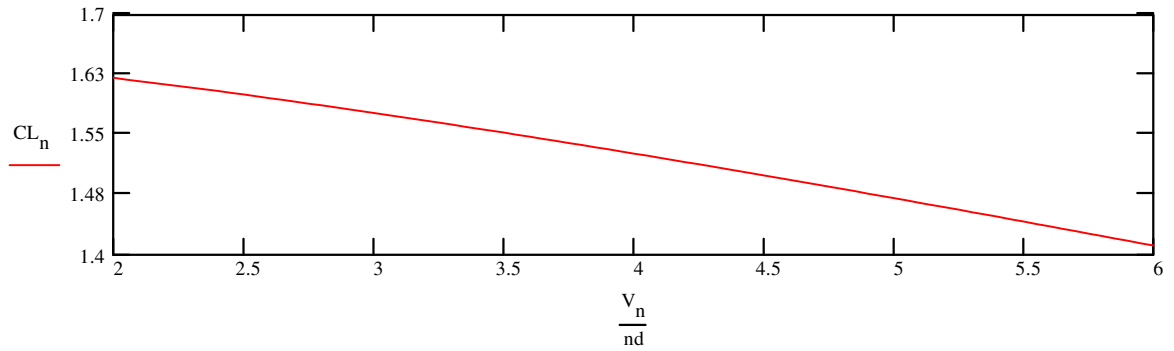
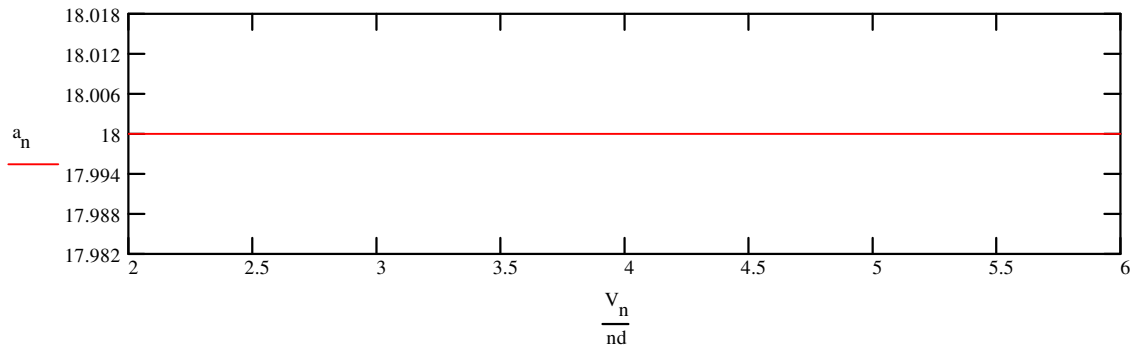
Résistance hydrodynamique totale :

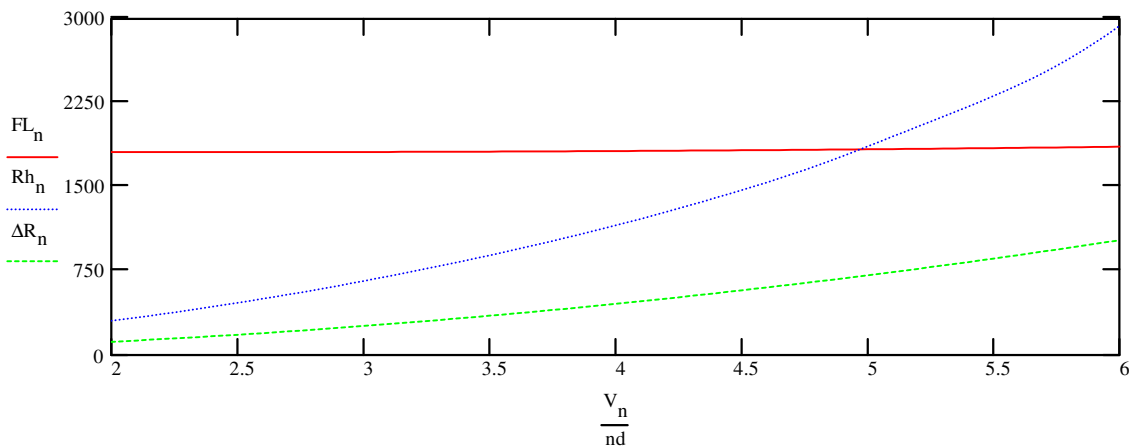
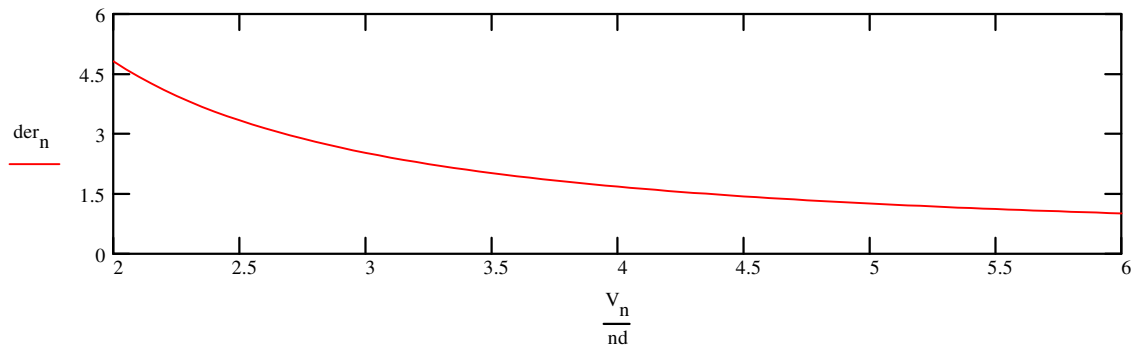
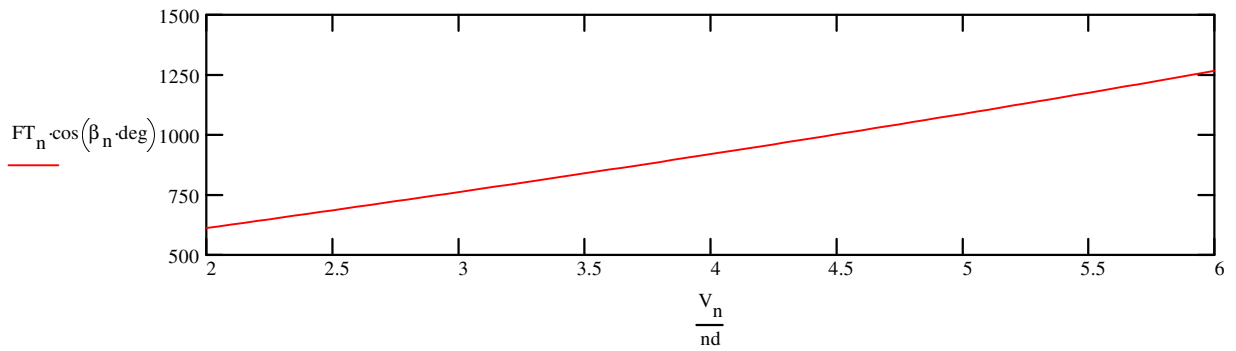
$$R_{h_n} := R(V_n) \cdot (1 + C_{mer} + C_{salissure}) + \Delta R_n$$

Variation des grandeurs dans la plage de vitesse étudiée :

$$\gamma_r = 90$$







Régime d'équilibre :

$Poussee(v) := \text{interplin}(V, FL, v)$

$Resistance(v) := \text{interplin}(V, Rh, v)$

$v := 4 \cdot nd$ (valeur approchée d'initialisation du processus de résolution de l'équation)

$Vitesse := \text{racine}(Poussee(v) - Resistance(v), v) \cdot nd^{-1}$

Vitesse = 5

Bilan au régime d'équilibre :

$$\text{indice du point calculé le plus proche : } n := \frac{\text{Vitesse} \cdot \text{nd} - \text{Vmin}}{\delta V}$$

$$n := \text{si}(n - \text{partentière}(n) < 0.5, \text{partentière}(n), \text{plafond}(n))$$

$$\text{force du vent : } B = 4$$

$$\text{vitesse du vent réel : } V_r = 13.3 \cdot \text{nd}$$

$$\text{gisement du vent réel en } ^\circ : \gamma_r = 90$$

$$\text{vitesse du navire en nd : } \text{Vitesse} = 5$$

$$\text{orientation de la vergue en } ^\circ : \alpha_n = 52$$

$$\text{gîte en } ^\circ : \beta_n = 6$$

$$\text{dérive en } ^\circ : \text{der}_n = 1$$

Sauvegarde sur fichier :

$$\begin{array}{lllll} E_0 := \gamma_r & E_1 := \text{Vitesse} & E_2 := \alpha_n & E_3 := \beta_n & E_4 := \text{der}_n \\ E_5 := \frac{V a_n}{\text{nd}} & E_6 := \frac{\gamma a_n}{\text{deg}} & E_7 := a_n & E_8 := \frac{FL_n}{\text{newton}} & E_9 := \frac{FT_n \cdot \cos(\beta_n)}{\text{newton}} \\ E_{10} := C d_n & E_{11} := \Delta C l_n & E_{12} := \frac{R h_n}{\text{newton}} & & \end{array}$$

$$\text{PRNPRECISION} := 6$$

$$\text{PRNCOLWIDTH} := 9$$

$$\text{AJOUTERPRN}(\text{"POLKYR4B.prn"}) := E^T$$

Récupération des régimes de fonctionnement aéro-hydrodynamique du navire correspondants à une force donnée du vent réel reçu sous plusieurs gisements et construction de la polaire correspondante.

Lecture des résultats sauvegardés sur fichier :

$M := \text{LIREPRN}(\text{"POLKYR4B.prn"}) \quad \gamma := M^{<0>} \quad V := M^{<1>} \quad \alpha := M^{<2>} \quad \beta := M^{<3>} \quad \text{der} := M^{<4>}$
 $N_p := \text{longueur}(\gamma) \quad i := 0..N_p - 1 \quad V_a := M^{<5>} \quad \gamma_a := M^{<6>} \quad a := M^{<7>} \quad FL := M^{<8>} \quad FT := M^{<9>}$
 $N_p = 15 \quad \text{points} \quad C_d := M^{<10>} \quad \Delta Cl := M^{<11>} \quad Rh := M^{<12>}$

Polaire de la vitesse :

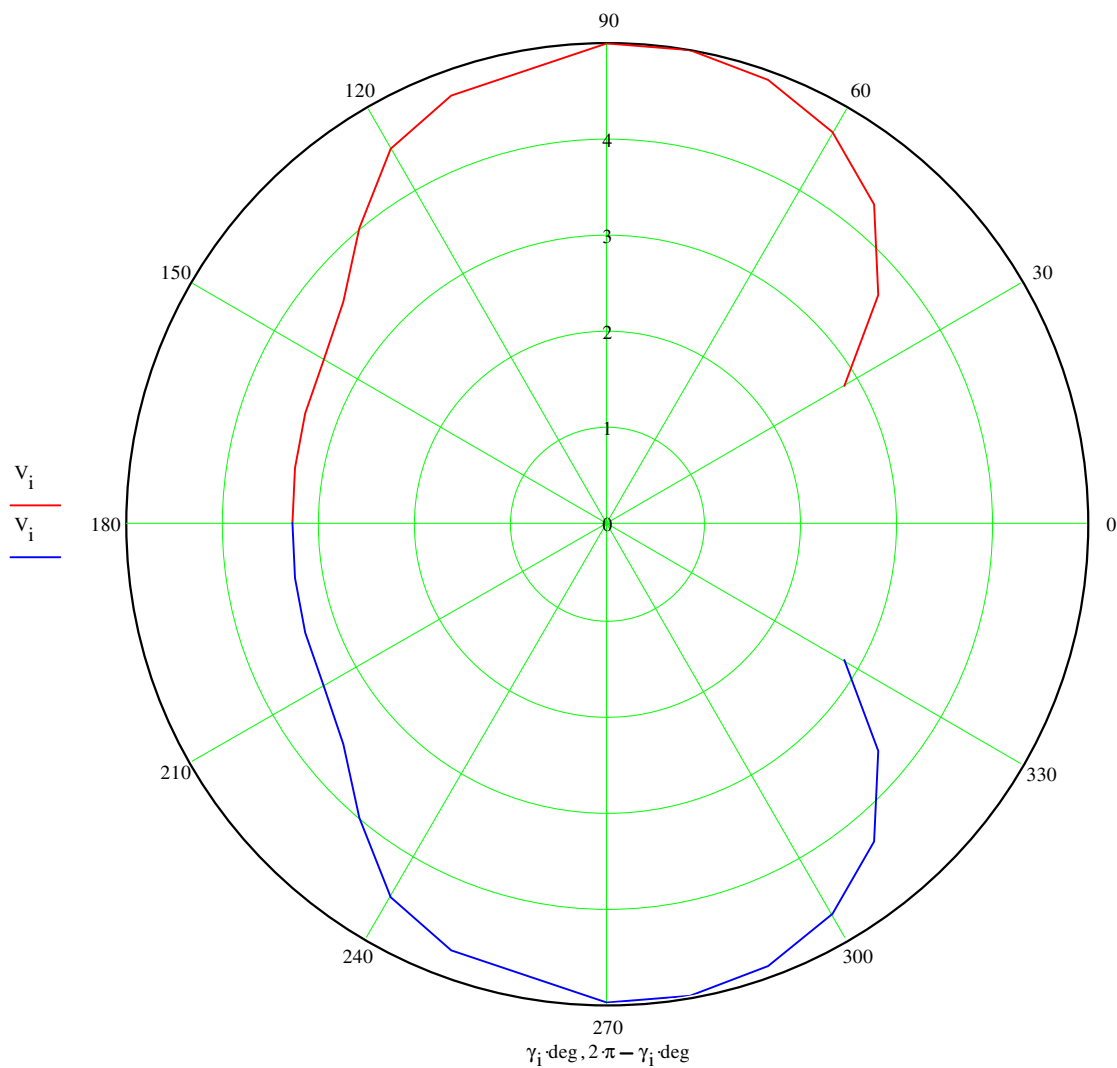


Diagramme de la vitesse :

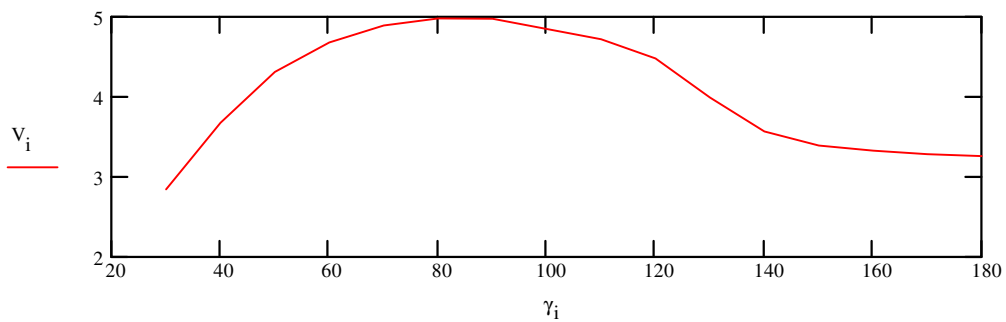


Diagramme du réglage de la vergue :

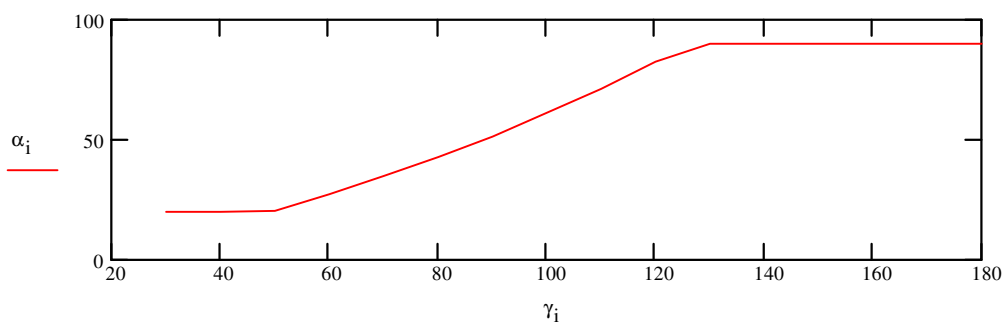


Diagramme de la gîte :

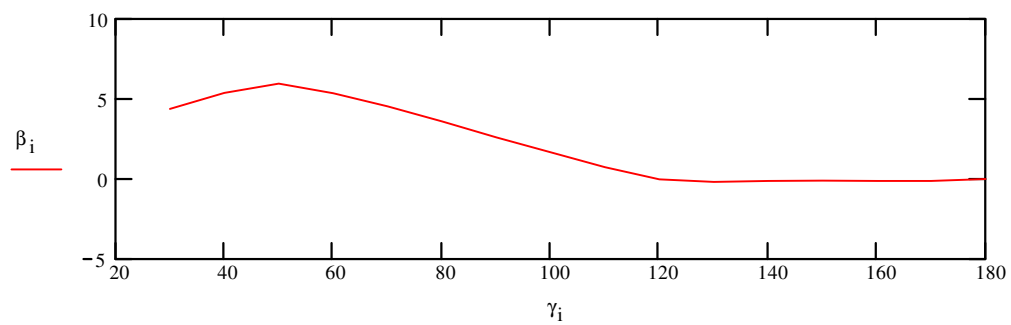


Diagramme de la dérive :

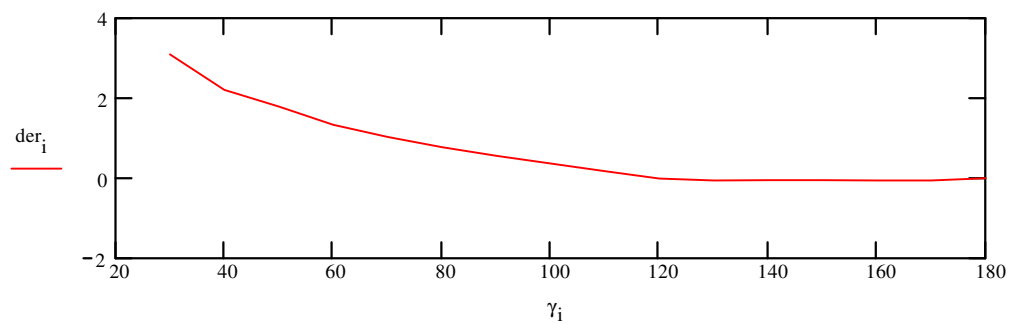


Diagramme de la vitesse du vent apparent :

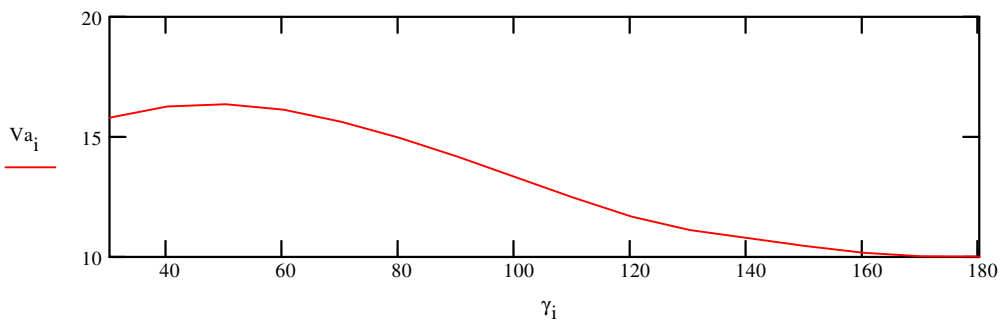


Diagramme du gisement du vent apparent :

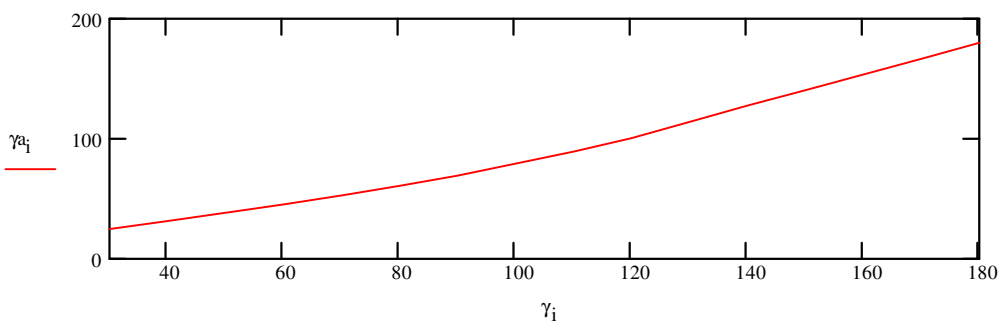


Diagramme de l'orientation de la vergue :

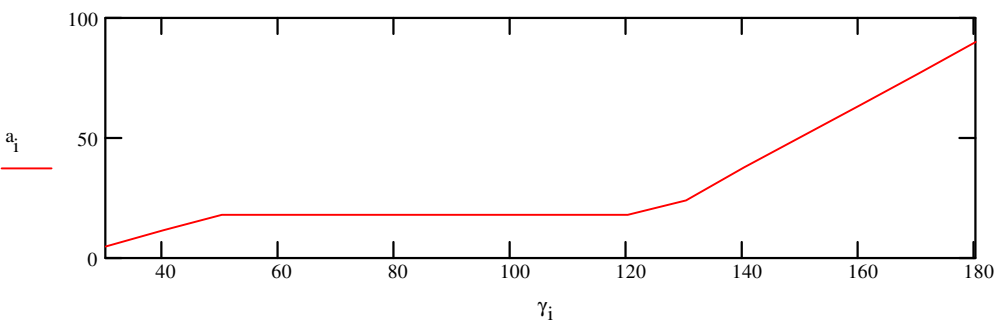


Diagramme de la force de dérive :

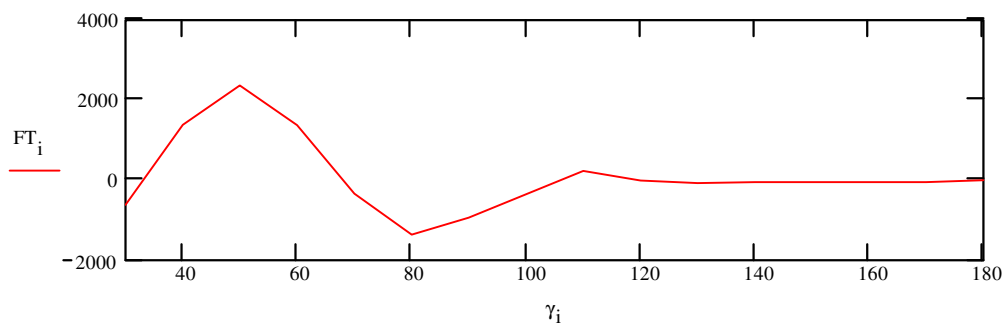


Diagramme du coefficient de dérive :

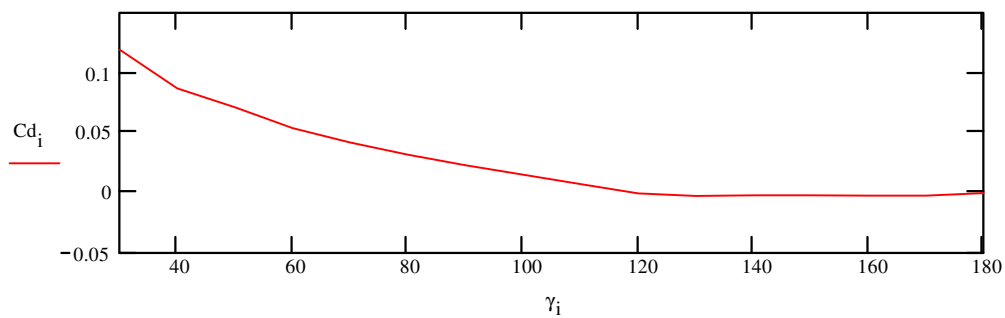


Diagramme du coefficient de trainée induite :

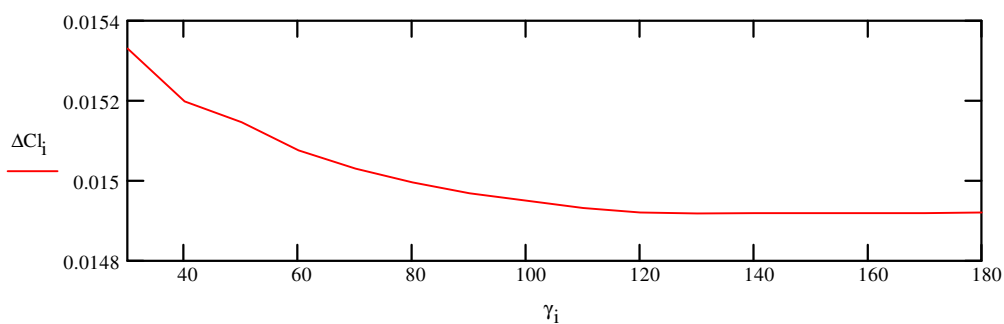


Diagramme des forces propulsive et résistante :

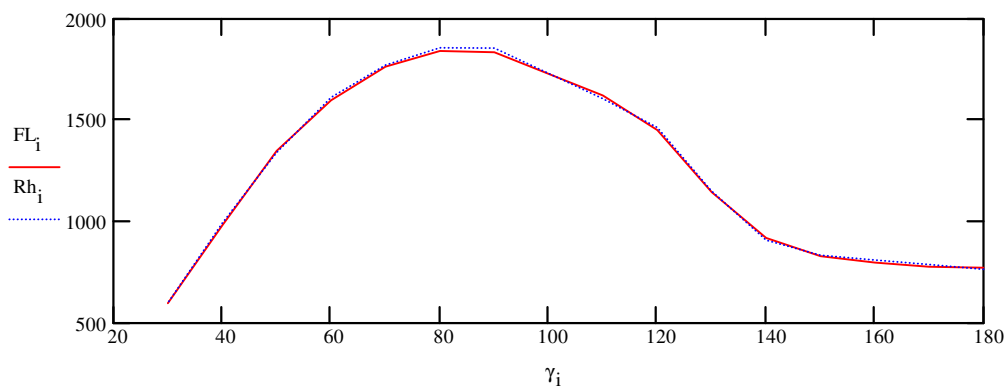


Table des vitesses :

180	3.262
170	3.284
160	3.329
150	3.39
140	3.569
130	3.992
120	4.481
110	4.72
90	4.976
80	4.982
70	4.89
60	4.681
50	4.312
40	3.676
30	2.845

