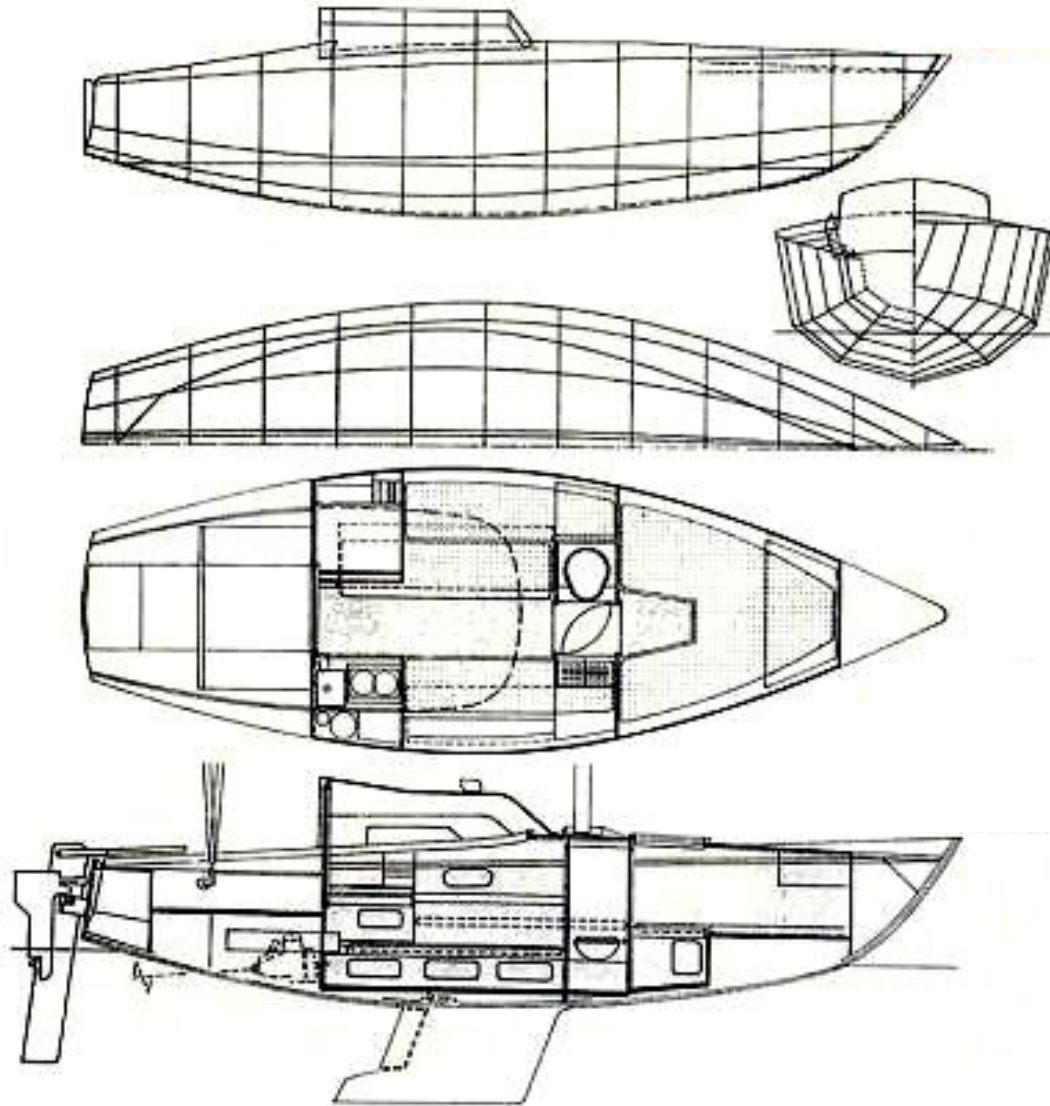


Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Des sciences et de la Technologie MB d'Oran
Faculté de Génie Mécanique
Département de Génie Maritime

Master : Architecture Navale



Cours : Spécification Armateur

Elaboré par Meddane Fatima
Année Universitaire : 2022-2023



Introduction

« Un navire réussi, rapide, efficace, sûr, élégant, et qui arrive sans encombre à bon port est le fruit d'une bonne symbiose entre :

- Le travail de conception effectué par l'architecte naval ;
- La réalisation effectuée par le chantier constructeur ;
- L'usage qui en fait par l'armateur.

Chacune de ses trois parties doit savoir clairement quel est son rôle et les limites de son apport... »

Ce texte constitue l'introduction de la « charte de l'architecture navale » définie par l'institut français des architectes navals.

L'objectif principal de ce cours semestriel destinés aux étudiants Master II de Génie Maritime est de fournir à l'étudiant les éléments nécessaires afin de connaître et traduire les exigences et besoin de l'armateur en projet d'un navire concret. Le contenu est partagé entre les conditions de choix de l'armateur (Rédaction de cahiers des charges) et vérification des règlements imposés par les sociétés de classification. Le document est conditionné sous formes de trois chapitres contenant les bases théoriques de la tenue du projet du navire et des travaux pratiques sous formes de recherches, de dessins manuels et de présentations orales se voulant fructifiant et enrichissant dans l'appréhension du projet du navire.



Sommaire

Chapitre I : Cahier des charges

I.1 Définition du cahier des charges

I.2 Spirale du navire

I.3 Mission et travaux effectués par l'architecte naval

I.3.1 Esquisse

I.3.2 Avant-projet du navire

I.3.3 Projet du navire

I-4 Contenu du projet

I.4.1 Un plan des formes et données hydrostatiques

I.4.1.1 Le plan des formes

I.4.1.2 Les courbes hydrostatiques

I.4.2 Un plan de construction coque représenté principalement par une « coupe au maître » échantillonnée.

I.4.3 Un plan d'ensemble (en particulier des emménagements)

I.4.4 Devis de masse et étude de la stabilité.

I.4.4.1 Devis de masse

I.4.4.2 Etude de la stabilité

I-5 Impact de l'informatique sur l'architecture navale

Chapitre II : Exigences et besoin de l'armateur en projet d'un navire concret.

II.1 Rédaction du cahier des charges :

II.2 Collaboration entre l'architecte et l'armateur

II.3 Conception des plans et modélisation

II.4 Construction

II.5 Coûts de construction

II.5.1 Estimation du coût par statistiques

II.5.2 Main d'œuvre



Chapitre III : Vérification des règlements imposés par les sociétés de classification

III.1 Les sociétés de classification

III.2 Classification et exigences dans la construction des coques des navires :

III.3 Classe du navire

III.4 Les symboles de classification

III.5 Les Marques de surveillance de construction

III.6 Mention de navigation et de service

III.7 Les Principales sociétés de classification

III.8 Les activités des institutions de classification

III.9 Les exigences des Sociétés de Classification

III.10 Les conventions internationales.



Chapitre I : Cahier des charges

I.1 Définition du cahier des charges

Le programme d'un navire qui n'est autre que le cahier des charges (ou spécification armateur) est la liste des fonctions que le navire devra assurer. Les performances indiquées sont destinées à engager la responsabilité du constructeur du navire et de l'architecte naval.

Avant toute chose, il appartient au client (armateur particulier, ou même parfois constructeur) de définir son programme aussi précisément que possible, en indiquant par exemples les dimensions principales du navire qu'il souhaite réaliser et l'utilisation qui en sera faite, éventuellement le matériau de coque, une liste d'équipements spécifiques, l'enveloppe budgétaire...

Ces données sont parfois rassemblées dans un document qui constitue la « spécification armateur ». « L'élaboration de ce 'cahier des charges' peut être délicate car il doit présenter assez d'éléments pour ne pas laisser de flou dans le programme, ni trop de contraintes qui rendraient le projet irréaliste... Le cahier des charges peut tenir en 3 lignes ou en 10 pages... ».

Après l'avoir soigneusement examiné, l'architecte naval entreprend normalement une mission de base qui consiste à effectuer plusieurs travaux représentés sous la forme d'une spirale (voir spirale du navire).

Tout ce cheminement peut être résumé en trois phases par lesquelles devront passés les travaux et les calculs effectués par l'architecte naval.

I-2 Spirale du navire

La spirale du navire définit les différentes étapes à travers lesquelles passe l'élaboration du projet du navire, en commençant par les prémices d'une esquisse et s'achevant par l'étape finale qui est la construction du navire. Il est tout à fait envisageable de



procéder à des interactions entre les étapes afin de corriger et de revenir sur des valeurs préalablement calculées. La figure 1 la représente sous sa forme traditionnelle.

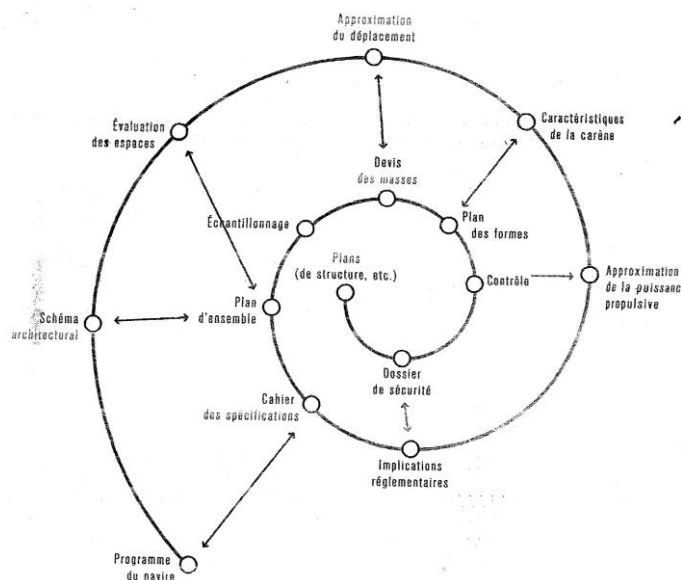


Figure 1.1 : Spirale du navire

I.3 Mission et travaux effectués par l'architecte naval

I.3.1 Esquisse

L'esquisse est un schéma embryonnaire proposant une ou plusieurs solutions d'ensemble. Elle représente dans ses grandes lignes la silhouette du navire, son organisation interne, son aménagement général. A ce stade, les dimensions principales (longueur, largeur, déplacement...) sont définies d'une manière approximative. Puis le client arrête son choix sur l'une des solutions proposées, à partir de quoi la disposition générale du navire ne sera en principe pas remise en cause.

L'esquisse est la phase la plus 'créative' de l'intervention de l'architecte naval, celle qui exprime le plus son art (figure 2). Elle consiste en une réflexion approfondie, recherche d'une idée, d'un « parti architectural », basée sur son intuition, son savoir-faire et son



expérience. Elle est d'abord ébauchée sous forme de croquis rapides souvent exécutés à main levée et calculs sommaires de dimensionnements préalables. Si le client a sur ce qu'il souhaite des idées précises, parfois exprimées par des plans ou croquis joints au cahier des charges. Il se déclare volontiers incompetent sur les formes de la carène et ses caractéristiques, notamment le déplacement dont l'évaluation est fondamentale dès l'origine du projet.

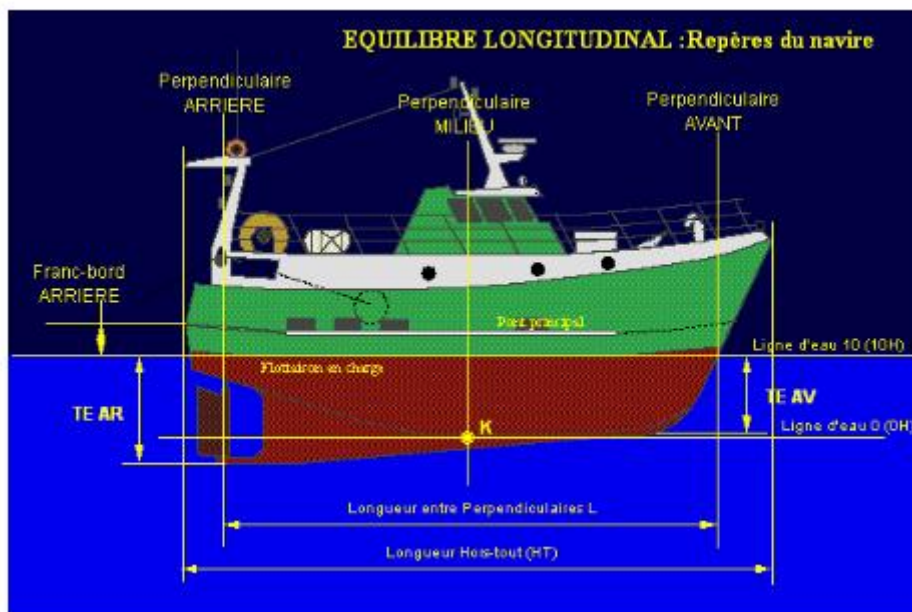


Figure 1.2 : Représentation d'une esquisse de navire

I.3.2 Avant-projet du navire

L'avant-projet du navire précise, à partir de l'esquisse approuvée par le client, les dimensions de l'ensemble et les dispositions constructives générales du navire. L'avant-projet doit être suffisamment élaboré pour permettre d'une part une estimation provisoire mais réaliste du déplacement, et d'autre part une analyse prévisionnelle du coût de construction par un chantier.

Dès ce stade sont en général mis en œuvre des moyens informatiques ; ébauche des formes par CAO, spécification, devis de masse... qui permettront aussi de contrôler au fur et à mesure la faisabilité des propositions et leur cohérence globale, et de justifier le cas échéant le respect de contraintes réglementaires (étude de stabilité prévisionnels...).



Après éventuellement quelques adaptations le client approuve formellement l'avant-projet. A partir de là, il ne pourra plus imposer de changement et laissera l'architecte naval finaliser librement son projet.

I.3.3 Projet du navire

Le projet du navire comporte les plans et documents permettant au chantier naval de construire le navire, et aux équipementiers de fournir leurs matériels. Ce sont des plans directeurs qui définissent sans ambiguïté l'ensemble du navire dans sa conception, sans pour autant constituer, pour la plupart d'entre eux, des plans directement exécutables : plans dits d'exécution, d'ateliers ou de détails. Ceux-ci restent de la responsabilité du chantier (ou ses sous-traitants), qui les établira en fonction de ses propres standards et méthodes de construction, à partir des plans directeurs.

L'architecte naval intervient donc ici, souvent seul au départ (esquisse), parfois un peu plus tard en équipe (avant-projet, projet), comme un concepteur, à la fois inventeur, architecte, ingénieur, styliste et décorateur, chargé de la conception globale du navire, du choix des éléments qui en détermineront les qualités nautiques, du principe de sa structure coque et enfin du style qui en déterminera l'esthétique, en intégrant au mieux les impératifs techniques de construction et des installations définies et/ou étudiées par d'autres intervenants (mécanique, fluide, hydraulique, électricité, électronique, etc....).

I.4 Contenu du projet

Le projet comporte normalement tous les éléments permettant d'apprécier la bonne marche du navire pour l'usage auquel il est destiné, qui sera caractérisé principalement par sa stabilité, sa manœuvrabilité et ses performances. Autant de choses qui, enfin de compte, dépendront très largement de la masse réelle du navire (et de la position correspondante de son centre de gravité), des performances de l'appareil propulsif (moteur et hélices, voile et gréement pour un voilier)... et des capacités propres de l'utilisateur, sur lesquelles l'architecte naval a peu de contrôle et pour lesquelles en conséquence, on ne saurait exiger de lui qu'il assume seul la garantie ; Son architecture globale, définie par les formes de coque (œuvres mortes, œuvres vives, appendices compris), pont et superstructures ; le système propulsif



(spécification générale des moteurs ou de la voilure...) et de gouverne ; l'implantation des principaux équipements (et vérification des masses correspondantes, qui seront intégrées au devis de masse prévisionnel global) ; et enfin les emménagements intérieurs, représentés par des plans plus ou moins détaillés qui en donnent la disposition générale. Finalement le projet comprend :

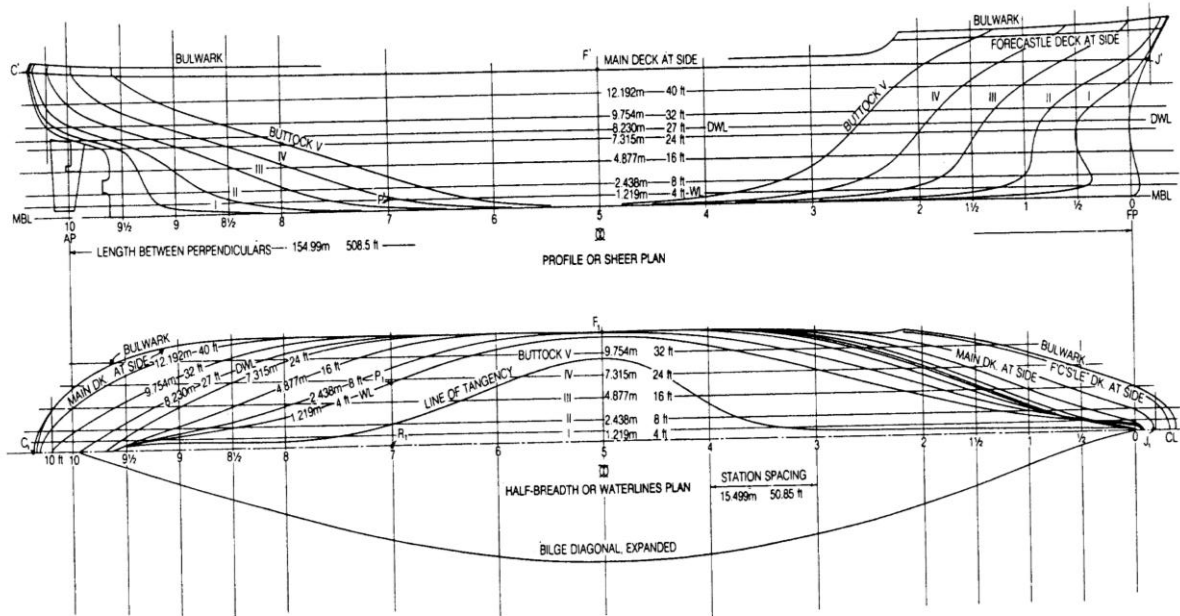
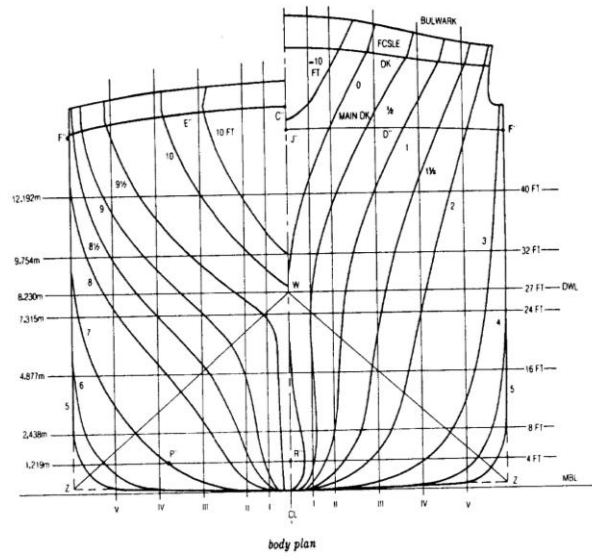
- ✓ Un plan des formes et données hydrostatiques correspondantes.
- ✓ Un plan de construction
- ✓ Un plan d'ensemble (en particulier des emménagements)
 - ✓ Devis de masse et étude de stabilité. La mission de base de l'architecte naval s'arrête habituellement au projet ainsi défini. Elle peut être étendue si nécessaire à d'éventuelles missions complémentaires. Après examen du projet, le constructeur peut ainsi être amené à demander des précisions ou des explications qui lui seront données par l'architecte naval (notamment à l'occasion de visites de chantier généralement prévues pour cela à son contrat, sans qu'elles constituent d'ailleurs des visites de surveillance au sens de la maîtrise d'œuvre-, mission qui incombe normalement, comme c'est l'usage, au constructeur ou à un bureau de contrôle), voire des corrections ou des modifications pour l'adapter au mieux à ses propres possibilités de fabrication, savoir-faire ou standards habituels.

I.4.1 Plan des formes et données hydrostatiques correspondantes.

I.4.1.1 Le plan des formes

Le plan des formes est le plan de base qui prédéfinit les formes du navire. Il comporte trois vues, longitudinale, transversale et horizontale, qui permettent de visualiser les formes caractéristiques globales du navire à échelle réduite.





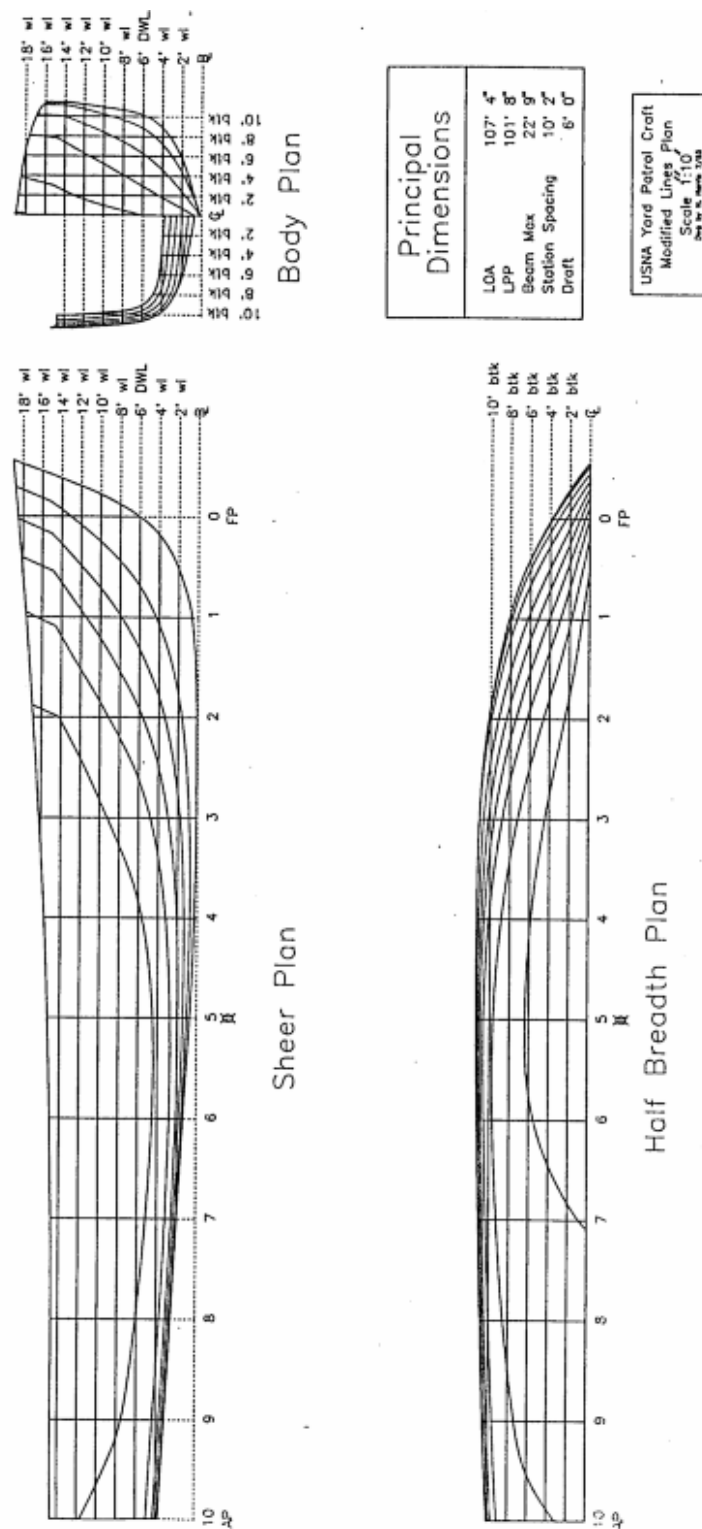


Figure I.3 Plan des formes d'un navire



A partir de ces formes géométriques, il est possible de calculer les données hydrostatiques qui permettront de tracer les courbes hydrostatiques correspondantes au navire.

I.4.1.2 Les courbes hydrostatiques

Tout projet de navire doit contenir un jeu de courbes nommées courbes hydrostatiques calculée par méthodes numériques sur la base des données du plan des formes pour une assiette nulle et une ligne de flottaison donnée.. Elles seront utiles afin de déterminer rapidement les grandeurs calculées en fonction de l'immersion du navire afin d'assurer la stabilité. Elles comportent les courbes des paramètres tels que le déplacement du navire, le volume et centres de carène, les aires de flottaison, et ce pour chaque ligne d'eau considérée. Elles sont énumérées tel qu'il suit :

1. Courbe du volume de carène ∇ (m^3)
2. Courbe du déplacement du navire Δ (t)
3. Courbe de l'abscisse du centre de la carène X_c (m)
4. Courbe de la hauteur du centre de carène Z_c (m)
5. Courbe de l'aire de flottaison S_f (m^2)
6. Courbe de l'abscisse du centre de flottaison X_f (m)
7. Courbe du moment transversal I_t (m^4)
8. Courbe du moment d'inertie propre I_o (m^4)
9. Courbe du moment d'inertie longitudinal I_l (m^4)
10. Courbe du rayon métacentrique transversal BM_T (m)
11. Courbe du rayon métacentrique longitudinal BM_L (m)
12. Courbe du déplacement pour un centimètre TP_C (t/cm)



13. Courbe du moment unitaire longitudinal MU_L

14. Courbe du bloc coefficient C_b

Exercice : Faire un calcul de courbes de courbes hydrostatiques d'un navire choisi.

Les tableaux qui suivent doivent être complétés par les calculs qui y figurent ; exemples en figure I.4 et I.5



USTO			Courbes hydrostatiques			Cb = 0,6			Navire: Cargo			L3 CNAO			Page 4 / 8
Dépt. Génie Maritime		I	Ligne d'eau N°4 (WL = 0,50)		III	IV	Fait par: OUAKEB Rachida		V	VI	VII	VIII	N° des couples		
N° des couples	Y		II	C.S			Y . CS	X / h						Y.CS.(X/h)	
PPAR	0,000		½	0,000		10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PPAR	½	
½	0,215		2	0,430		9 ½	4,085	38,805	0,010	0,020				1	
1	0,831		1	0,831		9	7,476	67,280	0,573	0,573				1 ½	
1 ½	1,524		2	3,049		8 ½	25,915	220,280	3,543	7,085				2	
2	2,306		1 ½	3,459		8	27,674	221,394	12,266	18,398				3	
3	4,036		4	16,143		7	113,003	791,024	65,736	262,942				4	
4	5,590		2	11,179		6	67,075	402,450	174,638	349,276				5	
5	7,368		4	29,472		5	147,362	736,809	400,004	1600,016				6	
6	8,638		2	17,277		4	69,108	276,430	644,625	1289,250				7	
7	9,401		4	37,603		3	112,808	338,424	830,760	3323,040				8	
8	9,713		2	19,427		2	38,853	77,707	916,452	1832,903				9	
9	9,772		4	39,088		1	39,088	39,088	933,148	3732,591				10	
10	9,772		2	19,544		0	0,000	0,000	933,148	1866,295				11	
11	9,733		4	38,932		-1	-38,932	38,932	921,995	3687,979				12	
12	9,489		2	18,977		-2	-37,954	75,909	854,295	1708,591				13	
13	8,853		4	35,414		-3	-106,241	318,724	693,961	2775,843				14	
14	7,837		2	15,674		-4	-62,697	250,789	481,364	962,728				15	
15	6,450		4	25,798		-5	-128,990	644,952	268,276	1073,105				16	
16	4,906		2	9,811		-6	-58,867	353,199	118,049	236,098				17	
17	3,381		4	13,524		-7	-94,671	662,698	38,653	154,610				18	
18	1,993		1 ½	2,990		-8	-23,922	191,375	7,922	11,883				18 ½	
18 ½	1,378		2	2,756		-8 ½	-23,423	199,100	2,616	5,232				19	
19	0,850		1	0,850		-9	-7,651	68,863	0,614	0,614				19 ½	
19 ½	0,401		2	0,801		-9 ½	-7,612	72,318	0,064	0,129				PPAV	
PPAV	0,000		½	0,000		-10	0,000	0,000	0,000	0,000					
Somme Σ =				363,030			61,485	6086,549		24899,201					

Sr = 2/3 h ΣIII = 1694,14	m ²	It = I ₀ - Sr. Xf ² = 54426,54	m ⁴	Lf = 142	m
Xf = h ΣV/ΣIII = 1,19	m	ρ = 1025	Kg/m ³	Lpp = 140	m
It = 2/9 h ΣVIII = 38732,09	m ⁴	MUL = ρ . h /100.Lf = 3,93	t	h = Lpp/20 = 7	m
I ₀ = 4/3 h ΣVI = 56807,79	m ⁴	TPC = ρ.Sr /100 = 17,36	t/cm		



Ligne d'eau : 0.25

Couple	I A	II C	III C.A	IV x/h	V C.A x/h	VI Mz	VII Mz.C
PPAR	0.000	0.5	0.000	10	0.000	0.000	0.000
1/2	0.315	2	0.630	9.5	5.985	0.340	0.68
1	1.0029	1	1.0029	9	90.026	1.132	1.132
1 1/2	1.755	2	3.510	8.5	29.83	1.965	3.930
2	2.646	1.5	3.969	8	31.75	2.932	4.398
3	4.697	4	18.788	7	131.52	5.108	20.432
4	7.185	2	14.370	6	86.22	7.696	15.392
5	9.729	4	38.916	5	194.58	10.328	41.312
6	12.053	2	24.102	4	96.408	12.704	25.408
7	14.189	4	56.756	3	170.268	14.858	59.420
8	15.644	2	31.288	2	62.57	16.277	35.554
9	16.516	4	66.064	1	66.06	17.095	68.380
10	16.8004	2	37.600	0	0.000	17.348	34.698
11	16.256	4	65.024	-1	-65.024	16.841	67.364
12	15.194	2	30.388	-2	-60.776	15.85	31.700
13	13.3503	4	53.401	-3	-160.20	14.085	56.340
14	10.933	2	21.866	-4	-87.46	11.709	23.418
15	8.248	4	32.992	-5	-164.96	9.010	36.04
16	5.709	2	11.418	-6	-68.51	6.370	12.74
17	3.649	4	14.596	-7	-102.17	4.150	16.60
18	2.259	1.5	3.388	-8	-27.11	2.570	3.855
18 1/2	1.644	2	3.288	-8.5	-27.95	1.86	3.72
19	1.089	1	1.089	-9	-9.801	1.23	1.23
19 1/2	0.556	2	1.112	-9.5	-10.564	0.626	1.252
20	0.000	0.5	0.000	-10	0.000	0.000	0.000
			$\Sigma III = 535.56$		$\Sigma V = 180.692$		$\Sigma VII = 564.935$

$$V = \frac{2}{3} h \Sigma III = 1874.46 \text{ m}^3$$

$$BML = \frac{I_L}{V} = 261.08 \text{ m}$$

$$\Delta = \rho \cdot V = 1921.32 \text{ T.}$$

$$BMT = \frac{I_L}{V} = 11.536 \text{ m}$$

$$X_c = h \frac{\Sigma V}{\Sigma III} = 1.771 \text{ m.}$$

$$KM = KB + BM_T = 12.59 \text{ m}$$

$$KB = \frac{\Sigma VII}{\Sigma III} = 1.055 \text{ m.}$$

$$C_i = \frac{V}{L.B.T} =$$

Figure I.4 Calcul hydrostatique (a)



Ligne d'eau : 0.25

Couple	I Y	II C	III C.Y	IV x/h	V C.Y.x/h	VI Y.C(x/h) ²	VII C.Y ³
PPAR	0.000	0.5	0.000	10	0.000	0.000	0.000
1/2	0.187	2	0.374	9.5	3.553	33.753	0.013
1	0.717	1	0.717	9	6.399	57.591	0.359
1 1/2	1.216	2	2.432	8.5	20.672	175.712	3.596
2	1.806	1.5	2.709	8	21.642	173.376	8.836
3	3.088	4	12.352	7	86.464	605.248	117.78
4	4.519	2	9.038	6	54.228	325.868	184.57
5	5.979	4	23.916	5	119.580	597.90	854.96
6	7.308	2	14.616	4	58.464	233.86	780.59
7	8.346	4	33.384	3	100.152	300.45	2325.38
8	8.964	2	17.928	2	35.856	71.712	144.057
9	9.264	4	37.056	1	37.056	37.056	3180.27
10	9.3575	2	18.715	0	0.000	0.000	1638.79
11	9.160	4	36.640	-1	-36.640	36.640	3074.30
12	8.749	2	17.498	-2	-34.996	69.992	1339.38
13	7.991	4	31.964	-3	-95.892	287.67	2041.09
14	6.889	2	13.778	-4	-54.872	219.48	645.37
15	5.511	4	22.044	-5	-110.22	551.1	669.50
16	4.073	2	8.158	-6	-48.948	293.68	135.73
17	2.751	4	11.004	-7	-77.028	539.19	83.278
18	1.665	1.5	2.497	-8	-13.980	159.81	6.92
18 1/2	1.179	2	2.358	-8.5	-20.043	170.36	3.277
19	0.767	1	0.767	-9	-6.903	62.127	0.451
19 1/2	0.393	2	0.786	-9.5	-7.467	70.94	0.121
20	0.000	0.5	0.000	-10	0.000	0.000	0.000
			$\Sigma III = 320.665$		$\Sigma V = 31.107$	$\Sigma VI = 5073.015$	$\Sigma VII = 18535.02$

$$S_r = \frac{2}{3} h \Sigma III = 1122.33 \text{ m}^3$$

$$I_u = I_L - S_r X_r^2 = 489 095.49$$

$$X_r = h \frac{\Sigma V}{\Sigma III} = 0,51 \text{ m.}$$

$$MUL = \frac{\rho \cdot I_L}{100 \cdot L_f} = 4,11$$

$$I_T = \frac{2}{9} h \Sigma VII = 21624.19,$$

$$TPC = \rho \cdot S_r = 1150.39$$

$$I_L = \frac{2}{3} h^3 \Sigma VI = 489 387.41$$

Figure I.5 Calcul hydrostatique (b)



Les courbes obtenues auront cette allure ; (figure I.6).

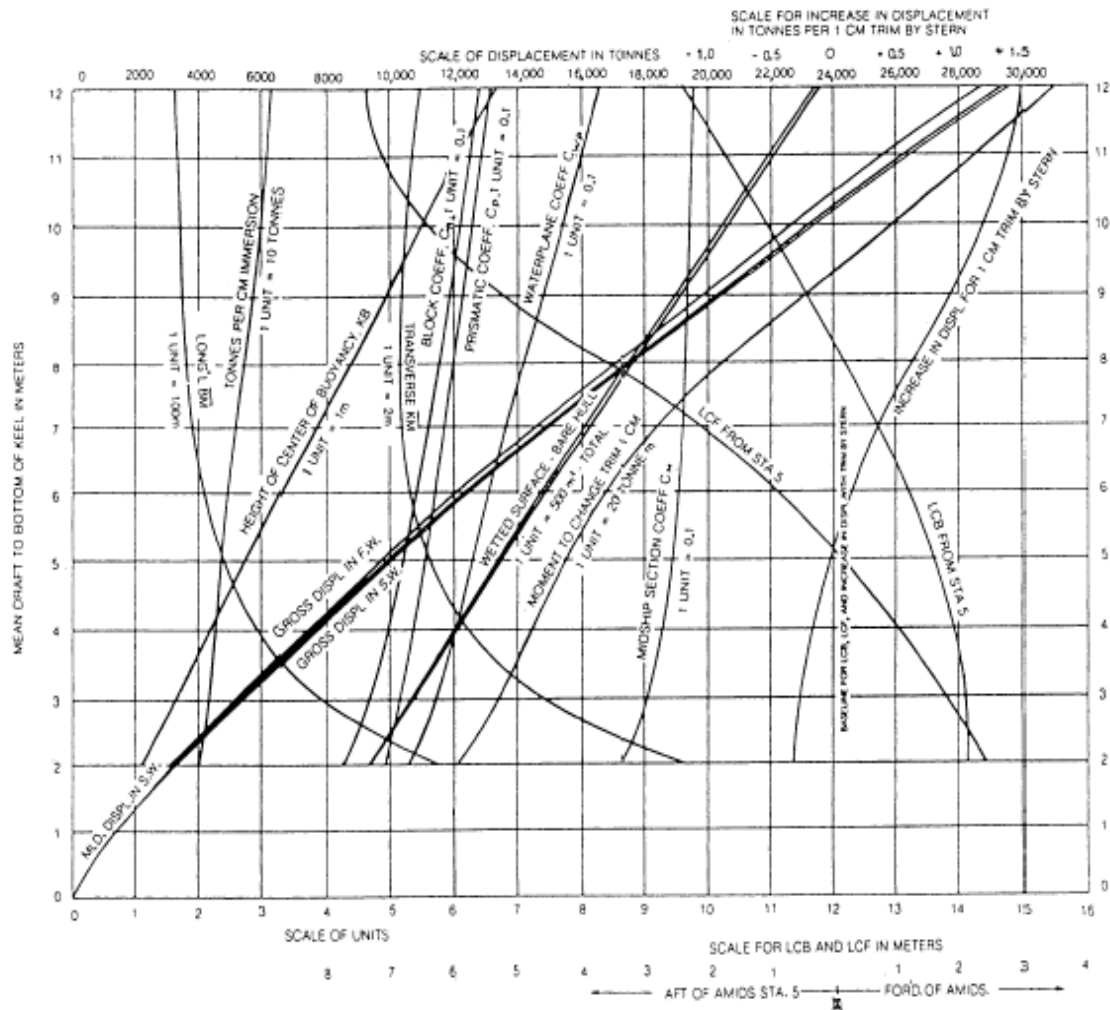


Fig. 23 Curves of form

Figure I.6 modèles de courbes hydrostatiques



I.4.2 Plan de construction

La coque est représentée principalement par une « coupe au maître » échantillonnée, complétée si besoin par des coupes longitudinales et autres coupes transversales et/ou plans de cloisons de structure.

I.4.3 Un plan d'ensemble (en particulier des emménagements)

Le plan d'aménagement donne la répartition générale des espaces de vie intérieurs. La figure I.7 en est une illustration. L'aménagement de ces espaces de vie respectera le cahier des charges et le nombre de personnes qui pourront les occuper.



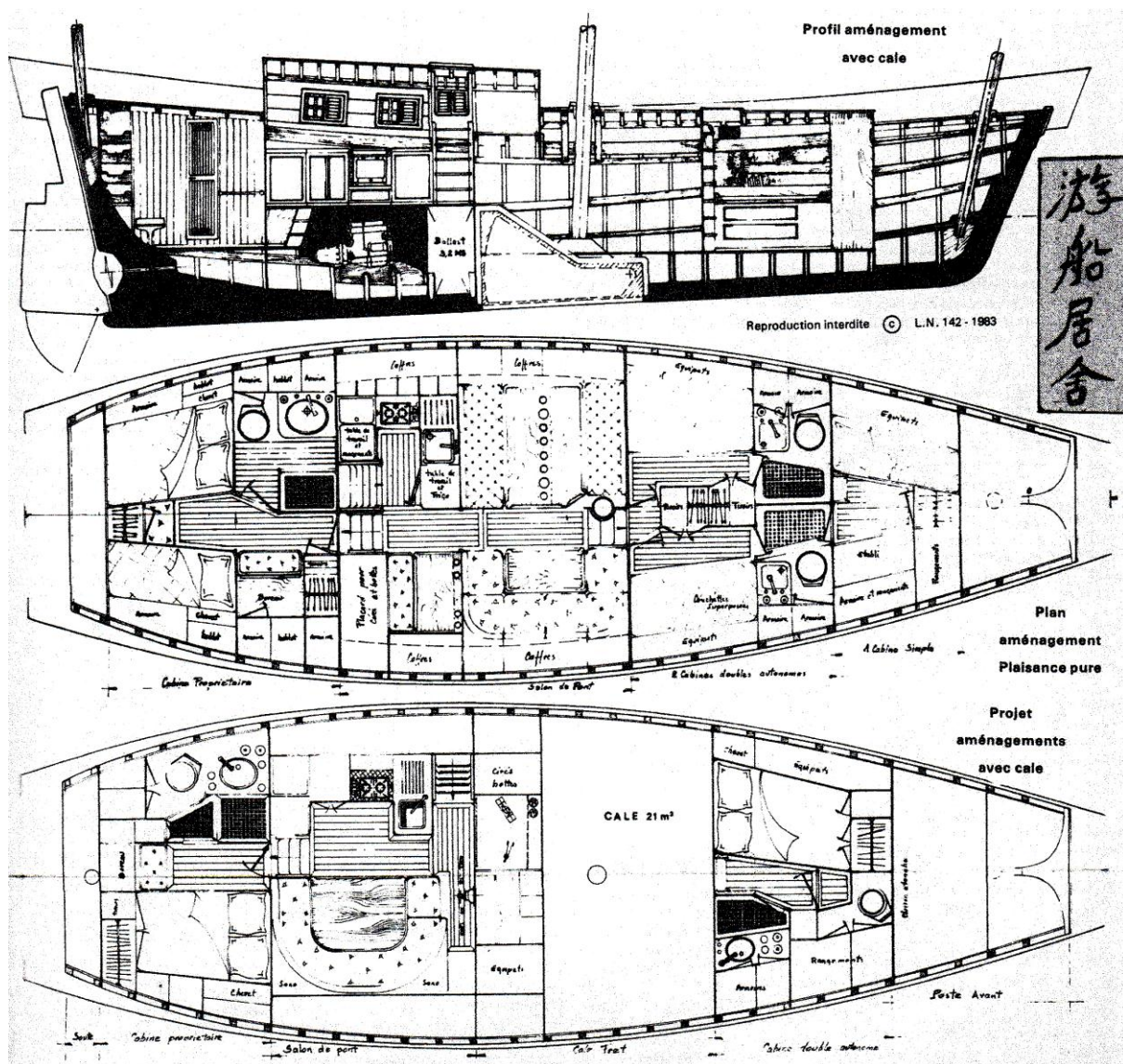


Figure 1.7 : Plan d'aménagement d'un voilier

I.4.4 Devis de masse et étude de la stabilité

I.4.4.1 Devis de masse

A ce stade, il est nécessaire de faire un devis de masse exhaustif de tous les composants du navire, afin d'obtenir le poids exact du navire et d'ajuster tous les calculs effectués auparavant. Pour aborder clairement l'étude des masses, il est nécessaire de définir :



1) **Le déplacement lège du navire:** Le déplacement lège correspond à la masse du navire entièrement équipé (cales et soutes vides).

2) **Le port en lourd du navire :** Cette masse correspond à la masse du fret, du combustible et autre liquide consommable, des vivres et du matériel embarqué.

L'addition de du déplacement lège et du port en lourd donne le déplacement en charge ou à pleine charge. Le navire sera divisé ainsi en postes, par exemples :

- **Le poste C.B.** (charpente bois) qui comporte tous les éléments en bois du navire tels que les défenses ou les bordages.
- **Le poste C.P.** (Cimentage et peinture) qui comporte les revêtements de sol et les peintures.
- **Le poste A.C.** (Accessoires de coque): Gouvernail, cabestan, Mats et gréements, les ascenseurs, les hublots, les panneaux, les rambardes, ect...
- **Le poste E.M.** (Emménagement : équipement de locaux de vie) : Vagrages et cloisons, Ameublement, quincaillerie, portes et escaliers, décorations, appareils de cuisine, appareils sanitaire.
- **Le poste E.L.** (Electricité): Tableaux électriques (câbles et supports), appareillages électrique, radionavigation, automatisation.
- **Le poste T.U.** (Tuyautages hors de la machine ; tuyaux et robinetterie des circuits): Eau de mer d'incendie, ballastage, eau douce, air comprimé, combustible, le fret liquide.
- **Le poste F** (Installations frigorifiques): chambre froide et équipements des cales frigorifiques.



- **Le poste A.M.** (Armement mobile) : Ancres, chaînes, amarres, embarcations, outillage de pont, matériel mobile de sécurité (extincteurs), vaisselles, literie.
- **Le poste Machine** : Ce poste contient tout un nombre de sous-postes tels que le sous-poste **M.P** (groupe propulsif) ; le **M.L** (ligne d'arbre et hélice) ; le **MA** (auxiliaires divers), ect...

L'accumulation des moments (M_{zi}) en hauteur et en longueur (M_{xi}) conduit au positionnement du centre de gravité général du navire.

I.4.4.2 Etude de la stabilité

La stabilité du navire relève de l'aptitude de ce dernier à demeurer dans sa position d'équilibre ou à y revenir lorsque celle-ci est altérée suite à l'action d'une force extérieure.

L'étude de la stabilité permet d'obtenir la courbe de stabilité du navire pour les différents cas de chargement. Celle-ci est représentée par la variation du couple de redressement en fonction de l'angle de gîte. La figure I.8 donne un aperçu de la courbe de stabilité.

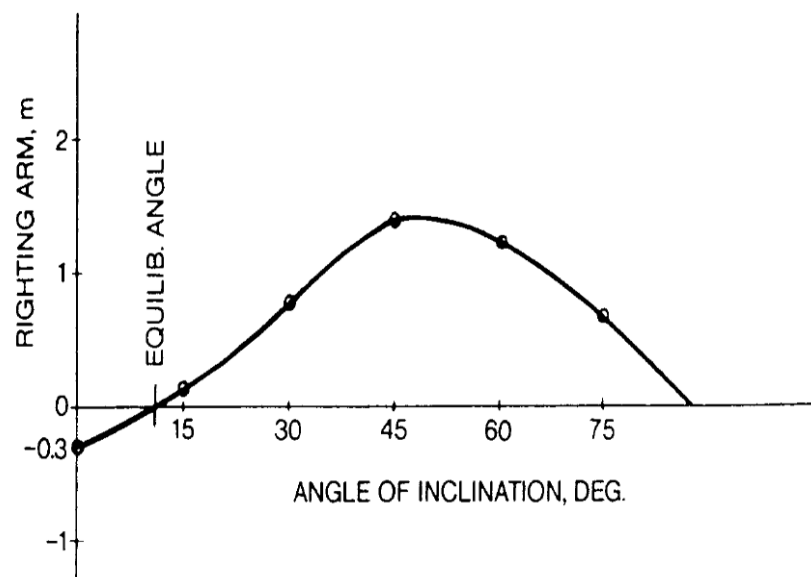


Figure 1.8 : Courbe de stabilité



I.5 Impact de l'informatique sur l'architecture navale

L'un des avantages énormes de l'utilisation de l'informatique et de pouvoir modéliser les carènes et effectuer autant de simulations que possible afin d'atteindre les objectifs que ce sont fixés l'architecte naval et le l'armateur, en tenant compte bien sûr du programme et de ses contraintes, y compris réglementaires. Les logiciels largement utilisés sont le Maxsurf, Hydromax, Rhinocéros. Un exemple est donné dans la figure I.9.

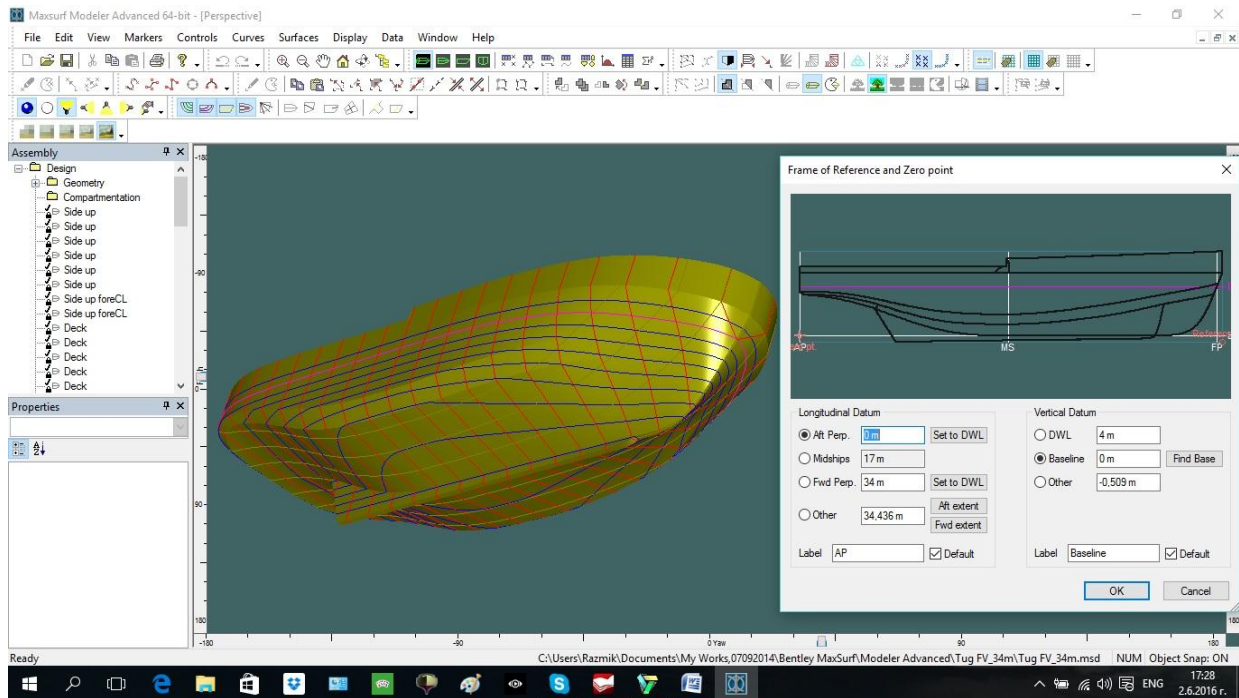


Figure 1.9 : Modélisation 3D sous Maxsurf

TRAVAUX A FAIRE :

- 1) L'étudiant est tenu de faire une recherche afin de trouver un cahier des charges d'un navire et l'exposer en cours en expliquant les différents éléments le constituant.
- 2) Il est demandé à l'étudiant de choisir une esquisse ou un plan d'aménagement d'un voilier dans la littérature (bibliothèque de la faculté de Génie Mécanique de



préférence) et de modifier l'agencement des cabines ou autres en supposant un cahier des charges bien défini.

Chapitre II : Exigences et besoin de l'armateur en projet d'un navire concret.

II.1 Rédaction du cahier des charges :

L'armateur définit son programme qui sera aussi précis que possible indiquant entre autre :

- Les dimensions du navire
- Le programme de navigation
- Le nombre de passagers : âge, taille, ...
- Le matériau de construction : acier, polyester, ...
- Le confort recherché
- La motorisation : Vitesse ou puissance
- Le budget
- Le délai.

II.2 Collaboration entre l'architecte et l'armateur

L'architecte naval, en concertation avec l'armateur, étudie le cahier des charges et réalise une esquisse à partir de ses archives personnelles ou de documents techniques de navires similaires.

II.3 Conception des plans et modélisation

L'architecte naval entreprend la conception des différents plans et calculs réalisés sur deux niveaux : l'avant projet et le projet. L'avant-projet accepté par l'armateur, l'architecte naval poursuit son travail au service de son œuvre, du respect du programme et surtout de la qualité et de la sécurité.

L'architecte naval reçoit une mission de conception. Il a tout loisir de déléguer à une autre personne de son choix une partie de son travail sans en demander l'approbation à qui que ce soit, tout en restant cependant responsable de la mission.



II.4 Construction

Enfin la phase finale qui est la construction est la concrétisation et l'aboutissement de tous les travaux effectués par l'architecte et effectué par le chantier naval.

II.5 Coûts de construction

Autrefois, l'étude des coûts de construction d'un navire relevait le plus souvent des données historiques d'un chantier naval. Cependant, la technologie, les investissements en machineries et en équipements, ainsi que les nouvelles approches en matière d'organisation de la production ont amené les chantiers à ne se fier aux bases de données que si elles sont relativement récentes.

II.5.1 Estimation du coût par statistiques :

L'estimation du cout se fera en fonction des prix de matériaux utilisé et des heures de travail. Bien qu'elle puisse s'avérer une source convenable pour déterminer des coûts, l'estimation ne sera pertinente que si on dispose de statistiques aussi récentes que possible de navires similaire.

Mises sous forme de graphiques, ces statistiques peuvent révéler, sur la base d'une monnaie constante, un coût préliminaire lors d'une nouvelle soumission et démontrer si le chantier est dans l'ordre du prix que l'armateur est prêt à investir. Une date de livraison plus rapide que ses compétiteurs peut parfois s'avérer un facteur décisif.

Pour un type de navire donné, il est donc possible de connaitre, à l'aide d'une relation cout/ tonnage, l'ordre de prix d'une nouvelle construction (figure 2.1)



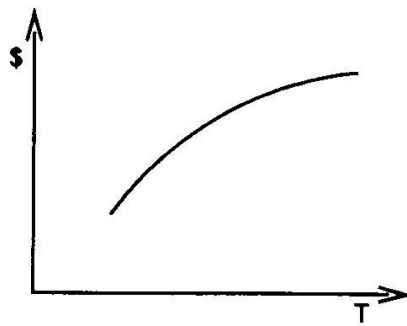


Figure 2.1 : Exemple d'une relation coût/tonnage

II.5.2 Main d'œuvre :

En matière de stratégie, une estimation structurée de la main d'œuvre s'impose de façon à déterminer le meilleur rendement heures/personne pour les travaux de construction du navire. Un exemple du temps de travail en heures (h) d'un chalutier de haute mer d'une longueur de 51 mètres est donné dans ce qui suit :

- Traitement : 18912 h
- Préfabrication : 71967 h
- Montage sur cale : 60520 h
- Construction mécanique : 41607 h
- Montage des mécanismes : 34177 h
- Préfabrication et montage de la tuyauterie : 58628 h
- Travaux de boiserie : 20047 h
- Montage électricité : 29125 h
- Remise : 17778 h
- Autres travaux : 24586 h



II.6 Vérification des règlements imposés par les sociétés de classification

Il est à mentionner d'abord, que la construction d'un navire est habituellement fonction du contrat intervenu entre un armateur et le chantier constructeur (évidemment en sous-entendant l'architecte naval). Ce contrat est d'ailleurs accompagné des spécifications techniques dudit navire.

Cependant, ces deux parties doivent se soumettre à la réglementation de la société de classification retenue par l'armateur ainsi qu'aux normes nationales et internationales auxquelles le navire devra satisfaire au cours de sa construction et de son exploitation.

L'intervention de la société de classification s'imbrique dans celle des pouvoirs publics (les services de sécurité des navires du pays), qui s'assurent à leur tour de la conformité de la construction selon les normes nationales en vigueur, qui sont elles-mêmes le plus souvent une extension des réglementations internationales auxquelles les différents pays maritimes ont adhéré.

Chapitre III : Vérification des règlements imposés par les sociétés de classification

Introduction

La construction d'un navire est assurée en fonction du contrat intervenu entre l'armateur et le constructeur, contrat accompagné par des spécifications techniques.

Le contrat et les spécifications techniques précisent les conditions financières, les délais et toutes autres conditions de caractère spécialement technique auxquelles le navire doit répondre.

Parmi ces dernières conditions, référence est faite généralement au règlement de la société de classification choisie, ainsi qu'au règlement de caractère national et international auxquelles le navire devra satisfaire au cours de son exploitation.

La société de classification, dont le règlement a été mentionné comme référence dans le contrat de construction, intervient au cours de la réalisation et lors de la livraison en vue de délivrer un certificat de classification destiné à être produit auprès des assureurs et, éventuellement des pouvoirs publics.



III.1 Les sociétés de classification

Les sociétés de classification sont les plus anciens organismes de contrôle technique qui existent depuis le 18ème siècle. Elles réalisent la classification des unités flottantes, sur la base de leur état technique. Les sociétés de classification élaborent et éditent des règlements de construction et de classification des navires et font le contrôle pendant la projection, la construction et l'exploitation du navire. Elles établissent aussi, des registres de classification des navires, permettant aux utilisateurs d'avoir des informations sur l'état technique actuel des navires.

L'activité de contrôle des sociétés de classification ne remplacent pas celles des organes de contrôle dans les chantiers et unités de production des matériaux et équipements pour le navire.

Le rôle des institutions de classification dans la construction navale, repose surtout sur leur potentiel expérimental comme aussi, sur leur nombreuses années d'expérience. Elles coopèrent avec l'industrie navale et les institutions scientifiques, les compagnies navales et les organismes administratifs marins. Grâce à leurs activités, elles sont le plus important facteur, assurant la sécurité de navigation sur les navires et la sécurité des personnes en mer et aussi créent les conditions de progrès techniques dans ce domaine. Les sociétés de classification coopèrent aussi, aussi avec les organisations gouvernementales dans les domaines contenus dans les exigences des conventions internationales, adoptés par ces Etats.

Les plus grandes sociétés de classification sont aujourd'hui rassemblées dans l'IACS, l'Association Internationale des Sociétés de Classification, qui en compte aujourd'hui 10. L'IACS veille sur la qualité de prestations des sociétés et travaille sur l'uniformisation de leurs règles et règlements. De ce fait elle empêche la concurrence déloyale entre ses membres. Finalement, elle a une fonction de protection économique de ses membres envers les sociétés dites de « complaisance ».

L'IACS se compose aujourd'hui de 10 sociétés qui à elles seules classent un peu plus de 90% de la flotte mondiale en tonnage et plus de 50 % en nombre d'unités.

La société de classification effectue plusieurs prestations, parmi lesquelles on compte la classification et la certification et la publication de registres.

III.2 Classification et exigences dans la construction des coques des navires



Dans la projection des constructions des coques des navires, les prescriptions et les fondements des conventions internationales jouent un rôle important.

III.2.1 Classe du navire

L'accomplissement de recommandation des règlements des sociétés de classification est confirmé par les documents de classification. Le document de classification de base est le certificat classant le navire.

Indépendamment du certificat de la classe eut par le navire, la société de classification donne aussi, des certificats de la classe des installations du navire, des certificats sur les matériaux utilisés pour la construction, etc.

Le navire qui obtient la classe, sera inscrit sur le registre maritime. Le certificat est donné pour un temps déterminé, habituellement pour une période de quatre années.

Les différentes sociétés de classification utilisent des symboles de classification, des marques et des mentions propres à chacune d'elles.

La classification consiste à classer le navire selon certains critères (les règlements propres de la société), à la suite de quoi la société attribue la classe.

- la construction (suivre la construction).
 - Approbation des plans du navire.
 - Chantier naval : approbation du chantier et de ses sous-traitants.
 - Contrôle des matériaux utilisés et des méthodes employées. (surveillance)
 - Contrôle de la stabilité
 - Essais.
- La machine (l'appareil propulsif & énergétique)
- Les éléments annexes (pompes, circuits, etc.)
- La coque.
- La chaudière.
- Les appareils de levage. (grues, mâts de charge).
- Eventuellement la machine frigorifique et d'autres particularités techniques du navire lui-même.



- Par la suite et pour le maintien de la classe :
 - Effectuer des inspections périodiques
 - Effectuer des inspections suite à des avaries/réparations.
 - Effectuer des visites lorsque le navire est à sec (cale sèche).

III.2.2 Les symboles de classification

La Division :

Qui est représenté par I et II. Pour le Bureau Veritas (BV) :

I : Quand le navire est construit selon les règles de construction et d'échantillonnage

II : Si les règles de construction et d'échantillonnage ne sont pas satisfaisantes, mais on juge possible l'inscription du navire sur le registre maritime, cependant très peu de navires sont classés II.

La Côte :

Elle exprime la confiance que mérite le navire, elle se traduit par une fraction placée après le chiffre de la division.

Elle peut être de : - 3/5 pour les navires en bon état.
 - 5/6 pour les navires ayant un état relativement moins satisfaisant.

Le Symbole d'Armement :

Représenté par E et —

E : signifie que l'armement du navire en ancres, chaînes et cordages est conforme aux prescriptions applicables au règlement.

— : L'armement est non conforme

Sous symbole : L'administration estime qu'elle n'a pas à se prononcer sur l'armement du navire.

III.2.3 Les Marques de surveillance de construction

La Croix de Malte ☒ : Elle est attribuée au navire construit sous la surveillance spéciale de la société conformément aux prescriptions du BV, ou à d'autres règlements jugés équivalents.

La Croix de Malte soulignée ☒ : Attribuée au navire construit sous la surveillance du BV mais qui ne répond pas à certaines conditions pour l'obtention de la première marque. Elle



peut aussi être attribuée à des navires construits sous la surveillance d'autres sociétés et suivant des prescriptions reconnues équivalentes à celles du BV.

- : Attribuée aux navires dont la construction ne satisfait pas aux conditions requises pour l'obtention des deux premières marques, mais qui répondent d'une façon acceptable aux prescriptions du BV.

III.2.4 Mention de navigation et de service

Mention de navigation : HM (haute mer), grand cabotage, petit cabotage, service côtier, eau abritée.

Mention de service : Cargaison lourde, pétrolier, vraquier ou minéraliers.

Autres mentions : mentions restrictives telles que secteur de navigabilité limité SM ou encore CL (corrosion limité)

Exemples de classification chez Bureau Veritas:

- **I - 3/3 - ✱ - Ref Carrier – deep sea**
- I (division): construit conformément aux prescriptions du règlement.
- 3/3 : côte de confiance maximum.
- Croix de Malte (✱): Construit sous la classe BV. (Croix de Malte soulignée: Pas construit sous classe BV).
- Ref Carrier (navire frigorifique)
- Deep sea (haute mer)

III.3 Les Principales sociétés de classification

Les sociétés de classification peuvent être divisées en sociétés ayant une grande autorité, même au-delà du pays mère et en sociétés activant sur un rayon limité.

Au premier type de société appartiennent (suivant l'année de leur création) :

- **Lloyds Register of Shipping (LR)** créée en Angleterre en 1740 sous le nom de Register of shipping. C'est non seulement la plus vieille mais aussi la plus grande société en considérant le tonnage des navires classes.



- **Bureau Veritas (BV)** : Société de classification française, créée en 1828, son activité est mondiale, quoique le tonnage des navires classés est beaucoup plus inférieur à celui du LR.
- **Registro Italiano Navale (RINA)** : créée en Italie en 1860, son activité englobe principalement les navires construits dans le bassin méditerranéen.
- **Det norske Veritas (NV)** est l'une des sociétés de classification les plus actives au niveau mondial, créée en 1864 en Norvège. Elle se trouve en deuxième position parmi les sociétés européennes, selon le tonnage des navires classés.
- **Germanischer Lloyd** : créée en Allemagne en 1867.
American Bureau of Shipping (ABS) : créée en 1867 aux Etats Unis d'Amérique. Elle active surtout en Amérique du Nord. Elle occupe la deuxième place après le LR, selon le tonnage des navires classés.
- **Nippon Kji Kyokai (NKK)** créée en 1899 au Japon. Active surtout à l'extrême Orient. Son autorité est mondiale et elle compte parmi les plus grandes sociétés selon le tonnage des navires classés.
- **Registr Sojuza SSR (R-SSSR)**, créée en 1914. Selon le tonnage des navires classés, elle occupe une place moyenne parmi les sociétés européennes citées plus haut. Elle active surtout dans les pays socialistes.

Parmi les petites sociétés de classification, actives surtout dans leur propre pays :

- **Polski Rejester Statkow (PRS)**, créée en 1946 en Pologne.
- **DOR Schiffs-Revision und-Klassifikation (DSRK)** dans l'ex-RDA.
- **Bulgarski Koraben Registr (BKR)** – En Bulgarie.
- **Ceskoslovensky Lodni Register (CSLR)** – en ex Tchécoslovaquie.
- **Jugoslavensky Rgistar Brodova (JR)** – en ex Yougoslavie.

Etc...

Le schéma des activités des institutions de classification peut se présenter comme suit :

- Elaboration et édition des règlements de construction et de classification des navires.
- Contrôle des recommandations de ces règlements, par le contrôle et l'acceptation des documents techniques du projet du navire et par la suite, par le contrôle de la conformité de l'exécution de la construction avec la documentation ;
- L'attribution de la classe définissant l'état technique du navire construit ;



- L'enregistrement du navire sur le registre ;
- Le contrôle périodique de l'état technique du navire exploitation (renouvellement de la classe) ;
- Contrôle des réparations exécutées après ces contrôles.

III.4 Exigences des Sociétés de Classification :

Les prescriptions ou règlements des sociétés de classification englobent tout le navire avec tous ces mécanismes, installations et équipements, ainsi que son processus technologique et les matériaux utilisés pour sa construction. Les règlements sont divisés en parties, selon les différents problèmes et leurs applications aux différents types de navires.

Les règlements fixent ainsi les échantillons principaux de la coque et les règles de dimensionnement des appareils propulsifs et auxiliaires, et les caractéristiques des matériaux à utiliser. Ils établissent de nombreuses prescriptions visant la sûreté de l'exploitation et les conditions d'attribution et de maintien de la cote.

Les règlements sont constamment réactualisés en fonction de l'évolution de la science et de la technique en construction navale. Toutes les institutions de classification éditent des règlements dans des intervalles de temps différents. Certains les publient annuellement (par exemple LR et NV), d'autres, dans des intervalles de temps plus longs. Entre les différentes éditions, elles publient des mises à jour.

III.5 Convention internationales

Dans un souci de préservation de la sécurité de navigation et dans le cadre de la protection de l'environnement, les pays ayant un commerce maritime développé, ont adopté une série d'accords sous forme de conventions internationales, touchant un nombre de problèmes, liés à la construction et aux équipements des unités flottantes. « L'Intergovernmental Maritime Consultative Organization » -IMCO qui a son siège à Londres, joue un grand rôle dans ce domaine. Cette organisation travaille en permanence sur l'actualisation des recommandations de la convention déjà en vigueur, ainsi que sur de nouvelles conventions.



- **Certification:** La certification consiste à vérifier la conformité aux règlements nationaux et internationaux. La société délivre des certificats conformément aux conventions internationales :

- **La Convention Internationale sur la préservation des vies humaines en mer de l'année 1960 - SOLAS 1960 – (*Safety of life at sea*):**

Cette convention contient des exigences concernant la construction et la disposition des cloisons étanches et contre incendie, l'étendu du plafond du double-fond, l'étanchéité des ponts, ainsi que sur la disposition des ouvertures sur les bordés de la coque.

- **La Convention Internationale sur les lignes de charge de l'année 1966 (*International convention on load lines (ILL)*):**

L'ILL contient des formulations sur la résistance générale de la coque, et détermine si le navire est construit selon les prescriptions de l'une des sociétés de classification connues. Cette convention contient aussi des résolutions sur la construction, pour prévoir l'inondation par les ouvertures dans les ponts et le bordé.

- **La Convention Internationale sur la pollution de la mer par les navires de l'année 1973 -*International convention for the prevention of pollution from ships*- (MARPOL) :**

MARPOL définit la division intérieure de la coque des navires à cargaison liquide, afin de limiter l'écoulement de la cargaison dans le cas d'avarie de la coque.

- **Le Règlement international pour prévenir les abordages en mer -*Convention on the international regulations for preventing collisions at sea*- (COLREG).**

Dans ces conventions, on trouve aussi, beaucoup d'exigences concernant les équipements des navires.

Ces exigences sont obligatoires pour les navires à navigation internationale. Elles ne concernent pas les navires militaires, les navires de pêche, les yachts et en général, les petites unités (Les limites sont définies dans les textes de la convention).

Les conventions posent des obligations bien définies aux gouvernements des Etats signataires, ainsi qu'aux institutions de classification.



TRAVAIL A FAIRE

L'étudiant est tenu de choisir un projet de fin d'études dans les archives de la bibliothèque du département de génie maritime, traitant de l'avant projet d'un navire. Il doit résumer les principales étapes dans un manuscrit et le présenter en oral en cours avec le logiciel PowerPoint comme support. Ce mini projet est à effectuer en monôme ou binôme.

REFERENCES

- D. Presles et D. Paulet, Architecture navale : connaissance et pratique, Edition La villette, 2005.
- Revue Loisirs nautiques
- Cours du Pr. Benslafa N. (1998-1999), Organisation et gestion de l'industrie, Département de Génie Maritime USTO.
- Cours du Pr. M. Boudghen Stambouli (1996-1997), Statique du navire, Département de Génie Maritime USTO.
- K. J. Rawson et E. C. Tupper, Basic ship theory. Fifth edition, 2001. Butterworth Heinemann.
- G. W. Smolla, Principes de construction en architecture navale. Smolla éditeur, 1998.
- E. V. Lewis, Principles of naval architecture, Volume 1, published by the Society of Naval Architecture and Marine Engineers, 1988.
- B. Fodil, Evaluation technico-économique d'un chantier de construction de chalutier de haute mer, Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'états en Génie Maritime, encadré par S. A. Marchoud, Dpt. De G. Maritime, USTO, 1992.
- J. M. Bostetter, Le projet de navire de commerce, choix et tracé des formes, Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées, (Référence Bibliothèque de l'IGCMO : 16-03-11).

