QUATRIÈME PARTIE

MATURE ET GRÉEMENT

ETUDE CRITIQUE DU TRAVAIL DE LA MATURE ET DU GRÉEMENT

Les efforts auxquels doit résister une mâture sont fonction :

de la surface de voilure,
de la hauteur du CV au-dessus de la flottaison,
de l'intensité du vent,
de la brusquerie des rappels,
du type de voilure,
de la disposition du haubannage.

Nous pourrions, en première estimation, assimiler un mât à une poutre encastrée à une extrémité et supportant un poids plus ou moins régulièrement réparti. En appelant d son diamètre, H la distance de l'encastrement au centre de gravité du mât et P son poids, nous aurions :

$I/V = d^3/10 \quad I = PH^2 \quad V = H$ d'où $I/V = P\,H$

Le moment de résistance sera IR/V et le montant de flexion PH. Il faut que le premier égale au moins le second ; en pratique, et sauf pour les petites embarcations, la résistance ne peut être obtenue sans l'appoint du haubannage.

La valeur de P est fonction de la surface de voilure et de l'intensité du vent à la puissance 2, $P \,//\, \Sigma V\, Ⓥ^2$

La valeur Ⓥ doit être prise proportionnellement à la vitesse critique de la coque qui s'obtient par la formule :

$$v_c = m \sqrt[2]{L} \sqrt[5]{\varphi}$$

(voir notes sur la Résistance des coques du même auteur).

La brusquerie des rappels est fonction du roulis en intensité et en durée. Il est possible de calculer l'intensité connaissant l'effort extérieur et le terme r-a ; en pratique, nous nous contenterons de la fixer par rapport à l'angle de gîte maximum du type de bateau considéré et nous calculerons la durée d'une oscillation en eau calme par la formule :

$$T = \pi \sqrt[2]{L/9{,}81}$$

T étant le temps en secondes,
L la longueur du pendule = I/P (r-a),
I le moment d'inertie total du bateau par rapport à l'axe transversal,
P le déplacement du bateau.

Par simplification, nous pourrons admettre T approximativement égal à : $4{,}5 \sqrt[2]{I/r\text{-}a}$.

La durée est inversement proportionnelle à r-a déterminé par le rapport et la position du lest au déplacement. La valeur de r-a étant à peu près inversement proportionnelle à la longueur, nous pouvons poser que la durée du roulis est proportionnelle à la longueur.

Si nous considérons le sens des efforts, la vitesse du vent sera au numérateur de la formule, tandis que la durée du roulis sera au dénominateur.

Tout compte fait, et étant donné les valeurs qu'il faut prendre en pratique pour Ⓥ, le couple dû à $Ⓥ^2$ et T s'équilibre à peu près, et sauf pour les cas spéciaux de yachts de course, où le calcul de la mâture est très poussé, nous pourrons ne pas en tenir compte directement.

Restent la disposition du haubannage et le type de voilure.

Si l'on veut résoudre par des formules générales chacune des mille et une solutions qui peuvent se présenter, le problème devient d'une complexité effarente.

Avec les anciens gréements auriques, le mât travaillait plus à la flexion qu'à la compression. Actuellement, l'effort de flexion est transposé en compression par l'intermédiaire du haubannage. Il est donc plus sage et plus pratique de se limiter à quelques solutions type.

Etant donné les tendances actuelles, pour les yachts, les types de voilure se réduisent à un seul cas: celui de sloop, d'où il est aisé de déduire toutes les autres. Pour les bateaux de service et de charge, les mâtures se calculeront sur les mêmes bases.

La fixation de la valeur de Ⓥ, vitesse du vent en mètres par seconde, est très importante. Elle est fonction de la stabilité de la coque, du régime des vents et du genre de navigation. Sa valeur moyenne est indiquée ci-dessous, mais il sera bon de la vérifier exactement.

Yachts de course et de rivière ..	7	mètres sec
— de mer, promenade et petite croisière	8	—
Yachts de croisière..	9	—
— de haute mer	10	—
Bateaux de service de rade et de petite pêche	10	—
Bateaux de service de mer et caboteurs	11	—
Longs courriers et assimilés	12 à 13	—

Pour la juste application des formules, il y a lieu de déterminer à l'avance sur le plan de voilure les surfaces revenant à chaque mât, ce qui est une question de bon sens.

Dans la pratique, pour les mâts à phares carrés, la surface seule de ces voiles sera comptée à l'exclusion des voiles d'étais, la surface de ces dernières étant toujours sensiblement inférieure aux autres. Par contre, les voiles carrées pouvant être hissées éventuellement sur une mâture aurique, n'entreront pas en ligne de compte pour les basses voiles, mais seulement pour les huniers.

Les diamètres sont donnés pour une mâture en spruce, les coefficients correctifs suivants seront appliqués pour les autres essences:

Mélèze et pin d'Alaska	1,05
Spruce	1,00
Pin blanc de Suède	0,98
Pin rouge du Nord	0,96
Pin d'Orégon	0,94
Pitchpin..	0,92

Le barème de la résistance à la compression est donné au § Béquilles.

Haubannage.

Considérons le travail des haubans sur les mâts; la traction à laquelle le hauban doit résister est fonction de la grandeur de l'effort sur la mâture et de l'angle auquel travaille le hauban.

L'effort sur la mâture entre deux portages (capelages et/ou étambrai) peut être obtenu par un calcul de moments fléchissants, partant de la surface de voilure enverguée sur le mât. La réaction au capelage peut être obtenue par le calcul de la réaction due à la voile, plus l'effort de la voilure prenant appui en ce point par les étais. Il importe de ne pas faire travailler la mâture à un trop fort coefficient, car par mauvais temps, elle aura à subir des efforts supplémentaires difficilement chiffrables, et qui pourraient occasionner sa rupture.

Pour le calcul des moments fléchissants, le mât peut être considéré comme une poutre encastrée à un bout, portant sur un appui à l'autre bout, et ayant à résister à un poids réparti d'une manière connue. Par simplification, nous poserons que le moment fléchissant maximum aura lieu par le travers du CG de la voilure comprise entre les deux portages considérés, et que la valeur de l'effort sera proportionnelle à la surface de voilure:

$$Mfl = 0{,}135\ \Sigma V\ L\ Ⓥ^2/8 \leqslant 10\ d^3$$

L distance entre les capelages en cm.;
ΣV la surface de voilure;
Ⓥ la vitesse du vent en mètres-secondes;
d diamètre du mât à l'aplomb du CV.

La réaction à chaque capelage sera inversement proportionnelle à sa distance au CG et fonction de la charge.

L'effort transmis par les étais peut être pris proportionnel à celui sur les voiles qui y sont enverguées, compte tenu de l'angle qu'ils font avec le mât.

Les haubans devront être suffisants pour résister à ces efforts et proportionnels à leur angle d'épatement.

Si donc les réactions sont supportées par les haubans seuls, le mât ne travaille plus qu'à la com-

pression et son diamètre entre chaque capelage sera calculé uniquement en fonction de cette dernière.

Si, ce qui est le cas le plus fréquent, le hauban supporte seulement une partie de la réaction, le mât sera de plus vérifié à la flexion.

Mais ces calculs sont longs et fastidieux et mieux vaut, pour les cas courants, établir un haubannage déterminé pour chaque type de gréement.

Le diamètre des haubans et étais est donné dans les tables annexées. Il se réfère à des haubans composés de fils d'acier à haute résistance, torsadés, avec âme centrale également en fil d'acier. La résistance de rupture est voisine de 120 kgs par mm2, mais la résistance pratique ne doit pas être prise supérieure à 20 kgs, l'allongement augmentant très vite au-dessus et pouvant amener la rupture du mât.

S'il est fait usage des haubans en acier à résistance moyenne (résistance pratique 10 kgs par mm2) ou de haubans en fer (résistance pratique 5 kgs par mm2), leur diamètre sera augmenté en conséquence.

De même, le rapport d'épatement des haubans ne pourra être supérieur à 5. S'il est inférieur, la section du hauban pourra être réduite en conséquence.

Sous-barbes.

Les sous-barbes de beaupré seront calculées pour une résistance double de celle qu'elles ont à supporter et, étant donné leur mauvaise condition de travail, les chaînes et tringles d'acier à haute résistance, inoxydables ou tout moins galvanisées, seront préférées aux fils d'acier qui pourrissent rapidement.

YACHTS ET BATIMENTS DE COMMERCE
(en-dessous de 25 mètres)

Mâts.

Le diamètre réel sera obtenu en appliquant au diamètre initial donné par la formule des coefficients correctifs tenant compte du type de voilure, du gréement, de la stabilité.

Diamètre initial au pont

$$\text{en cm} = \sqrt[3]{0{,}15\ \Sigma V\ H\ (V)^2}$$

dans laquelle Σ V est la surface de voilure en m2;
H la hauteur du centre de voilure au-dessus du pont en mètres;
(V) la vitesse du vent en mètres-secondes.

Les correctifs en fonction du type de voilure et du gréement seront relevés dans les tables annexes.

Celui en fonction de la stabilité sera pris égal à:

r-a en flott. droite..	0,50	0,70	0,90	1,10	1,20
Coefficient	0,93	0,96	0,99	1,03	1,08

Les diamètres intermédiaires seront relevés dans les tables annexes en fonction du type de voilure.

La longueur des mâts pour l'application des diamètres intermédiaires n'est pas forcément la longueur vraie. Dans le cas de voilures auriques, L sera les 10/7e de la hauteur du pont à la moitié de la longueur de la corne.

Tables annexes pour le calcul des mâts.

Gréement type A.

Coefficient de diamètre: 1,17.

Diamètre relatif à l'emplanture.. ..	0,70 à 0,80
— au pont	1,00
— à 0,35 L..	0,98
— au capelage des bas-haubans..	0,90
— au capelage de foc .	0,70
Diamètre du haubannage en fonction du (diamètre du mât au pont)$^{3/2}$	
Etai de foc simple	0,200
Bas-haubans (doubles)	0,150
Pataras	0,135
Bastaques	0,110

Gréement type B.

Coefficient de diamètre: 1,15.

Diamètre relatif à l'emplanture.. ..	0,70 à 0,80
— au pont	1,00
— à 0,35 L	0,98
— au capelage des bas-haubans..	0,90
— au capelage de foc.	0,70 (1)
— au capelage de tête	0,40
Diamètre du haubannage en fonction du (diamètre du mât au pont)$^{3/2}$	
Bas-haubans et étai de trinquette (doubles)	0,150
Pataras et étai de foc (1)	0,135
Bastaques de foc	0,110
Etais, haubans et bastaques de tête..	0,110

(1) Si le mât est coupé au-dessus du capelage de foc, l'étai de foc est obligatoire; il est facultatif s'il est prévu un flèche.

Gréement type C.

Coefficient de diamètre: 1,00 ou 0,95.

Diamètre relatif à l'emplanture.. ..	0,70 à 0,80
— au pont	1,00 à 1,00
— à 0,15 L	1,02 à 1,05
— au capelage des bas-haubans	0,96 à 1,07
— au capelage de foc .	0,75 à 0,90
— au capelage de tête	0,45 à 0,50

Diamètre du haubannage en fonction du (diamètre du mât au pont)$^{3/2}$

Bas-haubans (doubles), étai de foc (double), pataras et galhaubans ..	0,135
Etai AR..	0,110
Contre-étais avant	0,080

Si le patara fixe ne peut avoir comme pied sur l'arrière du mât le 1/4 au moins de celui de l'étai de foc, il pourra être remplacé par une bastaque de 0,040.

Gréement type D (rarement employé).

Coefficient de diamètre: 1,12.

Diamètre relatif à l'emplanture.. ..	0,70 à 0,80
— au pont	1,00
— à 0,15 L	1,02
— au capelage des bas-haubans.	0,86
— au capelage de foc .	0,78
— au capelage de tête	0,40

Diamètre du haubannage en fonction du (diamètre du mât au pont)$^{3/2}$

Bas-haubans et étai de foc (doubles) .	0,145
Bastaques de foc..	0,110
Etai AR..	0,100
Etai AV et haubans de tête	0,075

Gréement type E.

Coefficient de diamètre: 0,98.

Diamètre relatif à l'emplanture.. ..	0,70 à 0,80
— au pont	1,00
— à 0,15 L	1,05
— au capelage des bas-haubans.	1,07
— au capelage de trinquette.	0,96
— au capelage de tête	0,57

Diamètre du haubannage en fonction du (diamètre du mât au pont)$^{3/2}$

Bas-haubans et étai de trinquette (doubles), galhaubans et pataras ..	0,135
Haubans et étais de tête, bastaques de trinquette	0,110

Les bastaques ne seront obligatoires que si le pied des pataras sur l'arrière du mât est inférieur au 1/4 de celui de l'étai de trinquette.

Gréement type F.

Coefficient de diamètre: 0,98.

Diamètre relatif à l'emplanture.. ..	0,70 à 0,80
— au pont	1,00
— à 0,15 L..	1,02
— au capelage des bas-haubans..	0,98
— au capelage de trinquette..	0,82
— au capelage de foc .	0,65
— au capelage de tête	0,47

Diamètre du haubannage en fonction du (diamètre du mât au pont)$^{3/2}$

Bas-haubans et étai de trinquette (doubles), galhaubans et pataras ..	0,135
Etai AR, haubans de tête, étai de foc et bastaques	0,110
Contre-étais AV	0,080

Même remarque pour les bastaques que dans le cas précédent.

Actuellement les mâts des types C, E et F sont le plus souvent profilés (section en forme de poire). L'avantage est d'augmenter l'inertie dans le sens longitudinal où le haubannage est moins efficient. La section normale est conservée et le rapport grand axe sur petit axe augmente au fur et à mesure que l'on approche de la tête. Le maximum de ce rapport est 1,33 sous peine d'augmenter la section.

Mâts de canots pour voile au tiers.

1°) Non haubanné:

Diam. au pont $= \sqrt[3]{0{,}70\ \Sigma V\ (V)^2\ h}$

Diam. à la tête $= \sqrt[2]{0{,}10\ \Sigma V\ (V)^2 \sin \alpha}$

2°) Haubanné:

Diam. au pont $= \sqrt[3]{0{,}30\ \Sigma V\ (V)^2\ h}$

Diam. à la tête $= \sqrt[2]{0{,}10\ \Sigma V\ (V)^2 \sin \alpha}$

Un hauban de diam. égal en mm. aux 0,16 du (diam. du mât au pont)$^{3/2}$ en cm.

α étant l'angle formé au point de drisse entre le mât et la ligne joignant la tête de mât au centre de gravité de la voile.

Guis.

a) Voile lacée ou avec glissière,

Diamètre au fort en cm: $\sqrt[3]{0{,}20\ \Sigma V\ h\ (V)^2}$

h étant la distance horizontale du centre de gravité de la voile au mât en mètres.

Vérifier à la compression en faisant:

P en kgs: $0{,}15\ \Sigma V\ (V)^2 \cos. \alpha$

étant l'angle au point d'écoute entre la bôme et la ligne joignant le CG de la voile.

Le diamètre maximum sera situé au 1/3 arrière de la longueur du gui.

Diam. au bout = $\sqrt[2]{0{,}12\ \Sigma V\ (V)^2 \sin \alpha}$

Diam. au mât = —

$\geqslant$ 0,7 diam. maximum

b) Voile à bordure libre.

Calculer le gui à la compression seule en faisant:

P en kgs: $0{,}20\ \Sigma V\ (V)^2 \cos. \alpha$

Même réduction aux extrémités que ci-dessus.

Autant que possible l'écoute de gui sera disposée avec un dormant en bout d'espar.

Cornes.

1°) Drisse estropée directement sur l'espar.

Diamètre au point de drisse

$= (0{,}35\ \Sigma V\ (V)^2\ L \text{ sinus } \alpha)^{1/3}$

dans laquelle ΣV est la surface du triangle supérieur seulement.

L est la longueur de l'extrémité de la corne au point de drisse;

est l'angle déterminé à l'extrémité de la corne par l'espar d'une part et la ligne joignant le point extrême de la corne au CG de la surface du triangle considéré.

2°) Drisse avec dormant en bout de corne et poulie à mi-longueur. Même formule en faisant L = 1/4 longueur totale de la corne.

3°) Drisse sur patte d'oie.

Même formule sous réserve que la longueur de l'extrémité de l'espar au point supérieur de patte d'oie, soit: $L \geqslant 1/4$ L.

Vérifier la partie basse de l'espar à la compression par la formule:

Compression en kgs = $0{,}15\ \Sigma V\ (V)^2 \cos.$ a

Diamètre au bout:

$= \sqrt[2]{0{,}10\ \Sigma V\ (V)^2 \sin a} \geqslant$ 0,7 diam. max.

Diamètre à l'encornat = 1,10 diam. au bout.

Vergues de voiles au tiers.

Même formule que le premier cas des cornes en prenant pour ΣV celle de la voile entière.

Vergues de voiles carrées.

Diamètre au fort en cm = $\sqrt[3]{0{,}10\ \Sigma VL\ (V)^2}$

En pratique, il ne sera pas tenu compte de la voilure au-dessus de la vergue, car à ce moment les efforts, s'ils sont supérieurs, sont mieux distribués, et la fatigue réelle de la vergue est très peu augmentée.

Le diamètre aux extrémités sera de

$$\sqrt[2]{0{,}12\ \Sigma\ V\ (V)^2\ \tfrac{L}{2} \sin \alpha} \geqslant 0{,}7\ d$$

Tangons.

Les tangons de spinnaker et autres voiles de temps léger se calculeront comme les guis, avec voiles à bordure libre, en prenant pour (V) une valeur adéquate.

Beauprés.

Le travail du beaupré est très important, car il doit résister non seulement à l'effort que lui transmet la voilure, mais aussi — au moins en partie — à celui de la mâture.

Suivant le cas, il sera calculé de la façon suivante:

I. — *Un seul foc.*

1°) Non haubanné:

Diamètre à la liure:

$\sqrt[3]{0{,}70\ (\Sigma A + \Sigma B \text{ sin. } b)\ (V)^2\ L \text{ sin. } \alpha}$

Diamètre au bout:

$\sqrt[2]{0{,}10\ (\Sigma A + \Sigma B \text{ sin. } b)\ (V)^2 \text{ sin. } \alpha}$

Diamètre au pied:

$\sqrt[2]{0{,}10\ (\Sigma A + \Sigma B \text{ sin. } b)\ (V)^2 \text{ sin. } \alpha\ \frac{L}{L'}}$

dans laquelle A est la surface du foc et ΣB celle de la grande voile;

α est l'angle de l'étai de foc avec le beaupré, b est l'angle du sommet du mât entre le mât et la ligne joignant la tête du mât au CG de la grand'voile.

L est la longueur du beaupré sur l'avant de la liure, L' celle sur l'arrière.

Pour le calcul du diamètre à la liure, si le retour d'amure forme sous-barbe, le coefficient qui est de 0,70 dans la formule ci-dessus sera ramené à 0,50.

2°) Avec sous-barbe, sans haubans.

Calculer le beaupré à la compression en fonction de L pour une valeur

$$= 0{,}15\ (\Sigma A + \Sigma B \sin. b)\ (V)^2 \cos. \alpha$$

Vérifier si le diamètre obtenu n'est pas inférieur à celui donné par la formule

$$\sqrt[3]{0{,}30\ (\Sigma A + \Sigma B \sin. b)\ (V)^2\ L \sin. \alpha}$$

Diamètre au bout et au pied comme dans le cas précédent.

Le diamètre de la sous-barbe calculé en fonction de l'épatement et de la résistance du câble ou de la chaîne pour une tension de $0{,}135\ (\Sigma A + \Sigma B \sin. b)\ (V)^2\ L \sin. \alpha$ en ne prenant pour valeur de la résistance pratique de la sous-barbe que la moitié de celle utilisée pour les haubans pour le câble acier et les 3/4 pour la chaîne.

3°) Avec sous-barbe et haubans.

Calculer à la compression et vérifier à la flexion comme dans le cas précédent, mais le coefficient de la deuxième formule abaissé de 0,30 à 0,20.

Diamètre au bout et au pied comme dans le premier cas.

Diamètre de la sous-barbe comme dans le cas précédent.

Diamètre des haubans suivant la même formule, mais sans réduction du coefficient de résistance.

II. — *Foc et trinquette.*

Mêmes formules que ci-dessus, mais si la trinquette s'amarre sur la coque ne prendre pour Σ A que celle du foc et pour Σ B la surface de la grand'voile limitée par le point d'écoute, le capelage de trinquette et le sommet de la voile.

III. — *Le triangle avant comporte plusieurs focs.*

A l'aide des formules précédentes, calculer successivement les diamètres au bout (au cisaillement), puis aux différents capelages intermédiaires (flexion ou compression) en tenant compte de la disposition de la voilure.

IV. — *Bâtiments à phares carrés.*

Calculer le beaupré comme dans le cas précédent en considérant le phare avant masqué.

BATIMENTS DE COMMERCE
(au-dessus de 25 mètres)

Pour ces unités, dont le type de grément, la disposition des espars et, par voie de conséquence, la surface et la division de la voilure, sont influencés par les coutumes et la possibilité d'un équipage souvent réduit, l'usage veut que les échantillonnages des mâts et espars soient calculés en fonction de leur longueur, celle-ci étant elle-même proportionnelle au maître-bau du bâtiment.

Il s'en suit que la surface de voilure sur un mât devient proportionnelle au carré du bau, et que le moment fléchissant est alors proportionnel au cube du bau.

Les diamètres des mâts étant proportionnels à la racine cubique du moment fléchissant, il est donc parfaitement logique de poser que, dans ce cas, *les diamètres peuvent être proportionnels aux longueurs.*

Toutefois, pour que cette relation reste correcte, il est indispensable que les longueurs ne varient que dans une faible proportion, car alors, la longueur des espars étant quasi-fixe par rapport au bau, si la longueur des mâts variait sensiblement, les diamètres deviendraient proportionnels à la puissance 2/3 des longueurs des mâts.

Les tables qui suivent spécifient les caractéristiques moyennes; en cas de différence appréciable de la valeur du rapport: Hauteur relative de la voilure/Bau, les diamètres seront modifiés en fonction des puissances 1 ou 2/3 de ce rapport, suivant la longueur relative des espars.

Il sera toujours intéressant de vérifier les diamètres des mâts et espars en se reportant au type de calcul précédent, les différences sont généralement très faibles.

Pour ces mâtures, l'essence de base est le pitchpin et les corrections devront éventuellement être apportées en fonction du bois utilisé, d'après les indications données au précédent chapitre.

Généralement, pour la même essence de bois de mâture, les diamètres par rapport à ceux obtenus par les formules du chapitre précédent sont supérieurs de 30 %.

La section totale du haubannage à chaque capelage doit suivre la relativité désirable, mais comme la coutume a fixé le diamètre inital des câbles utilisés au 1/20e environ du diamètre des bas-mâts à l'étambrai, force est donc de se rabattre sur le nombre de haubans.

Les câbles en fer galvanisés utilisés sur ces unités ont une résistance plus faible que ceux en acier utilisés pour les yachts, leur résistance de rupture est voisine de 45 kgs/mm2 et la résistance pratique admise est légèrement inférieure à 5 kgs/mm2. Les dimensions courantes des câbles du commerce et leur résistance sont données dans les feuilles hors-texte.

La pratique de l'utilisation de câbles en acier galvanisé, à résistance plus forte, a amélioré la tenue de ces mâtures.

Comparée aux yachts, la résistance du haubannage est sensiblement plus faible ; le rapport résistance de la mâture/résistance totale étant par ailleurs plus élevé.

Il ne faut oublier également que sur ces bâtiments, la stabilité inclinée diminue rapidement au-delà d'une certaine gîte, et qu'il est indispensable pour la sécurité que la résistance de l'ensemble mâture-gréement reste toujours inférieure au moment de chavirement.

Les longueurs des mâts et espars étant exprimées en mètres, ainsi que la valeur du maître-bau du bâtiment, les diamètres des pièces le sont en centimètres et celui des câbles de haubannage en millimètres.

Gréement de ketch.

Grand-mât

Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de flèche = H_t ..	2,90 B
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-mât	1,85 B
Hauteur du ton de bas-mât	0,36 B
Hauteur de la fusée de mât de flèche	0,10 B
Diam. bas-mât étambrai 7 2 B (H_t/3,5 B)$^{2/3}$	6,35 B
» » emplanture 0,75 étambrai.	4,77 B
» » capelage 0,85 étambrai. ..	5,40 B
» » chouque 0,66 étambrai. ..	4,20 B
» mât de flèche pied..	3,60 B
» » cap. de tête 0,66 pied	2,38 B
» » fusée	1,80 B

Diam. bas-mât étambrai. ..	30	35	40	50	60
Nombre de bas-étais.	2	2	2	2	2
» de bas-haubans . ..	2	3	3	3	3
» de pataras				1	1
» de haubans de flèche	2	2	2	2	2
» de galhaub. de flèche	1	1	1	1	2
» d'étais de flèche. ..	1	1	1	1	1

N Ø² pour bas haubans + pataras	0,0185	D³ (1)
galh. + haub. de flèche	0,0075	D³
bas étais..	0,0125	D³
drailles petit + gr. foc	0,0060	D³
étai de flèche	0,0038	D³

Artimon

Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de tête..	2,20 B
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-haubans	1,70 B
Hauteur de la fusée	0,07 B
Diam. mât étambrai..	4,50 B
» emplanture .. 0,75 étambrai	3,38 B
» cap. bas-haub. 0,85 étambrai	3,82 B
» cap. tête .. .. 0,50 étambrai	2,25 B
» fusée..	1,70 B

Diam. bas-mât étambrai. ..	20	25	30	35	40
Nombre de bas-étais (mob.).	1	1	1	1	2
» de bas-haubans . ..	2	2	2	3	3
» galhaubans..	1	1	1	1	2

N Ø² pour bas-haubans	0,0185	D³
galhaubans	0,0045	D³
bas-étais	0,0092	D³

Beaupré

Longueur de la liure au capelage d'extrémité = L .. .. maximum	1,5 B
Longueur de la fusée..	0,05 B
Diam. liure 5,25 B (L/1,5 B)$^{2/3}$ maximum	5,25 B
» pied .. 0,77 liure .. .. maximum	4,05 B
» cap. d'extrémité .. mini. 0,40 liure	2,10 B
» fusée	1,52 B

Diam. liure de beaupré	25	30	40	50
Nombre de sous-barbes	1	1	2	2
» de haub. beaupré.	1	1	1	2
» de martingales	1	1	1	1
» de haubans de focs.. ..	1	1	1	2

N Ø² pour sous-barbes (chaîne câble)..	0,010	D³
haub. beaupré (chaîne câble)	0,007	D³
martingale (chaîne câble)..	0,004	D³
haubans de focs (câble).. ..	0,004	D³

(1) Dans ces formules, N est le nombre de haubans, Ø leur diam. en mm., D le diam. du bas-mât à l'étambrai de pont en cm.

Bômes (voiles auriques et trinquettes)

Diam. maxi (au 1/3 de L côté écoute) .. 1,25
(bôme + chute au mât, chute AR. trinquette).
Diam. amure ..... 0,70 maxi
» écoute ..... 0,80 maxi

Cornes

Diam. maxi (aux 3/8e de L côté encornat) .. 1,20
(corne + chute au mât)
Diam. encornat ..... 0,8 maxi
» bout ..... 0,7 maxi
La longueur de bôme d'artimon est environ les 8/10e de celle de grand mât.
La longueur des cornes est au maximum les 3/4 de celle des bômes.
Longueur de fusée de corne ..... 0,07 B

Gréement de goélette à huniers (à 2 ou 3 mâts).

Mât de misaine	Avec huniers seuls	Avec huniers et perroquet
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de hune = H_t	3,10 B	3,20 B
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-mât	2,05 B	1,87 B
Hauteur du ton de bas-mât ..	0,33 B	0,35 B
Hauteur chouque de bas-mât au cap. supérieur du mât de hune	0,72 B	0,98 B
Hauteur fusée mât de hune ..	0,12 B	0,12 B

Diam. bas-mât étambrai:
6,5 B (H^t/3,5 B) ⅔ ..... 6,00 B 6,00 B
Diam. bas-mât emplanture:
0,75 étambrai ..... 4,50 B 4,50 B
Diam. bas-mât capelage:
0,85 à 0,90 étambrai ..... 5,10 B 5,40 B
Diam. bas-mât chouque:
0,67 à 0,70 étambrai ..... 4,00 B 4,20 B
Diam. mât de hune pied .. .. 3,33 B 3,43 B
Diam. mât de hune capelage:
0,70 à 0,68 pied ..... 2,33 B 2,33 B
Diam. mât de hune fusée .. .. 1,66 B 1,66 B

Diam. bas-mât étambrai.. ..	30	35	40	45	50
Nombre d'étais de trinquette	2	2	2	2	2
» de bas-haubans.. ..	3	4	4	4	4
» de pataras				1	1
» d'étais de hune	1	1	1	1	1
» de haubans de hune	2	2	2	3	3
» de galhaub. de hune	1	1	1	1	2
» d'étais de perroquet..			1	1	1
» de galhaub. perroquet..			1	1	1

N Ø³ pour bas haubans + patara..	0,0247 D³
haubans + galhaub. de hune et de perroquet.	0,0085 D³
bas étais..	0,0125 D³
drailles petit + grand foc ..	0,0120 D³
étais de hune	0,0050 D³
étai de perroquet	0,0030 D³

Vergues

	Basse vergue	Hunier fixe	Hunier volant	Perroquet
Longueur entre cercles	2,00 B	1,60 B	1,30 B	1,00 B
Longueur fusées	0,04 B	0,04 B	0,08 B	0,04 B
Diamètre au milieu	2,00 L	1,90 L	1,80 L	1,75 L
	4,00 B	3,04 B	2,34 B	1,75 B

Diamètre aux cercles d'extrême ..... 0,7 maximum
Diamètre aux fusées ..... 0,5 maximum

Grand mât des 2 et 3 mâts, artimon des 3 mâts

	Avec huniers seuls	Avec huniers et perroquet
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de flèche = H'	3,40 B	3,50 B
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-mât.. ..	2,15 B	2,00 B
Hauteur du ton de bas-mât (d° ton de misaine)..	0,33 B	0,35 B
Hauteur du chouque bas-mât au cap. supérieur mât de flèche	0,92 B	1,15 B
Hauteur de la fusée du mât de flèche	0,15 B	0,15 B

Diam. bas-mât étambrai :
6,10 B (H_t/3,5 B) ⅔ .. .. 6,00 B 6,00 B
Diam. bas-mât emplanture :
0,75 étambrai.. ..... 4,50 B 4,50 B
Diam. bas-mât capelage :
0,90 à 0,92 étambrai.. .. .. 5,40 B 5,50 B
Diam. chouque :
0,70 à 0,72 étambrai.. .. .. 4,20 B 4,40 B
Diam. mât de flèche pied.. .. 3,25 B 3,35 B
Diam. mât de flèche cap. de tête :
0,66 à 0,63 pied. ..... 2,12 B 2,12 B
Diam. mât fusée .. .. 1,62 B 1,62 B

Diam. bas-mât étambrai. ..	30	35	40	50	60
Nombre d'étais de chouque..	2	2	2	2	2
» bas-haubans..	2	3	3	3	3
» pataras				1	1
» haubans de flèche..	2	2	2	2	2
» galbaub. de flèche..	1	1	1	1	1
» étai de flèche.	1	1	1	1	1

N $\varnothing^2$ pour bas-haubans + pataras ..	0,0185	D^3
haubans + galhaubans de flèche.	0,0075	D^3
étais de chouque..	0,0125	D^3
étai de flèche..	0,0050	D^3

Beaupré

Longueur de la liure au capelage d'extrémité = L.. .. .. maxi.	1,30 B
Longueur de la fusée..	0,05 B
Diam. liure .. 5,25 B $(L/1,5\ B)^{2/3}$ maxi.	4,78 B
» pied. .. 0,77 liure. .. .. .. maxi.	3,68 B
» cap. d'extrémité.. mini. 0,44 liure	2,10 B
» fusée..	1,30 B

Haubannage semblable à celui de ketch.

Bômes et Cornes

Longueur bôme de misaine = environ 0,6 bôme grand mât.

Longueur corne de misaine = 0,9 bôme de misaine.

Longueur corne de grand-mât = 0,75 bôme de grand mât.

Longueur fusée corne de misaine..	0,04 B
Longueur fusée corne de grand mât	0,07 B

Diamètres calculés comme pour le gréement de ketch.

Gréement de brick-goélette et 3 et 4 mâts-goélette.
(phare carré complet au mât de misaine)

Mât de misaine

	Brick-goél.	3 et 4 m. g.
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de perroquet = H_t	3,60 B	3,40 B
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-mât.. ..	1,44 B	1,34 B
Hauteur du ton de bas-mât ..	0,38 B	0,38 B
Hauteur du chouque de bas-mât au capelage du mât de hune..	0,77 B	0,77 B
Hauteur du ton de mât de hune	0,25 B	0,24 B
Hauteur du chouque de mât de hune au cap. sup. mât de perroquet	0,76 B	0,67 B
Hauteur de fusée du mât de perroquet	0,15 B	0,15 B
Diam. bas-mât étambrai : 6,3 B $(H_t/3,5\ B)^{2/3}$	6,43 B	6,20 B
Diam. bas-mât emplanture : 0,75 étambrai..	4,82 B	4,65 B
Diam. bas-mât capelage : 0,80 étambrai..	5,14 B	4,95 B
Diam. bas-mât chouque : 0,66 étambrai..	4,22 B	4,10 B
Diam. mât de hune pied.. ..	4,00 B	3,88 B
Diam. mât de hune chouque : 0,75 pied..	3,00 B	2,91 B
Diam. mât perroquet pied.. ..	2,70 B	2,50 B
Diam. mât perroquet cap. supérieur : 0,685 à 0,740 pied..	1,85 B	1,85 B
Diam. mât perroquet fusée. ..	1,34 B	1,34 B

Diam. bas-mât étambrai. ..	30	35	40	45	50	62,5
Nombre de bas-étais.	1	1	1	1	2	2
» étai de hune. ..	1	1	1	1	1	2
» étai de perroquet	1	1	1	1	1	1
» étai de cacatois.			1	1	1	1
» bas-haubans	3	3	3	3	4	5
» haub. de hune..	2	2	2	2	3	3
» galh. de hune ..	2	2	2	2	3	3
» haub. de perroq.	1	1	1	1	2	2
» galh. perroquet.	1	1	1	1	1	1
» galh. cacatois..			1	1	1	1

N $\varnothing^2$ pour bas-haubans..	0,0185	D^3
haub. + galhaub. de hune.	0,0140	D^3
haub. + galhaub. perroquets et cacatois..	0,0050	D^3
bas étais..	0,0092	D^3
étais de hune..	0.0062	D^3
drailles de focs .. $\varnothing$ d° étai de perroquet, étai perroquet + cacatois.	0,0031	D^3

Vergues

Brick-goélette : d° celles phare de misaine des bricks, 3 et 4 mâts à phare carré.

3 et 4 mâts goélette :

	Basse vergue	Hunier fixe	Hunier volant	Perroquet	Cacatois
Longueur entre cercles	1,75 B	1,65 B	1,40 B	1,12 B	0,90 B
» fusées	0,04 B	0,04 B	0,08 B	0,04 B	0,04 B
Diam. au milieu	2.08 L	2,08 L	2,04 L	2,00 L	1,90 L
	3,64 B	3,43 B	2,85 B	2,25 B	1,70 B

Diam. aux cercles d'extrémités . . . . . 0,7 maximum
» aux fusées . . . . . 0,5 maximum

Grand mât des B-G, mâts goélette des 3 et 4 mâts goélette.

	Brick-goél.	3 et 4 m. g.
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de flèche H_t	3,60 B	3,40 B
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-mât	2,10 B	2,00 B
Hauteur du ton de bas-mât	0,36 B	0,35 B
Haut. du chouque de bas-mât au cap. sup. mât de flèche	1,14 B	1,05 B
Hauteur de fusée du mât de flèche	0,15 B	0,15 B
Diam. bas-mât étambrai: 6,10 B $(H_t/3,5\ B)^{2/3}$	6,22 B	6,00 B
Diam. bas-mât emplanture : 0,75 étambrai	4,66 B	4,50 B
Diam. bas-mât capelage : 0,90 étambrai	5,60 B	5,40 B
Diam. bas-mât chouque : 0,70 étambrai	4,35 B	4,20 B
Diam. mât de flèche pied	3,45 B	3,35 B
Diam. mât de flèche cap. supérieur : 0,615 à 0,634 pied	2,12 B	2,12 B
Diam. mât de flèche fusée	1,62 B	1,62 B

Grand mât des B-G et 3 mâts goélette, grand mât avant des 4 mâts goélette.

Diam. bas-mât étambrai	30	35	40	50	60
Nombre de bas étais	2	2	2	2	2
» étai de marquise				1	1
» étai de barque	1	1	1	1	1
» étai de flèche	1	1	1	1	1
» bas haubans	2	3	3	3	3
» pataras				1	1
» haub. de barque	2	2	2	2	2
» galh. de barque	1	1	1	1	1
» galh. de flèche	1	1	1	1	1

N	$\varnothing^2$ pour bas haubans + pataras	0,0185 D^3
	haubans + galh. de barque	0,0065 D^3
	galhaub. de flèche	0,0025 D^3
	bas étais + étai de marqu.	0,0125 D^3
	étai de barque	0,0038 D^3
	étai de flèche	0,0025 D^3

Grand mât arrière des 4 mâts-goélette, artimon des 3 et et 4 mâts-goélette semblable au grand mât des goélettes à hunier en nombre et en diamètre.

Bômes et cornes

La longueur des cornes est environ les 2/3 de celle des bômes pour les bricks-goélette et les 3/4 pour les 3 et 4 mâts-goélette.

Diamètres calculés comme pour le gréement de ketch.

Beaupré

Brick-goélette d° beaupré bâtiments à phares carrés ou goélette à huniers.

3 et 4 mâts-goélette d° beaupré goélettes à huniers.

Gréement de goélette franche (à 2 mâts ou plus).

Les mâts sont semblables comme longueurs, diamètres et haubannage, aux mâts goélettes des goélettes à hunier ou 3 et 4 mâts goélette. Ils sont à peu près semblables entre eux, les chouques se trouvent sur une même ligne parallèle à la flottaison en charge. Au mât de misaine, en plus des étais normaux : bas étais et étai de flèche qui ont le même diamètre que les étais de chouque et de flèche des autres mâts, il y a une draille de petit foc et une draille de grand foc d'un diamètre légèrement inférieur à celui de l'étai de flèche.

Sur les goélettes franches à 2 mâts, la bôme de misaine est le plus souvent égale aux 8/10° de celle du grand mât et le rapport des cornes aux bômes est de 9/10° pour la misaine et 3/4 pour le grand mât. Sur les goélettes franches à 3 mâts ou plus, toutes les voiles goélettes sont le plus souvent identiques et le rapport des cornes aux bômes varie de 8/10° à 9/10°.

La longueur de la fusée des cornes est de 0,04 B, sauf au mât arrière où elle est de 0,06 B minimum.

Beaupré comme pour le gréement de goélette à huniers ou ketch, longueur maxima 1,5 B.

Gréements de brick, 3 et 4 mâts barque ou carré.

Phare de misaine

	Perroquet plein Moyenne	Perroquet plein Maximum	Perroquet double Moyenne	Perroquet double Maxim.
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supér. mât de perroquet = H_1	3,30 B	3,50 B	3,30 B	3,50 B
Hauteur de l'étambrai de pont au cap. bas-haubans	1,15 B	1,25 B	1,05 B	1,13 B
» du ton de bas-mât	0,40 B	0,40 B	0,34 B	0,36 B
» du chouque de bas-mât au cap. du mât de hune	0,74 B	0,74 B	0,68 B	0,68 B
» du ton de mât de hune	0,27 B	0,29 B	0,26 B	0,28 B
» du chouque de mât de hune au cap. sup. du mât de perroquet	0,74 B	0,82 B	0,97 B	1,05 B
» de fusée du mât de perroquet	0,15 B	0,15 B	0,15 B	0,15 B
Diam. bas-mât étambrai . . . 6,5 B (H_1/3,5 B) ⅔	6,25 B	6,50 B	6,25 B	6,50 B
» » emplanture . . 0,75 étambrai	4,69 B	4,88 B	4,69 B	4,88 B
» » capelage . . . 0,80 étambrai	5,00 B	5,20 B	5,00 B	5,20 B
» » chouque . . . 0,67 étambrai	4,19 B	4,35 B	4,19 B	4,35 B
Diam. mât de hune pied	4,00 B	4,14 B	4,17 B	4,30 B
» » chouque . . . 0,75 pied	3,00 B	3,10 B	3,13 B	3,22 B
Diam. mât perroquet pied	2,48 B	2,61 B	2,84 B	2,95 B
» » cap. supérieur	2,00 B	2,00 B	1,95 B	1,95 B
» » fusée	1,34 B	1,34 B	1,34 B	1,34 B

Diam. bas-mât étambrai . .	45	50	62,5	75	90
Nombre de bas-étais	1	2	2	2	2
» étais de hune	1	1	2	2	2
» étai perroquet	1	1	1	1	1
» étai de cacatois	1	1	1	1	1
» bas-haubans	3	4	5	6	6
» pataras de b.-m.			1	1	2
» haub. de hune	2	3	3	3	3
» galh. de hune	2	3	3	3	4
» patara de hune				1	1
» haub. perroqu.	1	2	2	2	2
» galh. perroqu.	1	1	1	2	2
» galh. cacatois	1	1	1	1	1

N Ø² pour bas-haubans + pataras	0,0185 D³
» haubans + patara + galhaub. de hune	0,0140 D³
» haubans + galhaub. perroquet et cacatois	0,0050 D³
» bas-étais	0,0092 D³
» étais de hune	0,0062 D³
» drailles de foc Ø d° étai de perroquet	
» étai perroquet + cacatois	0,0031 D³

Vergues.

Avec perroquet plein :

		Basse vergue	Hunier fixe	Hunier volant	Perroquet	Cacatois
Long. entre cercles d'extrém.	maxi	2,00 B	1,85 B	1,64 B	1,32 B	1,00 B
	mini	2,00 B	1,81 B	1,56 B	1,20 B	0,82 B
Long. fusées		0,04 B	0,04 B	0,08 B	0,04 B	0,04 B
Diam. au milieu	en fonction de L	2,08 L	2,08 L	2,05 L	2,00 L	1,90 L
	maxi	4,16 B	3,85 B	3,36 B	2,64 B	1,90 B
	mini	4,16 B	3,77 B	3,20 B	2,40 B	1,56 B

Diam. aux cercles d'extrémités . . . 0,7 maximum

» fusées . . . 0,5 maximum

NOTA. — Quand la longueur des vergues est différente de celle donnée comme longueur maxima, le diam. des mâts peut être réduit suivant la racine cubique du rapport de réduction ou d'augmentation ; le diamètre du bas mât à l'étambrai étant modifié suivant la racine cubique du rapport des moments fléchissants.

Avec perroquet double :

	Basse vergue	Hunier fixe	Hunier volant	Perroquet fixe	Perroquet volant	Cacatois
Longueur entre cercles d'extrémités	2,00 B	1,85 B	1,66 B	1,48 B	1,26 B	0,95 B
» fusées	0,04 B	0,04 B	0,08 B	0,04 B	0,08 B	0,04 B
Diamètre au milieu	2,08 L	2,08 L	2,05 L	2,00 L	1,93 L	1,84 L
	4,16 B	3,85 B	3,40 B	2,96 B	2,43 B	1,75 B

Diamètre aux cercles d'extrémités . . . . . 0,7 maximum

Diamètre aux fusées . . . . . 0,5 maximum

Phare de grand mât :

Longueurs des mâts et vergues identiques au phare de misaine, seule la hauteur de l'étambrai de pont au capelage de bas-mât est augmentée de 0,05 à 0,10 B.

Dans le cas de 4 mâts, les deux grand-mâts sont semblables.

De cette façon, tous les huniers, perroquets et cacatois sont interchangeables.

Le diamètre du bas grand-mât, à l'étambrai et à l'emplanture est augmenté dans le rapport (H_t grand-mât/H_t misaine) $^{3}/_{4}$.

Le haubannage est identique à celui de misaine.

Phare d'artimon (3 et 4 mâts carrés)

	Perroquet plein	Perroquet double
Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de perroquet = H_t	2,90 B	2,90 B
Hauteur de l'étambrai de pont au cap. de bas mât	1,15 B	1,05 B
Hauteur du ton de bas mât	0,34 B	0,29 B
Hauteur du chouque bas-mât au cap. mât de hune	0,59 B	0,55 B
Hauteur du ton de mât de hune	0,23 B	0,23 B
Hauteur du chouque de mât de hune au cap. supérieur du mât de perroquet	0,59 B	0,77 B
Hauteur de la fusée de mât de perroquet	0,12 B	0,12 B
Diam. bas-mât étambrai : 5,75 B (H_t/3,5 B) $^{3}/_{4}$	5,10 B	5,10 B
Diam. bas-mât emplanture : 0,75 étambrai	3,83 B	3,83 B
Diam. bas-mât capelage : 0,805 étambrai	4,10 B	4,10 B
Diam. bas-mât chouque : 0,685 étambrai	3,50 B	3,50 B
Diam. mât de hune pied	3,34 B	3,50 B
Diam. mât de hune chouque : 0,75 pied	2,50 B	2,63 B
Diam. mât perroquet pied	2,14 B	2,44 B
Diam. mât perroquet cap. supér.	1,63 B	1,70 B
Diam. mât perroquet fusée	1,15 B	1,15 B

Diam. bas-mât étambrai	37	40	50	60	72,5
Nombre de bas-étais	1	1	2	2	2
» d'étai de hune	1	1	1	2	2
» d'étai de perroqu.	1	1	1	1	1
» d'étai de perruche	1	1	1	1	1
» de bas-haubans	3	3	4	4	5
» de patara de b.-m.	. . . . .			1	1
» de haub. de hune	2	2	3	3	3
» de galh. de hune	1	1	2	3	3
» de haub. de perroq.	1	1	2	2	3
» de galh. de perroq.	1	1	1	2	2
» de galh. de perruc.	1	1	1	1	1

N Ø² suivant le même principe que pour le phare de misaine.

Vergues

Les longueurs et diamètres sont les 8/10e des vergues de misaine.

Bôme et Corne

La longueur de la corne est environ les 3/5e de celle de la bôme.

Fusée de corne = 0,07 B.

Diamètres calculés comme pour le gréement de ketch.

Mât de barque (3 et 4 mâts barque)

Hauteur de l'étambrai de pont au capelage supérieur du mât de flèche = H_t	2,80 B
Hauteur de l'étambrai de pont au cap. de bas-mât	Idem bas grand-mât
Hauteur du ton de bas-mât	0,30 B
» de fusée du mât de flèche	0,12 B
Diam. bas-mât étambrai : 5.35 B (H_t/3,5 B) $^{3}/_{4}$	4,60 B
» emplanture : 0,75 étambrai	3,45 B
» capelage : 0,87 étambrai	4,00 B
» chouque : 0,725 étambrai	3,34 B
Diam. mât de flèche pied	3,20 B
» capelage supérieur	1,70 B
» fusée	1,15 B

Diam. bas-mât étambrai. . . .	33	37	45	55	65
Nombre de bas-étais.	1	1	2	2	2
» d'étai de marquise	..	..	..	1	1
» d'étai de barque . .	1	1	1	1	1
» d'étai de flèche. . . .	1	1	1	1	1
» de bas-haubans. . .	3	3	4	4	5
» de patara				1	1
» de haub. de barque	2	2	3	3	3
» de galh. de barque	1	1	1	1	2
» de galh. de flèche. .	1	1	1	1	1

N Ø² pour bas-haubans + patara	0,0185	D³
haubans + galhaub. barque	0,0065	D³
galhaub. de flèche.	0,0025	D³
bas-étais + étai de marquise	0,0092	D³
étai de barque	0,0038	D³
étai de flèche	0,0025	D³

Bôme et Corne

La longueur de la corne est environ les 3/4 de celle de la bôme.

Fusée de corne = 0,07 B.

Diamètres calculés comme pour le gréement de ketch.

Beaupré (en deux pièces)

Longueur de la liure au capelage d'extrémité = L . . . . . maxim.	1,60	B
Longueur de la liure au chouque de beaupré. . . . . environ	0,42	L
Longueur de fusée de bout dehors	0,05	B
Diam. beaupré liure:		
6 B (L/1,5 B)⅔. . . . . maximum	6,25	B
Diam. beaupré emplanture:		
0,8 liure . . . . . maximum	5,00	B
Diam. beaupré chouque:		
0,8 liure . . . . . maximum	5,00	B
Diam. bout-dehors pied:		
0,7 chouque. . . . . maximum	3,15	B
Diam. bout-dehors chouque:		
0,9 beaupré au chouque . . . . maximum	4,50	B
Diam. bout-dehors cap. d'extrémité	1,98	B
Diam. bout-dehors fusée	1,35	B

Diam. beaupré à la liure	45	50	62,5	75	90
Nombre de sous-barbes	2	2	2	3	3
» haubans de beaupré	2	2	2	3	3
» martingales	1	2	2	2	3
» haubans de grand foc	1	1	1	2	3
» haubans de clin foc	1	1	1	1	1

N Ø² pour sous-barbes (chaîne câble) . .	0,010	D³
haub. de beaupré (ch. câble)	0,007	D³
martingales (chaîne câble). .	0,004	D³
haub. de bout-dehors (câble)	0,004	D³

Nota. — Quand le diamètre du beaupré à la liure dépasse 50 cm., les sous-barbes et haubans de beaupré en chaîne-câble peuvent être remplacés par des tiges en fer rond dont le diamètre sera de 40 % supérieur au calibre des chaînes.

D'une manière générale:

Pour les mâtures en bois, le mât est de section carrée sur la hauteur du ton, le côté du carré égal au diamètre de principe; le pied du mât supérieur est également de section carrée, le côté étant égal au diamètre au portage du chouque. Les capelages intermédiaires et supérieurs des mâts de tête comportent un épaulement et quelquefois des taquets pour l'appui du haubannage ou des frettes.

Pour toutes les mâtures, la hauteur du ton d'un mât est rarement inférieure à 10 fois le diamètre au pied du mât supérieur.

Le diamètre de principe d'une tête de mât inférieur est affecté par le diam. au pied du mât supérieur et ne lui est jamais inférieur.

Le diamètre d'un mât au raccage d'une vergue doit être au moins égal à celui maximum de cette vergue.

Sur les unités à phare carré, le diamètre du beaupré est rarement inférieur au diamètre du mât dont les capelages correspondent.

Sur les autres unités, le diamètre du bout dehors à son extrémité ne peut être inférieur aux 85/100e de celui du capelage de tête du mât supérieur.

Pour permettre une simplification dans l'approvisionnement des câbles de haubannage, des solutions différentes de celles proposées peuvent être adoptées pourvu que la résistance générale soit conservée.

Au cas où l'épatement des haubans serait différent de la solution normale, leur section serait modifiée en conséquence.

Normalement, on s'efforce d'avoir un diamètre identique pour:

Les bas haubans, pataras, bas-étais, galhaubans de hune et quelquefois étais de hune.

Les galhaubans et étais de flèche et de perroquet.

Les haubans et étais de cacatois.

Les haubans d'un mât muni de galhaubans sont presque toujours d'un diamètre légèrement inférieur à celui des galhaubans.

Mâts creux.

Dans certains cas, soit pour augmenter la rigidité du mât, soit pour diminuer son poids, il y aura intérêt à donner la préférence à un mât creux. Les diamètres seront alors calculés de telle façon qu'ils ne modifient pas I/V et nous devrons avoir la relation

$$d^3 = \frac{D^4 - d_1^4}{D}$$

d étant le diamètre initial;

D le diamètre extérieur du mât creux et d_1 le diamètre intérieur.

La pratique a démontré qu'il y avait peu d'intérêt à augmenter le diamètre extérieur au-dessus du rapport

$$D/d_1 \geqslant 4/3$$

De plus, des portages devront être prévus aux capelages; leur hauteur devra être de 2 diamètres. Le pied sera plein à partir de 2 diamètres au-dessus du gui, ainsi que la fusée.

Si, par simplification, la section était carré, le côté du mât plein initial serait égal à 0,7 d avec les faces suivant les axes et non en losanges, et le côté du mât creux correspondant serait:

$$c^3 = \frac{C^4 - c_1^4}{C}$$

C et c_1 étant les côtés extérieurs et intérieurs du mât.

Le gain de poids possible avec un mât creux dépend du genre de gréement et des bois employés. Il est de 40 % environ, par rapport à un mât en pin du Nord.

Sur les yachts au-dessous de 15 m., utilisés pour des régates ou des petites croisières, les mâts peuvent être composés de 2 ou 3 tronçons de tube en duralumin, emmanchés les uns dans les autres, d'une longueur égale à 5 fois le diamètre, et renforcés intérieurement aux capelages, portages et sur la longueur des manchons par des remplissages évidés eux-mêmes en spruce, la partie haute étant terminée également par une fusée en bois. Des cercles en même métal renforceront extérieurement les bouts des manchons et serviront pour le capelage des haubans et étais. Le gain de poids par rapport à un mât creux en spruce est de l'ordre de 50 %. L'épaisseur minima de métal doit être de 1,5 mm. jusqu'à 80 mm. de diamètre extérieur, 2 mm. jusqu'à 120, 2,5 mm. au-dessus. Elle peut diminuer de 30 % pour le dernier tronçon. Les diamètres se calculeront par la formule, en prenant comme coefficient de résistance 8 au lieu de 1 pour le bois.

Diamètre mât plein en aluminium = $\sqrt[3]{d^3/8}$

Si mât en tube . . . . . $d^3a = \dfrac{D_a^4 - d_{a1}^4}{D_a}$

d étant le diamètre du mât plein en bois correspondant.

Ce calcul s'applique également aux bômes et cornes.

Il faut cependant n'utiliser ces mâts qu'avec une grande prudence, car le coefficient d'élasticité pratique est bien plus faible qu'avec le bois, et le moindre choc causant une déformation permanente sensible, peut diminuer dans de grandes proportions la solidité de l'ensemble. La pratique de tels mâts est peu développée. Pour ma part, je les ai employés plusieurs fois avec succès, mais il faut connaître les qualités du métal et bien vérifier le travail du mât, compte tenu des haubans.

Ce principe de calcul est également bon pour le calcul des mâts en fer et en acier, mais comme il est alors fait usage de tôles rivées, il y a lieu de prévoir des cornières de renfort ou tout au moins des couvre-joints à deux rangs de rivets pour rattraper l'affaiblissement de section dû aux trous de rivets. Dans les petits diamètres où le rivetage devient impossible, la soudure électrique donne de bons résultats. Certains aciers extra-durs permettent des solutions intéressantes sur les grands yachts; leur coefficient de résistance pratique est voisin de 15 au lieu de 8 pour les aciers ordinaires.

Il est permis de poser que, en principe, en donnant au mât plein le coefficient de poids de 1, il aura les valeurs suivantes pour les différents types de mâts: mât creux en bois, 0,62; mât creux en aluminium, 0,35; mât en tôle d'acier rivée, 0,86; mât en tôle d'acier spécial soudé électriquement, 0,70.

ACCESSOIRES DE MATURE

Le calcul des différents accessoires de mâture peut également se faire dans chaque cas particulier. Toutefois, il est plus facile de se baser sur les règles générales ci-après valables pour les cas rencontrés d'ordinaire dans la pratique.

Au cas où les ferrures et ferrements seraient en un métal autre que le fer forgeable du commerce, les coefficients suivants devront être apportés aux sections initiales :

acier dur..	0,7	laiton	1,5
fonte	2.4	bronze fondu. ..	2,00
cuivre rouge . ..	3,00	aluminium étiré..	1,3

Barres de flèche.

Les barres de flèche se calculeront en partant du diamètre du hauban et en fonction de l'angle d'épatement. La longueur de ces barres sera comprise entre le 1/5ᵉ et le 1/4 de la distance entre les capelages. Si elles sont en bois, elles devront être profilées pour diminuer leur résistance à la marche, sans que leur épaisseur soit inférieure au 1/4 de leur largeur.

La résistance en kgs à la compression à laquelle la barre doit pouvoir résister ne pourra être prise inférieure à :

P en kgs : 1 d^2 R (pied/hauteur)

d étant le diamètre du hauban en mm. ;

R la résistance pratique de celui-ci, prise égale au 1/5ᵉ de celle de rupture.

La section calculée sera prise à mi-longueur ; la réduction au pied pourra être de 20 % et au bout de 40 %.

Pour les yachts de course, le coefficient 1 de la formule pourra être remplacé par 0,7, et pour les yachts de course-croisière par 0,85.

Si les barres sont en fer forgé, elles seront calculées sur les mêmes bases en tenant compte de la différence de résistance par rapport au bois.

Ces barres ou arc-boutants seront fixés sur le mât ou les espars par des demi-colliers ou des équerres en plat d'acier ordinaire galvanisé dont la force est donnée ci-après :

1/2 colliers : épaisseur au pied.	=	0,4	diam. du hauban
d° au bout.	=	0,25	d°
largeur constante..	=	3	d°
longueur sur la barre	=	15	d°
3 vis ou boulons de fixation, diam.	=	0,8	d°
Equerres : épaisseur au pied..	=	0,6	d°
d° au bout.	=	0,25	d°
largeur constante.	=	3	d°
longueur des bras..	=	15	d°
3 vis ou boulons de fixation, diam.	=	0,8	d°

Hunes.

Ferrures en fer forgé, force par rapport au diamètre des haubans en acier réglementaires.

Hauteur du ton : 1/3 longueur totale du mât supérieur sur les bateaux de pêche ou de service et 1/4 sur les yachts, ou tout au moins 10 fois le diamètre supérieur du mât au pied.

Distance des mâts entre axes : 0,6 (diamètre du mât inférieur aux élongis plus diamètre mât supérieur au pied).

Hauteur totale des jottereaux : 3 fois le diamètre du mât supérieur.

Largeur : sur l'avant jusqu'à l'axe du mât supérieur et sur l'arrière jusqu'à l'arête arrière du mât inférieur.

Elongis : longueur sur l'avant et l'arrière à la demande de la hune et au moins, sur l'avant, jusqu'à l'arête avant du mât supérieur ; sur l'arrière jusqu'à l'arête arrière du mât inférieur.

Jottereaux en bois dur :

Epaisseur à la tête : 1/3 diamètre du mât supérieur.

Epaisseur au pied : 1/4 épaisseur à la tête, à demi-entaillée dans le mât ; élongis : section carrée égale à 10/25ᵉ diamètre mât supérieur.

Diamètre des rivets en mm. : 1,5 l'épaisseur des jottereaux à la tête en cm.

4 à 5 dans les jottereaux à travers le mât.

3 à 4 pour relier les élongis et les jottereaux.

1 à 2 dans les élongis à travers le mât.

Jottereaux en acier :

Epaisseur des tôles : 1/50ᵉ diamètre du mât supérieur.

Cornière de montage sur le mât : épaisseur 1,5 celle des tôles, largeur 10 fois l'épaisseur.

Cornière d'élongis : 2 fois l'épaisseur des tôles, largeur 10 fois l'épaisseur.

Les rivets étant du diamètre réglementaire, espacement maximum 10 diamètres. La section des tirefonds de tenue des cornières de jottereaux

dans les mâts en bois ne sera pas inférieure à celle des rivets.
Chouques : en fer forgé.
Epaisseur du fer plat : 1/10° diamètre mât supérieur.
Largeur : 4 à 5 fois l'épaisseur.
Section de la clé du mât supérieur ; carré de 0,20 diamètre du mât au pied.

Lattes de haubans.

a) Œil forgé pour rides.
Force du fer de l'œil : 1,25 le diamètre du hauban.
Epaisseur : 0,8 diamètre hauban.
Largeur : 4 épaisseurs.
3 ou 4 boulons ou rivets du diamètre du hauban.
b) Tête percée pour ridoir à chape.
Epaisseur : 0,8 diamètre hauban.
Largeur : 3,2 épaisseur + diamètre du ridoir + 2 mm.
Distance du centre de l'œil au bout de latte : 0,6 largeur de la latte + 1/2 diamètre du ridoir.
3 ou 4 boulons ou rivets du diamètre du hauban.
c) Lattes repliées pour former œil, doublées jusqu'au deuxième rivet. La section au moins égale aux 6/10° des lattes du type *a*).
3 ou 4 rivets du diamètre des haubans.

La longueur des lattes sur la coque ne pourra être inférieure à celle donnée par la formule :

$$(d^2\ R/E)^{1/2}$$

dans laquelle :
d est le diamètre du hauban en mm.
R la résistance pratique du hauban en kgs par mm².
E l'épaisseur du bordé en mm.

Cette longueur sera affectée d'un coefficient égal à :

0,70 pour les bâtiments de charge.
0,65 d° de service.
0,60 pour les yachts de croisière.
0,50 pour les yachts de course.

La longueur des lattes sur le mât ou les espars ne pourra être inférieure en cm. à 2,5 fois le diamètre du hauban en mm.

Ridoirs.

Diamètre de la vis en fond de filet = 1,2 diamètre hauban.
Diamètre boulons d'attache $\geqslant$ diamètre de la vis en fond de filet.

Manilles.

Diamètre du fer = 1,25 diamètre hauban.

Cap de moutons (en bois dur).

Le diamètre des rides en filin goudronné sera de 1,5 celui du hauban en acier ; si ces rides sont en filin mixte (Sécuritas ou équivalent) dont la résistance est de 1,5 celle des filins de même diamètre, le diamètre sera de 1,2 celui des haubans. Le diamètre du cap de mouton sera de 8 fois environ celui du hauban et son épaisseur au moins le 1/3 du diamètre.

Ridages.

Pour 5 passes, rides en chanvre : diamètre égal à 1,5 diamètre hauban.
Pour 5 passes, rides en acier souple : diamètre égal à 0,5 hauban.

Colliers de mât (en acier doux).

Collier de gui :
Diamètre de la tige du vit de mulet : diamètre axe + 2 mm.
Axe du vit de mulet : 1/5° diamètre de la bôme.
Force du fer de douille : 1/2 axe ; hauteur de la douille : 2,5 axe.
Epaisseur du collier : 1/3 axe.
Largeur du collier : 2,5 axe.
Diamètre boulon d'assemblage : 1,25 épaisseur du collier.
Colliers de mât (capelages) :
Epaisseur : 0,6 diamètre hauban
Largeur : 6,6 épaisseurs
ou toute autre section équivalente.
Force du fer des œils : 1,25 diamètre hauban.

Taquets de capelage (en bois dur).

Largeur : 5 diamètres hauban.
Longueur : 1,5 largeur + 40 mm.
Epaisseur à la tête : 0,4 largeur.
Epaisseur au pied : 0,2 largeur, entaillé dans le mât de 1/2 épaisseur.
Diamètre des vis : 0,5 celui du hauban, 2 à 3 suivant possibilité.

Potences (en acier doux).

Le diamètre du fer sera égal à celui initial de la drisse en filin, sous réserve que la longueur du bras ne sera pas supérieure à 10 fois le diamètre du fer et que l'angle fait par le bras et la jambe de force soit voisin de 60°. Le bras traversera le mât et se terminera par un filetage dont le diamètre sera les 8/10e du diamètre du fer. Le serrage se fera par écrou normal sur rondelle large. Le pied de la jambe de force sera aplati pour former une patte dont l'épaisseur sera environ les 4/10e du diamètre du fer sur une longueur de 10 fois le diamètre. Cette patte sera entaillée de son épaisseur dans le mât et recevra 2 vis ou tirefonds dont le diamètre sera les 6/10e du diamètre du fer.

Taquets sur espars (en bois dur).

Largeur : 3 diamètres filin acier.
Longueur : 4 largeurs au minimum.
Epaisseur : suivant besoin, entaillé dans l'espar de 0,15 largeur.
Diamètre des vis de fixation = celui du filin d'acier.
Nombre : 4 à 5.

Encornats (en bois dur).

Epaisseur : 2/3 diamètre de l'espar au bout.
Largeur au collet : 1,5 épaisseur.
Largeur au bout : 0,8 épaisseur.
Longueur sur l'espar : 8 fois l'épaisseur.
Diamètre des rivets en mm. : égal aux chevilles de quille dont le droit serait égal à l'épaisseur de l'encornat; 4 ou 5 rivets suivant possibilité.

Des encornats en métal pourront être prévus en remplacement de ceux en bois, pourvu que leur solidité soit au moins égale.

Glissière en métal pour bermudiens.

Epaisseur en mm. : $= 0{,}07\ \textcircled{V}\ \Sigma\ V^{1/2}/n$
Largeur : 10 épaisseurs.
1 vis de diamètre : 3 épaisseurs tous les 100 mm. environ.
Σ V étant la surface de la voile enverguée.
n la racine carrée du rapport guindant sur longueur de bôme.

Coulisseaux en métal.

Epaisseur : 1,5 épaisseur glissière.
Longueur : 2,5 à 3 largeurs de la glissière.

Coulisses bois pour bermudiens.

Au cas où les ralingues en filin des voiles bermudiennes sont utilisées comme moyen d'envergure sur les mâts ou espars, soit à l'aide de taquets de forme ajoutés après coup, soit par un conduit exécuté dans le mât lui-même, cette solution n'étant convenable que pour des surfaces maxima de 50 m2 pour les yachts de course et 30 m² pour ceux de croisière, on devra prévoir comme section les relations suivantes :

Diamètre de la coulisse de ralingue = 1,5 celui de la ralingue sur la voile.
Epaisseur minima du bois près des lèvres = 0,6 le diamètre de la ralingue.
Ecartement des lèvres = 0,4 à 0,5 le diamètre de la ralingue.

Le diamètre de la ralingue en filin étant approximativement celui donné par la formule au paragraphe « voiles ».

Manœuvres courantes.

Le diamètre des manœuvres en filin est fonction de la surface de voilure et du genre de travail de l'appareil prévu.

Nous pourrons donc poser, en appelant d le diamètre du filin, ΣV la surface de voilure, $\textcircled{V}$ la vitesse du vent par seconde, α un coefficient en fonction du genre de travail, β un autre coefficient en fonction du type d'appareil :

$$d \text{ mm.} = 0{,}30\ \Sigma\ V^{1/2}\ \textcircled{V}\ \alpha/\beta$$

avec un minimum de 8 mm. pour les yachts et 10 mm. pour les bateaux de service.

Valeur de coefficient α en fonction du genre de travail :

Drisses voiles pointues et carrées : endraillées : 1; non endraillées : 1,25.
Drisses pic ou mât voiles auriques : 0,85.
Balancines de voiles à bômes ou vergues : 0,70.
Cargues : 0,75 simples ou 0,60 doubles.
Amures de focs ou voiles d'étais : 1.
Ecoutes de voiles sans bômes : 1,20.
Ecoutes de voiles à bômes : 1,30.
Ecoutes (doubles) de voiles carrées : 1.
Transfilage sur espars : 0,5 à 0,3 suivant espacement des œils de pie.
Ou amarrages sur cercles; mousquetons ou béléguics : 0,5 à 0,3 suivant espacement des œils de pie.
Garcettes de ris : 0,5.

Empointures : 0,7.
Palans de ris : 0,75 à 1.

Valeur du coefficient β suivant le type d'appareil utilisé, bout simple, palan, cartahu, palan sur garant, etc...

Pour une poulie simple fixe : 0,95.
1 poulie simple fixe et 1 poulie simple mobile : 1,30.
1 poulie double fixe et 1 poulie simple mobile : 1,54.
1 poulie double fixe et poulie double mobile : 1,69.
1 poulie triple fixe et 1 poulie double mobile : 1,82.

Le calcul du type de palan se fera par la formule de l'effort à faire sur le garant, celui-ci étant connu en grandeur, qui dépend des moyens du bord.

La valeur de Ⓥ sera prise comme nous l'avons vu au paragraphe du calcul des mâts pour chaque type de bateau suivant son utilisation et le régime des vents.

Les rectifications suivantes seront apportées au diamètre initial si le filin est autre que de la manille blanche :

d × 1,16 pour filins en manille goudronnée,
0,95 pour chanvre blanc,
1,10 pour chanvre goudronné,
1,10 pour coton blanc,
0,50 pour câble d'acier souple galvanisé,
0,65 à 0,70 pour filin mixte (chanvre goudronné ou manille goudronnée et acier galvanisé),
0,365 pour chaîne galvanisée (calibre en mm.),
0,40 pour câble d'acier raide.

Pouliage, pitonnage, etc...

Quel que soit le matériau utilisé pour le corps des poulies, le réa en fer ou en bronze devra avoir les caractéristiques suivantes, en appelant d le diamètre du filin :

	Filins manille	Filins acier
Diam. extérieur du réa	3 à 5 fois la larg.	6 à 8 fois la larg.
Profondeur de la gorge	1,5 d	1,3 d
Diamètre de l'axe	0,5 d + 1 mm.	1,5 d + 1 mm.
Largeur du réa	1,1 d + 2 mm.	1,5 d + 3 mm.

Les réas pour chaînes auront comme épaisseur 5 fois le calibre de la chaîne, et pour diamètre, 2,5 épaisseur + 5 mm.; il sera évité d'utiliser des palans à chaînes.

Le diamètre de l'estrope en filin est égal au diamètre initial sans tenir compte du type de palan.

Le diamètre du ringot est égal à celui du filin, compte tenu du type de palan.

Pour les filins manille et similaires, si les estropes sont en fil d'acier, le diamètre sera les 5/10e de celui en manille + 1 mm. Si les estropes sont en fer forgé, le diamètre sera les 6/10e + 1 mm. de cette même valeur.

Pour les filins en acier, il sera fait uniquement usage de poulies métalliques, le diamètre du fer de l'œil étant de 1,25 celui du filin.

Le diamètre des crocs sera de 60 % supérieur à celui de l'œil.

Le diamètre de l'axe des manilles sera le même que celui du corps et conforme à celui de l'œil des poulies à 5 % près en moins.

Les cercles de mât donnant appui à une poulie auront le fer de l'œil égal à celui de l'œil de la poulie; le fer plat constituant le cercle aura une épaisseur égale aux 6/10e du diamètre de l'œil et une largeur égale à 6,6 fois l'épaisseur. Si plusieurs poulies sont prises sur le même cercle, sa section sera renforcée en conséquence.

Les pitons dans la mâture et le pont auront un œil de force identique à celui de la poulie, le diamètre du corps étant de 25 % supérieur à celui de l'œil.

Le diamètre des barres d'écoute en fer rond sera égal à : $d' = \sqrt[3]{4\,d^2h}$, h étant la hauteur de la barre au-dessus du pont en mm. et d le diamètre du fer de l'œil de la poulie. Le diamètre du fût dans le barrot sera égal à celui de l'estrope de la poulie.

Le diamètre des pitons de retour d'écoute sera calculé comme pour les autres pitons de pont.

Les réas utilisés dans des clans ou des joues, dans la mâture, seront de caractéristiques semblables à ceux utilisés pour des poulies correspondantes.

Taquets de tournage, cabillots, bittes.

La longueur des taquets de tournage, qu'ils soient en bois dur ou métalliques, sera de 15 fois le diamètre du filin manille. La largeur de la base sera de 2d, et la hauteur au centre de 2,5d; la longueur de la base sera de 6d. La fixation sera assurée par 2 boulons en fer rond de 0,5d.

La longueur des cabillots, qu'ils soient en bois ou

en métal, sera de 0,17 le diamètre du filin manille à la puissance 3/2.

Le diamètre sera de 2 fois le diamètre du filin pour ceux en bois dur et de 0,7 fois pour ceux en fer.

Le côté des bittes carrées sera de 5 fois le diamètre du filin manille. Elles seront traversées par une paille de 1d en fer rond d'une longueur totale de 13 d. La hauteur totale de la bitte sera de 7d.

Voiles, ralingues, lattes, etc...

La force des toiles à voiles étant exprimée en numéros, le numéro à utiliser pour une voile est donné approximativement par la formule:

$$0{,}15 \text{ à } 0{,}20 \; \Sigma V^{1/2} \; Ⓥ$$

ΣV étant la surface de la voile.

Ⓥ la vitesse moyenne en mètres-seconde du vent par lequel cette voile reste établie sans prendre des ris.

Le rond dans les ralingues de chute ou de bordure est approximativement égal à:

Chute arrière des grand'voiles avec lattes:

Auriques : 1,5 à 2 %,

Bermudiennes : 2,5 à 3 %.

Des valeurs plus importantes sont possibles avec des lattes longues mais la déformation est très sensible et le bien aller de la voile s'en ressent.

Chute arrière des grand'voiles et des focs sans lattes : 1 %.

Bordure des focs et grand'voiles non lacées : 1 à 2 %.

Longueur des lattes dans les grand'voiles = au minimum 5 fois le rond.

Espacement maximum des lattes en mètres $\leqslant 0{,}7$ (numéro du coton)$^{1/2}$

Section des lattes :

Largeur maxima en cm. = $0{,}8$ à $1 \; \Sigma V^{1/2}$

Largeur au pied = 0,6 à 0,75 largeur maxima.

Epaisseur maxima en mm. = $1/12 \; Ⓥ \; l^{1/2}$

ΣV = surface de la voile en m2.

Ⓥ = vitesse en mètres-seconde du vent.

l = valeur du rond en cm. à la latte considérée.

Le diamètre des ralingues est au minimum celui obtenu par la formule:

$$a \; \Sigma V^{1/2} \; Ⓥ$$

dans laquelle

a est un coefficient égal à 0,3 pour les ralingues en chanvre goudronné, 0,12 pour celles en câble d'acier souple galvanisé.

Renforts de coque.

La coque par le travers des mâts sera convenablement renforcée comme il a été expliqué précédemment (voir Echantillonnages de coque : sabots d'emplantures, varangues, membrures, contre-serres, barrots et étambrais).

Le pitonnage dans le pont devra être pris dans des barrots ou entremises dont la résistance devra correspondre à celle du piton, et être vérifiée en tenant compte de chaque cas particulier; il sera particulièrement fait attention à la solidité du barrot dans lequel sera boulonnée la barre d'écoute.

Jumelles pour mâts rabattables.

Lorsqu'il sera fait usage de mâts rabattables, l'articulation se fera au-dessus du pont pour les bateaux pontés.

Si les jumelles sont en bois, il sera prévu de l'emplanture au pont un pied de mât réglementaire, doublé de chaque côté par une joue dont l'épaisseur sera les 35/100e du diamètre du mât à l'étambrai, et la largeur égale à ce diamètre; la longueur de la doublaison sous le pont sera de 5 diamètres, l'épaisseur de la joue étant réduite au pied de 30 %. Les joues seront vissées avec le pied de mât par 8 vis dont le diamètre en mm. ne sera pas inférieur au double de l'épaisseur des joues. Les joues dépasseront au-dessus du pont de 4,7 diamètres, l'axe de rotation sera à 4,2 diamètres au-dessus du pont. Les jumelles seront réunies par une forte joue vissée sur leur face arrière, de largeur égale à 1,75 diamètre et dont l'épaisseur sera de 0,25 diamètre; cette joue montera jusqu'à 3,25 diamètres au-dessus du pont. Il y aura dans chaque jumelle 4 vis réglementaires pour l'épaisseur de la joue. L'axe de rotation sera calculé à la compression; il sera prévu un peu au-dessus du pont un boulon de garde, égal aux 2/3 de celui de rotation. La section du mât sur une hauteur de 5 diamètres au-dessus du pont sera carrée, le côté égal au diamètre. Il devra porter, quand il sera dressé, sur la tête de pied de mât, afin que l'axe travaille peu. Sur les bateaux de charge, les jumelles seront renforcées sur l'avant et les côtés par 2 équerres en fer plat forgé, ayant les caractéristiques suivantes : largeur : 0,3 diam.; épaisseur au collet : 0,45 et au bout 0,26 largeur; longueur des bras: 2 diamètres; 4 vis ou rivets dans chaque bras de diamètre régle-

mentaire. Des entremises d'épaisseur égale à celle des barrots et de force suffisante, seront entenonées sous les barrots pour recevoir le chevillage des courbes, la section minima de chaque côté des jumelles étant celle qui est réglementaire pour un étambrai normal.

Si les jumelles sont en métal, le pied de mât pourra être supprimé et remplacé par une épontille, en bois ou en métal, dont la résistance à la compression sera au moins égale à celle du mât. Les joues seront en tôle, d'une épaisseur égale au 1/30e du diamètre du mât, ainsi que celle arrière, assemblées au pied avec une cornière dont l'épaisseur sera de 20 % supérieure à celle des tôles, et la largeur des ailes 10 fois l'épaisseur; les rivets seront du diamètre réglementaire et espacés de 10 diamètres. Cette cornière sera réunie aux garnis d'étambrai par des boulons ou tirefonds dont le diamètre sera égal à celui des rivets d'assemblage, à raison de 4 au moins de chaque bord et 2 au moins sur l'arrière. La hauteur des tôles sera de 4,7 diamètres sur les côtés et 3,25 diamètres sur l'arrière; le pied aura 2,5 diamètres sur l'avant de l'axe du mât, l'axe de rotation sera à 4,2 diamètres au-dessus du pont; le diamètre de cet axe et de celui du boulon de garde sera calculé comme pour les jumelles bois. Il sera prévu de chaque bord deux jambes de force en fer rond dont le diamètre sera le 1/5e de celui du mât, terminé à chaque bout par un œil, dont l'un s'engagera dans l'axe de rotation et l'autre portera à plat sur le pont auquel il sera réuni par un boulon de diamètre égal aux 5/100e du diamètre du mât, serré sur une entretoise dont la section sera la moitié d'un barrot de mât. La force du fer aux œils sera pour l'épaisseur de 0,4 diamètre de l'arc-boutant et la largeur 3 fois l'épaisseur. Les tôles jumelles seront doublées extérieurement par un demi-rond dont l'épaisseur sera de 1,5 celle de la tôle et la largeur 2,5 à 3 fois l'épaisseur, réunis par des rivets de diamètre réglementaire.

Une autre disposition peut être adoptée pour le pied du mât quand celui-ci s'emplante sur le pont, soit que l'effort de compression soit absorbé par une épontille, soit que la charpente soit constituée en conséquence. Le pied du mât est logé dans un sabot métallique et traversé par un boulon soutenu de chaque côté par une oreille en tôle épaisse accolée à une cornière fixée sur le pontage. Cette disposition permet éventuellement le rabattage du mât bien qu'il ne s'agisse pas là d'un mât rabattable à proprement parler.

La force des pièces sera calculée suivant les indications ci-dessous :

Diamètre en mm. du boulon en acier mi-dur = d = (167 Résistance de compression en tonnes) ½

Epaisseur de la tôle de sabot de pied de mât : 0,1 diamètre du boulon.

Hauteur minima de l'axe du boulon au-dessus du pont $\geqslant$ 3 diam. du boulon.

Epaisseur de la tôle d'oreille = 0,4 diam. du boulon.

Cornière de pied = 2,5d × 2,5d × 0,25d.

Longueur de l'oreille sur la cornière $\geqslant$ 6,25 d.

Longueur de la cornière sur pont = environ 25 d.

Fixation de l'oreille sur la cornière = 5 rivets en quinconce de diamètre égal à 0,5d.

Fixation de la cornière sur la charpente de pont; section totale des boulons égale au plus à 1,33 celle du boulon d'axe.

Il ne faut pas exagérer la force des boulons de fixation de manière à obtenir leur cisaillement en cas de rupture du haubannage afin de limiter les avaries occasionnées au roof ou au pont. Deux au moins des boulons de fixation de chaque cornière doivent traverser les porques métalliques et avoir leurs écrous serrés dessous. Les autres boulons traverseront les barrots en bois et leurs écrous seront serrés sur des rondelles larges standard.

Pl. 3 a

Densités des principaux bois utilisés dans les C.N.

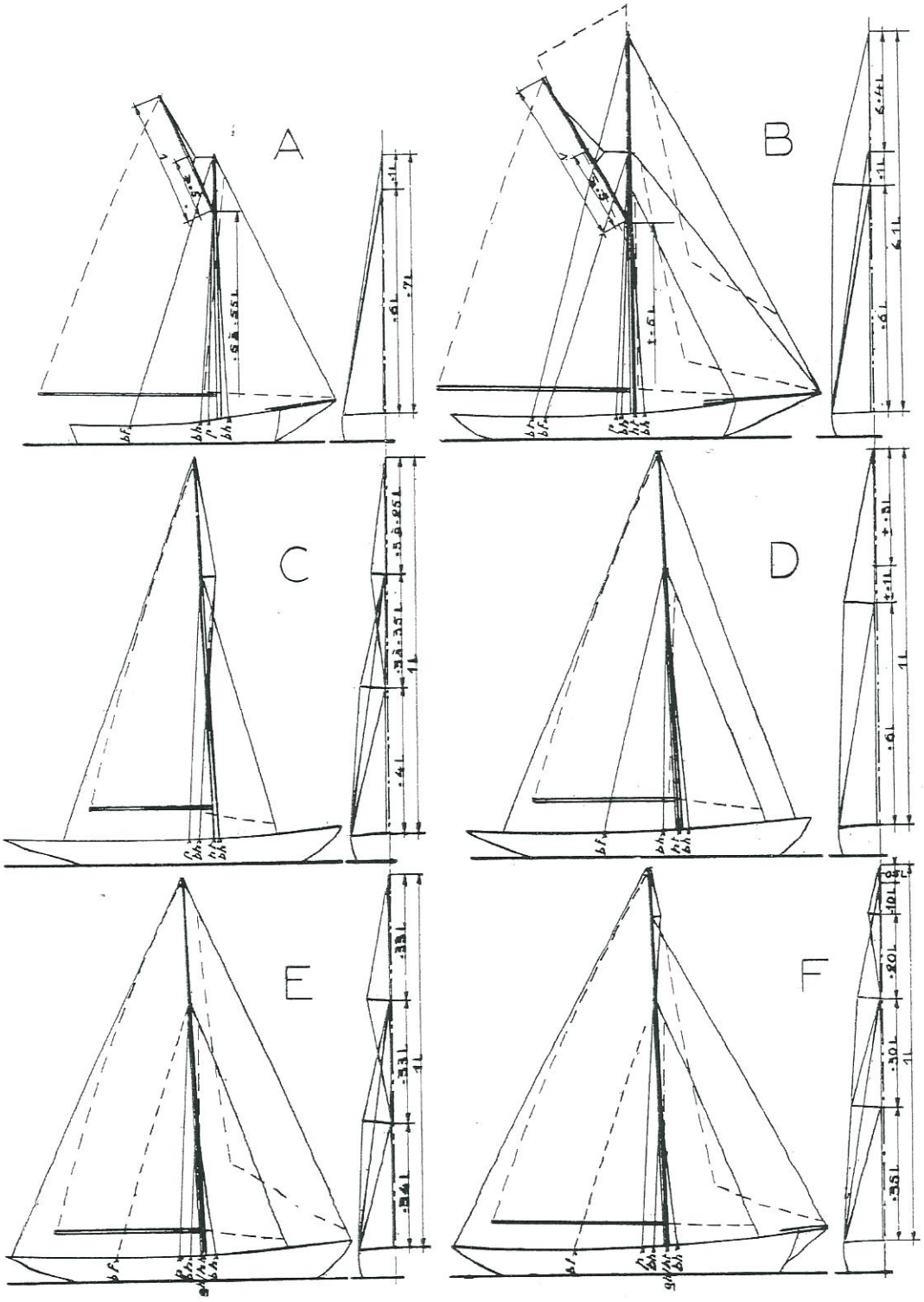
Désignation	minima	moyenne	Désignation	minima	moyenne
Acajou d'Afrique *Gd Bassam*	0,56	0,65	Movingui	0,65	0,78
-d° des Philippines	0,58	0,70	Niangon	0,54	0,65
Accacia	0,75	0,85	Niové	0,70	0,82
Avodiré	0,50	0,60	Noyer		0,66
Azobé		1	Okoumé	0,40	0,55
Balsa	0,12	0,15	Orme	0,72	0,80
Buis		0,95	Ozégo	0,50	0,65
Caoï		0,95	Peuplier		0,39
Cèdre	0,35	0,45	Pin blanc de Suède	0,52	0,62
Chêne maigre	0,75	0,85	-d° d'Orégon	0,55	0,65
-d° blanc	0,65	0,75	-d° rouge du Nord	0,56	0,65
-d° vieux *de démolition*	0,90		-d° sylvestre	0,50	0,60
Cormier		0,82	Pitchpin	0,67	0,77
Dabema *chêne d'Afrique*	0,65	0,75	Poirier		0,73
Epicéa	0,45	0,52	Sao		0,80
Framiré	0,48	0,58	Sapelli	0,65	0,75
Frêne de France	0,67	0,75	Sapin	0,45	0,52
-d° d'Amérique	0,63	0,71	Spruce blanc	0,40	0,45
Goï		0,80	-d° rouge	0,43	0,48
Hêtre	0,70	0,78	Teck de Guyane	0,78	0,85
Iroko *teck d'Afrique*	0,70	0,82	-d° de Siam	0,77	0,85
Lim		1			
Limbo	0,40	0,50	Liège	0,24	
Mélèze	0,54	0,65	Gaïac		1,33

Nota: Ces densités sont celles des bois secs

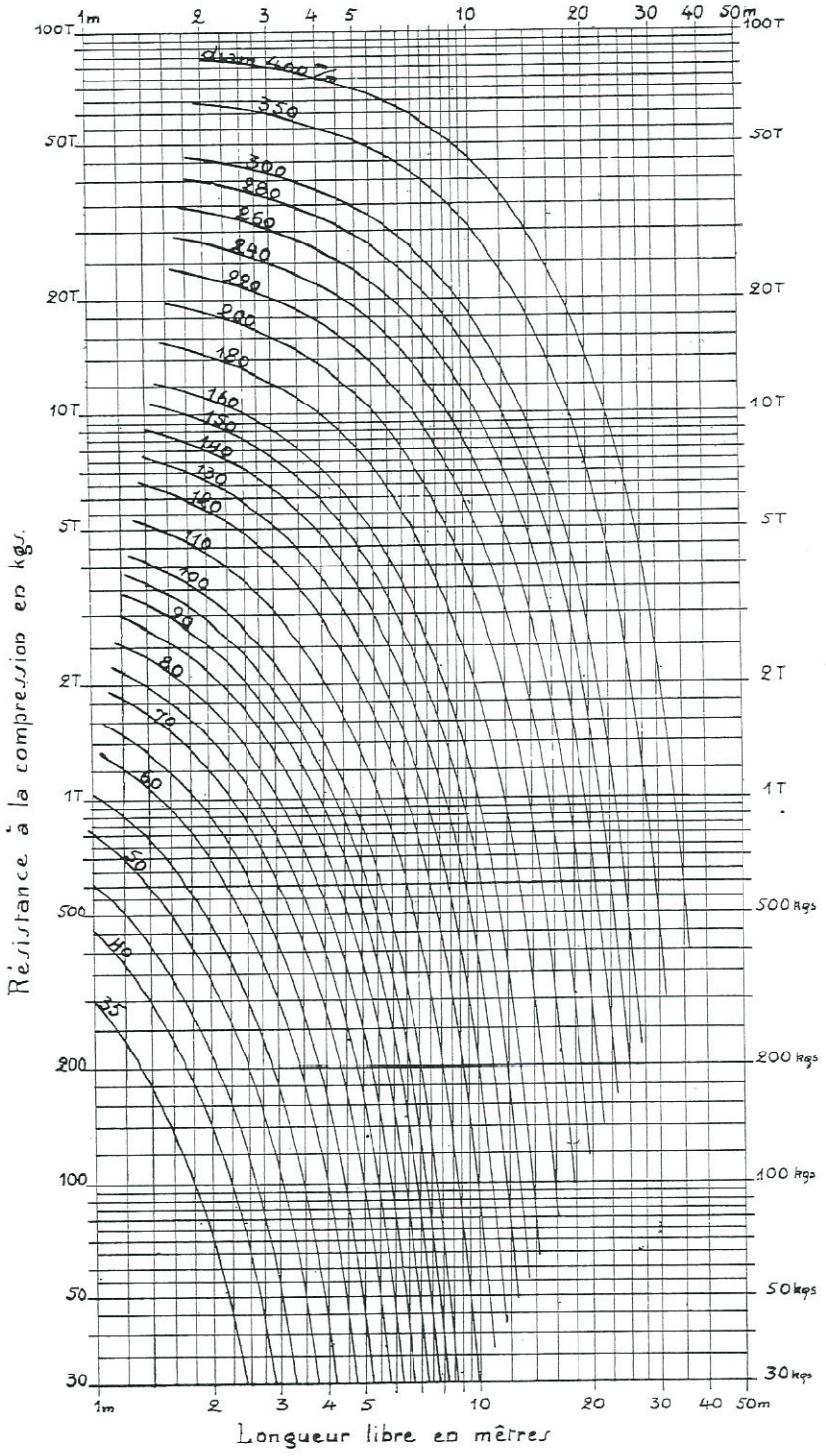
Caractéristiques des principaux alliages utilisés dans les C.N.

Désignation		Etat	Traitement	Densité	Résistance kgs/mm² Traction rupt.	Traction prat.	Compres.° rupt.	Compres.° prat.	Allongement %
Acier	doux	laminé ou		7,85	37	6	37	8	24
	ordinaire	étiré		"	45	8	50	9	20
	mi-dur	étiré	trempé	"	65	11	70	11	18
	dur	-d°	-d°	"	80	12	80	12	12
	à ressort	-d°	-d°	"	105	15			6
	h.r.	-d°	-d°	"	120/200	20/25			
		fondu		"	100		100	30	7
	inox	laminé/étiré		"	65	12	65	12	20
Fer	ordinaire	laminé		7,80	36	6	37	6	18
	supérieur	étiré		"	39	7	40	7	18
Fonte	noire	fondu		7,20			50	9	
	grise	-d°		7,40	12	2,5	70	12	
	blanche	-d°		7,60			85	15	
Bronze	ordinaire	fondu		8,80	25	4	25	4	25
	à canon	-d°		"	30	5	30	5	20
	marine	-d°		8,70	46	8	46	8	18
	h.r.	-d°		8,40	70	12	70	12	15
	d'aluminium	-d°		7,45	55	10	55	10	20
Cuivre	rouge	étiré	recuit	8,80	22	4	22	4	50
	jaune	fondu		8,94	13	2	15	2	10
		laminé	écroui	"	30	5	30	5	20
Laiton	1° titre	fondu		8,60	15	2,5	15	2,5	9
		laminé		"	25	4,5	25	4,5	30
		étiré	écroui	"	30	5	30	5	25
	h.r.	-d°	-d°	8,40	60	12	60	12	20
Monel		fondu		8,85	35	7	35	7	15
		laminé/étiré		"	65	12	65	12	30
Arcap		fondu		8,70	30	6	30	6	5
		laminé/étiré	écroui	"	60	12	60	12	12
		étiré	écroui max.	"	125	25	125	25	10
Alpax		fondu		2,65	19	5	19	5	4
		laminé/étiré	corroyé	"	25	6	25	6	25
Srudal		-d°	-d°	2,70	20	5	20	5	18
Duralumin		-d°	-d°	2,80	50	10	50	10	10

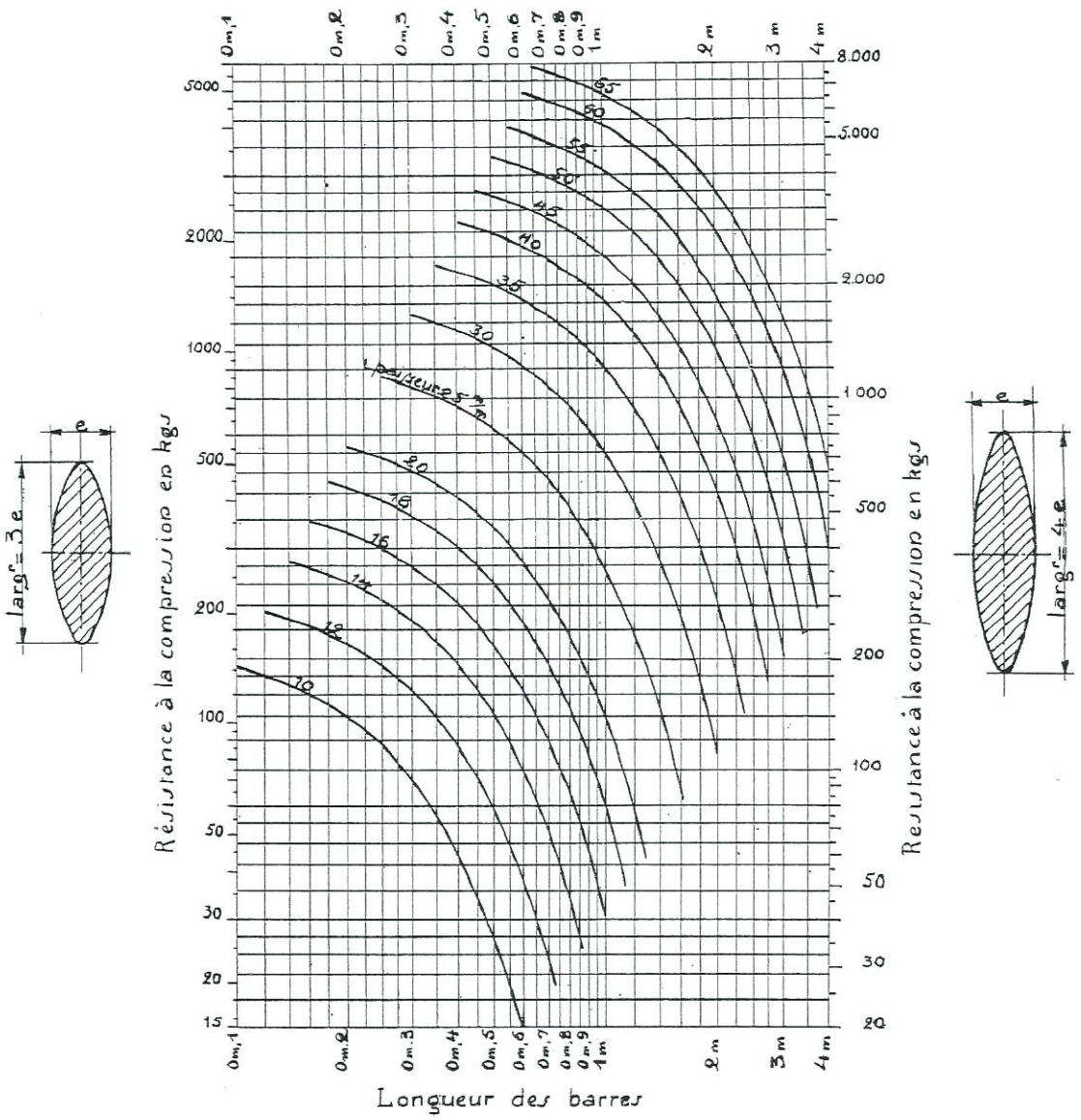
Pl. 9 a



Pl. 10


1m
2
3
4
5
10
20
30
40
50m
100T
50T
20T
10T
5T
2T
1T
500
200
100
50
30
500 kgs
200 kgs
100 kgs
50 kgs
30 kgs
diam. 400 m/m
350
300
280
260
240
220
200
180
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
25
Résistance à la compression en kgs.
Longueur libre en mètres

Pl. 11



Résistance à la compression en kgs
Longueur des barres
Résistance à la compression en kgs
larg^r = 3 e
larg^r = 4 e
e
e
1 pasteur = 25 m/m
65
60
55
50
45
40
35
30
20
18
16
14
12
10
0m,1
0m,2
0m,3
0m,4
0m,5
0m,6
0m,7
0m,8
0m,9
1m
2m
3m
4m
5000
2000
1000
500
200
100
50
30
20
15
8.000
5.000
2.000
1 000
500
200
100
50
30
20

Pl. 12 a

Tableau comparatif des ridoirs et lattes de fixation sur coque

Ridoirs					Lattes					Rivets			
ϕ tige m.m	section noyau m.m.²	R. pratique kgs 6 kg/mm²	9 kg/mm²	12 kg/mm²	largeur m.m.	épaisseur m.m.	ϕ trou m.m.	section m.m.²	charge kg/mm²	ϕ m.m	nombre	section totale m.m.²	charge kg/m.m²
6	16.6	100			20	3	8	36	2.77	4,5	3	47,5	2,10
			150		"	"	"	"	4,16	4.5	4	63,6	2.36
				200	"	"	"	"	5,56	5	4	78,4	2,55
7	24,6	148			20	4	9	44	3,37	5	4	78,4	1.89
			221		"	"	"	"	5,05	5	5	98	2,25
				295	"	"	"	"	6,74	6	4	113	2,61
8	30,6	184			25	4	10	60	3,07	6	3	84.7	2,17
			276		"	"	"	"	4,60	6	4	113	2,45
				368	"	"	"	"	6,15	6	5	141	2,61
9	41.2	247			30	4	11	76	3,24	6	4	113	2,18
			370		"	"	"	"	4,86	7	4	154	2,40
				494	"	"	"	"	6,48	7	5	192	2,56
10	48,9	293			30	5	12	90	3,26	6	5	141	2,08
			440		"	"	"	"	4,88	7	5	192	2,28
				586	"	"	"	"	6,52	8	5	251	2,33
12	71.4	428			40	5	14	130	3,27	8	4	201	2,13
			642		"	"	"	"	4,89	8	6	301	2,13
				856	"	"	"	"	6,54	8	7	351	2,34
14	98,3	590			40	7	16	168	3,50	8	6	301	1,96
			885		"	"	"	"	5,25	10	5	393	2,25
				1180	"	"	"	"	7 -	10	6	471	2,50
16	137	821			40	10	18	220	3,74	10	5	393	2,09
			1232		"	"	"	"	5,61	10	7	550	2,24
				1642	"	"	"	"	7,48	12	6	690	2,38
18	165	990			40	12	20	240	4,13	12	4	460	2,15
			1485		"	"	"	"	6,20	14	4	616	2,41
				1980	"	"	"	"	8,26	16	4	804	2,46
20	213	1278			40	16	22	288	4,43	16	3	603	2,12
			1915		"	"	"	"	6,65	16	4	804	2,38
				2555	"	"	"	"	8,86	16	5	1005	2,54
22	268	1605			40	22	24	352	4,56	18	3	762	2,10
			2408		"	"	"	"	6,84	18	4	1016	2,37
24	307	1840			50	18	27	414	4,44	20	3	942	1,95
			2760		"	"	"	"	6,66	20	4	1256	2,20
27	407	2435			50	25	30	500	4,87	22	3	1140	2,13
			3650		"	"	"	"	7,30	22	4	1520	2,40
30	494	2965			60	25	33	675	4,40	24	3	1356	2,18
33	619	3710			70	25	36	850	4,38	24	4	1808	2,04
36	724	4340			70	30	39	930	4,66	27	4	2288	1,89

Pl. 12 b

Caractéristiques des cables pour haubans en acier galvanisé

fil d'acier à 140 kgs au cm²

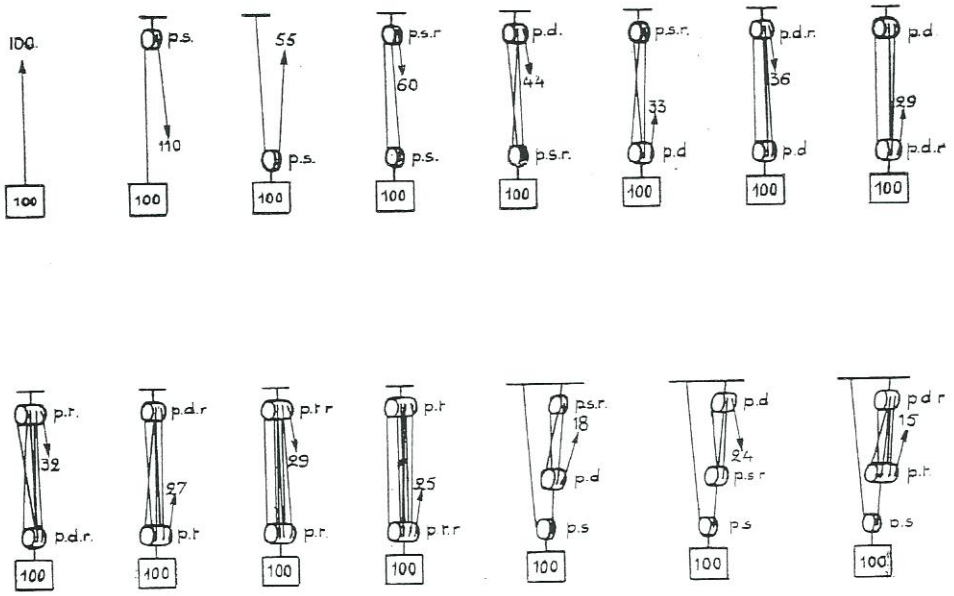
Composition 1 toron 19 fils (1+6+12 fils) sans âme chanvre

Diam. cable m/m	Diam fil m/m	Poids au mètre kg	R. rupt^ts kgs
2,5	0,5	0,029	425
3 -	0,6	0,043	608
3,5	0,7	0,058	825
4 -	0,8	0,076	1.075
4,5	0,9	0,096	1.375
5 -	1 -	0,120	1.700
5,5	1,1	0,145	2 050
6 -	1,2	0,175	2.450
6,5	1.3	0,200	2 875
7 -	1,4	0,235	3 325
7,5	1,5	0,270	3.825
8 -	1 6	0,305	4 350
9 -	1,8	0,385	5.500
10 -	2 -	0,480	6 800
11 -	2,2	0,580	8 225
12 -	2,4	0,690	9.775
13,5	2,7	0,875	12 375
15	3 -	1,075	15 275
17	3,4	1,380	19 625

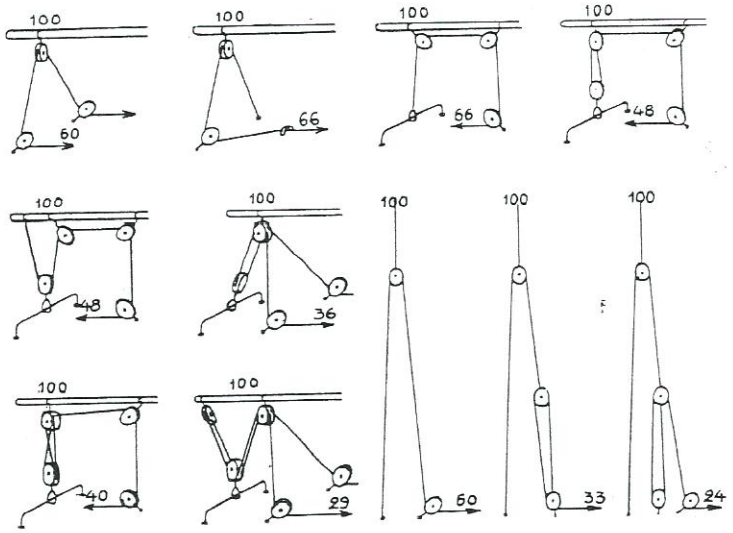
Composition 6 torons 7 fils (42 fils) avec âme chanvre

Diam. cable m/m	Diam. fil m/m	Poids au mètre kg	R. rupt^ts kgs
4,5	0,5	0,075	950
5,4	0,6	0,105	1.375
6,3	0,7	0,145	1.875
7,2	0,8	0,190	2.425
8,1	0,9	0,240	3.075
9 -	1 -	0,300	3.800
9,9	1,1	0,360	4.625
10,8	1,2	0,430	5.475
11,7	1,3	0,510	6.425
12,6	1,4	0,585	7.450
13,5	1,5	0,675	8.550
14,4	1,6	0,760	9.700
16,2	1,8	0,975	12.300
18 -	2 -	1,195	15 125
19,8	2,2	1,450	18.300
21,6	2,4	1,725	21.825
24,3	2,7	2,185	27.625
27 -	3 -	2.675	34.200
30,6	3,4	3,465	43.975

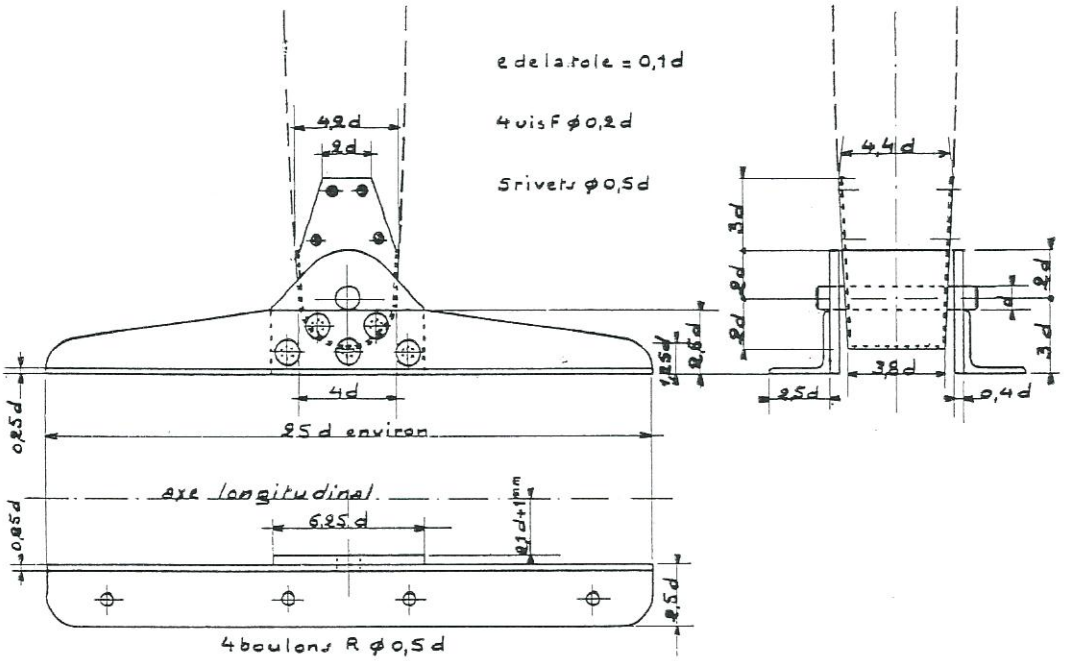
Pl. 13



Principaux types de palans d'écoutes



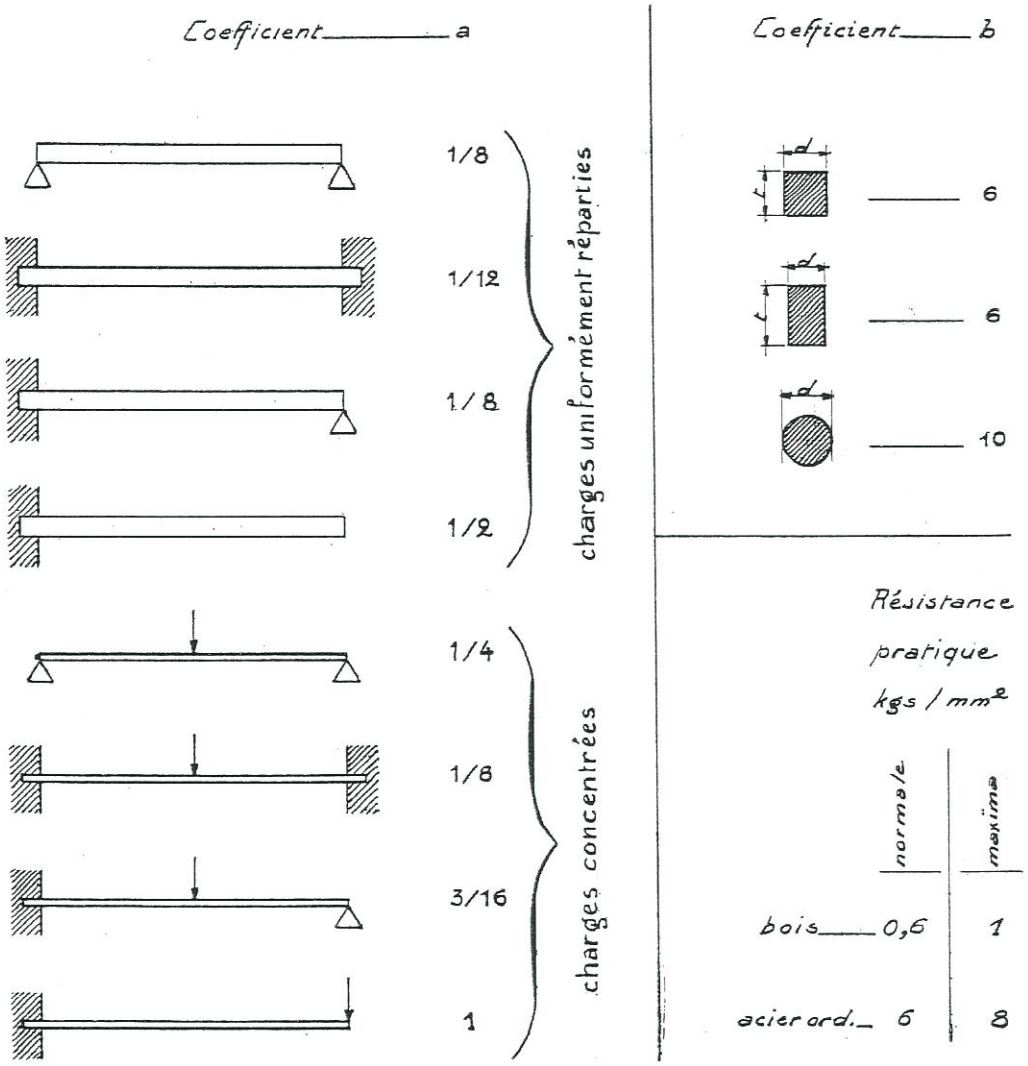
Pl. 14



Déterminer la fatigue du mât à la compression au plus égale à la résistance relevée sur graphique Planche 10. = F en tonnes
ϕ en m.m. du boulon d'axe en acier mi-dur $= d = 13\sqrt{F}$
La section du mât au pied sera ramenée à un carré de côté $= 3{,}8\,d$.
Cette réduction débutera en dessous de la bôme, suivant une courbe parabolique.
Le sabot de pied de mât est entaillé à l'uni du mât.
Le sabot, les oreilles et les cornières sont en acier ordinaire.
La tenue du boulon d'axe peut être assurée à chaque extrémité, soit par une goupille fendue, soit par un écrou H très bas sur filetage $\phi = 0{,}8\,d$ environ ou par tout autre moyen ad-hoc.
Pour chaque cornière, au moins deux boulons de fixation auront leur écrou serré sous les porques métalliques, les autres seront serrés sur des rondelles larges standard sous des barrots bois.

Pl. 18 a

Calcul des poutres à la flexion_ $t^2 d_{cm^3} = P_{kgs} \times E_m \times a \times b / r_{kgs/mm^2}$

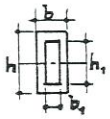
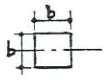
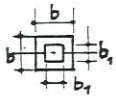
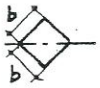
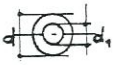
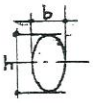
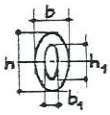
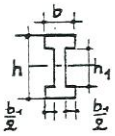
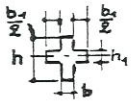


P = charge en kgs.

E = longueur de la poutre en m.

Pl. 18 b

Moments d'inertie et modules de résistance

Sections		I	v	I/v	Sections		I	v	I/v
rectangle		$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^2}{6}$	rectangle évidé		$\frac{bh^3-b_1h_1^3}{12}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3-b_1h_1^3}{6h}$
carré		$\frac{b^4}{12}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b^3}{6}$	carré évidé		$\frac{b^4-b_1^4}{12}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b^4-b_1^4}{6b}$
carré s/angle		$\frac{b^4}{12}$	$\frac{b\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}\,b^3}{12}$	carré s/angle évidé		$\frac{b^4-b_1^4}{12}$	$\frac{b\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{12}\,\frac{b^4-b_1^4}{b}$
cercle		$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi}{32}d^3$	couronne		$\frac{\pi}{64}(d^4-d_1^4)$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi}{32}\left(\frac{d^4-d_1^4}{d}\right)$
ellipse		$\frac{\pi bh^3}{64}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{\pi}{32}bh^2$	ellipse évidée		$\frac{\pi}{64}(bh^3-b_1h_1^3)$	$\frac{h}{2}$	$\frac{\pi}{32}\left(\frac{bh^3-b_1h_1^3}{h}\right)$
poutrelle		$\frac{bh^3-b_1h_1^3}{12}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3-b_1h_1^3}{6h}$	croix		$bh^3+b_1h^3$	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3+b_1h^3}{6h}$

Formules de calculs

Flexion	Torsion	Flambage
$P\,E\,a = \frac{I}{v}\,r$	$P\,L = \frac{I_0}{v}\,r$	$P\,L^2 = 70\,I_m\,r$
$r = \frac{P\,E\,a}{I/v}$	$r = \frac{P\,L}{I_0/v}$	$r = \frac{P\,L^2}{70\,I_m}$
$\frac{I}{v} = \frac{P\,E\,a}{r}$	$\frac{I_0}{v} = \frac{P\,L}{r}$	$I = \frac{P\,L^2}{70\,r}$
$P = \frac{I/v\;r}{E\,a}$	$P = \frac{I_0/v\;r}{L}$	$P = \frac{70\,I_m\,r}{L^2}$
$E\,a = \frac{I/v\;r}{P}$	$L = \frac{I_0/v\;r}{P}$	$L = \sqrt{\frac{70\,I_m\,r}{P}}$

P Charge en kgs
E Espacement des appuis en m.
L Longueur ou bras de levier en m

I/v Module de résistance - *flexion*
I_0/v Module de résistance polaire - *torsion*
I_m Moment d'inertie minimum - *flambage*

r Résistance pratique du matériau suivant Planche 18a