



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

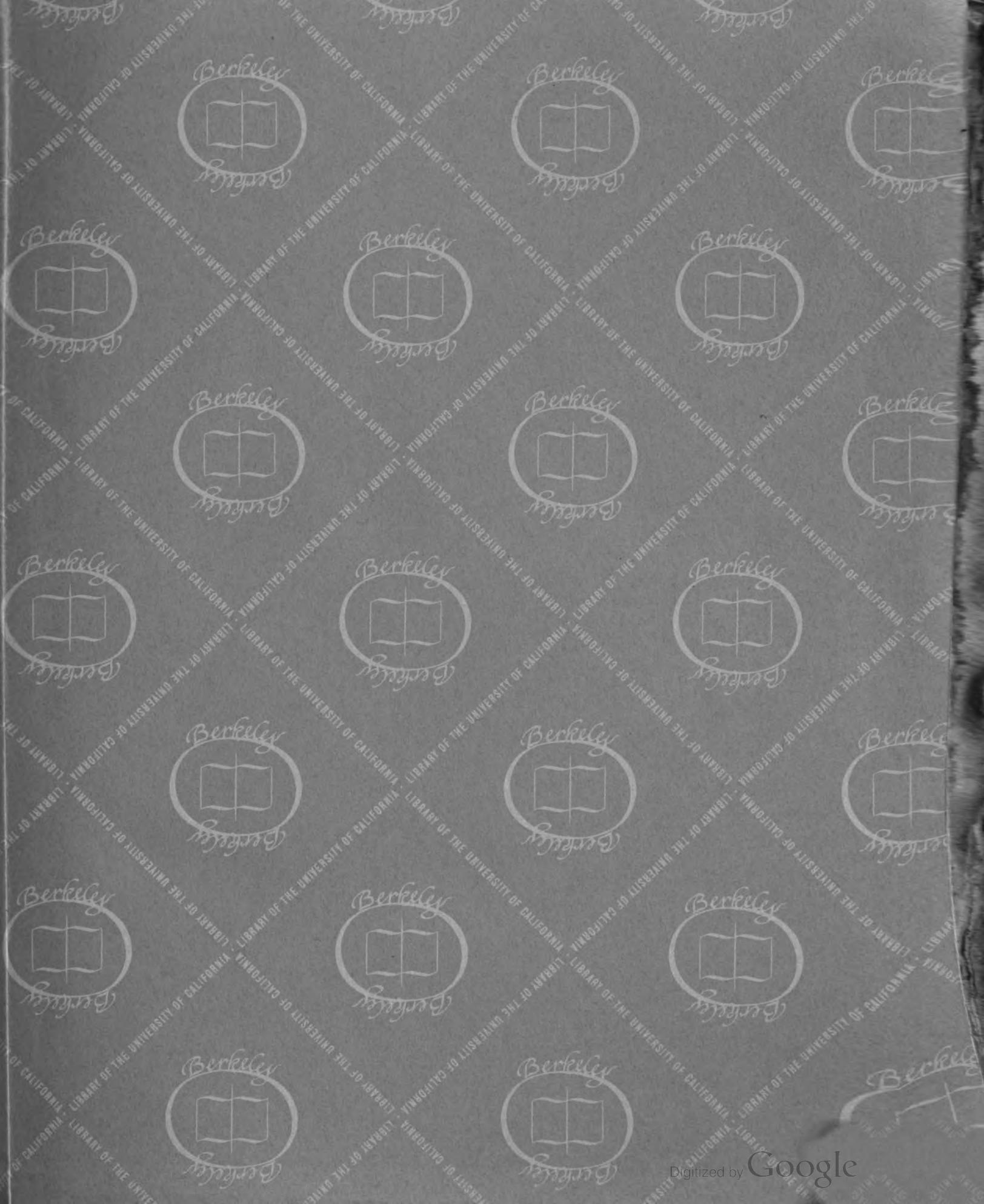
UC-NRLF



C 2 525 661







Moreau

Sommaire du cours
de l'école du Génie maritime

Moreau

*à Monsieur Lacroix,
membre de l'Institut,
hommage de son ancien
élève,
Moreau.*

SOMMAIRE

DU COURS DE L'ÉCOLE SPÉCIALE

DU GÉNIE MARITIME.

SOMMAIRE

DU COURS DE L'ÉCOLE SPÉCIALE

DU GÉNIE MARITIME,

**SUR LA THÉORIE ET LA PRATIQUE DE LA CONSTRUCTION DES VAISSEAUX, ET
SUR LES MACHINES USITÉES DANS LES PORTS; LE LANCEMENT SUR BER: ET
SUR COETES MORTES; LA MATURE ET L'ARMEMENT.**

PAR P.-J. MOREAU,

**Chevalier des Ordres Royaux de Saint-Louis et de la Légion d'honneur, ancien Élève
de l'École Polytechnique, Ingénieur des Constructions navales.**



A BREST,

Chez LEFOURNIER et DEPERIERS, Libraires pour la Marine, rue Royale, N.º 86.

1827.

A BREST, de l'Imprimerie de J.-B. LEFOURNIER, rue Royale, N.º 86.

INTRODUCTION.

VM600
M67
1827
MAIN

EN 1814, époque à laquelle le Conseil des Constructions navales fut supprimé, on m'envoya à Toulon pour diriger les études de MM. les Elèves de l'Ecole du Génie maritime ; je savais qu'auparavant on étudiait la théorie de la construction et de la manœuvre des vaisseaux d'EULER, alors je cherchai de suite dans les ouvrages théoriques et pratiques de la construction, tout ce qui pouvait être utile au cours de l'Ecole.

Les traités de BOUGUER, EULER, DUHAMEL DU MONCEAU, G. JUAN, CHAPMAN, ROMME et VIAL DE CLAIRBOIS renferment des matériaux bons pour cet objet.

L'excellent traité de mât de FORFAIT contient toutes les connaissances que MM. les Elèves du Génie maritime doivent acquérir sur la mât et la voilure. On trouve aussi des choses utiles dans le traité du grément de L'ESCALIER. Enfin, un ouvrage anglais publié par David STEEL, en 1806, sur la construction-pratique, l'installation des vaisseaux et le traité d'arrimage de M. le Comte DE MISSIESSI, Vice-Amiral, les leçons inédites de M. TUPINIER, Directeur de la division des Ports, ses observations sur les dimensions et l'armement des vaisseaux, insérés dans les annales maritimes de 1822, et plusieurs mémoires publiés ou inédits, mais qu'on peut se procurer dans les directions des constructions, sont utiles à l'instruction des Ingénieurs.

Mais il fallait d'abord reconnaître dans plusieurs des ouvrages cités les parties théoriques susceptibles d'être enseignées, telles qu'elles sont exposées, et celles qui, par leur imperfection et leur mauvais fondement, conduisent à des résultats trop éloignés de la pratique pour qu'on puisse s'en servir, c'est ce que j'ai fait; je n'ai conservé que ce que j'ai pu démontrer rigoureusement, ainsi qu'on le verra dans le cours de ce sommaire. Après ce premier travail, j'ai ajouté la théorie de la résistance des bois, des fers, des cuivres et des cordages; les expériences faites jusqu'à ce jour sur les charges dans les extensions et les flexions, depuis que la pièce commence à fléchir jusqu'à la rupture, lorsqu'elle est sur deux appuis. La théorie et la pratique de l'abattage des vaisseaux en carène, le remontage sur les chantiers, les roues hydrauliques, la théorie des pompes mues par des manivelles, avec la détermination du volant, les pompes à double piston, les machines à feu, la théorie des machines tractoires, ouvrage que j'ai soumis à l'Institut en 1821, et dans lequel j'avais joint l'énoncé des questions que renferme le présent sommaire.

Quant à la pratique, j'ai ordonné et suivi, pièce par pièce, la construction et l'armement d'un bâtiment que les Elèves ont eu sous les yeux.

Revenons à la théorie de la construction, nous voyons que BOUGUER a bien déterminé la stabilité d'un vaisseau qui tourne autour de son grand axe; mais il a trop généralisé la dénomination du métacentre; le corps n'étant pas symétrique par rapport au plan vertical latitudinal, il est clair

que ce n'est que par rapport à une inclinaison infiniment petite autour du grand axe horizontal mené par le centre de gravité, que la direction de la poussée du fluide rencontre la droite menée par le centre de gravité de système et par le centre de la carène primitive, et qu'en considérant une troisième position, la verticale élevée par le centre de la nouvelle carène, ne rencontre pas la ligne qui précède : le mouvement se faisant toujours autour du grand axe, il n'y a autour de cet axe qu'un seul point de rencontre qui est le *métacentre*. Dans les inclinaisons autour des axes horizontaux intermédiaires au grand et au petit axe, la poussée du fluide ne rencontre pas la verticale primitive, le moment est mesuré par la plus courte distance horizontale de ces deux lignes. Ce n'est que dans les inclinaisons autour de l'axe perpendiculaire au plan longitudinal que la direction de la poussée rencontre la verticale de la position précédente devenue oblique, et que les intersections sont sur une courbe métacentrique.

En considérant toutes les positions qu'un corps flottant peut prendre dans un fluide, on voit que les centres de carène sont situés sur une surface. BOUGUER s'est borné à la recherche de la position de ces centres pour un parallépipède et un prisme triangulaire tournant autour du grand axe.

La stabilité est traitée dans l'ouvrage d'EULER, d'une manière fort claire; le moment d'inertie du plan de flottaison par rapport au grand axe, divisée par le volume de la carène, exprime la distance du centre de carène au point que BOUGUER a nommé le métacentre. Les stabilités *minimum*

et *maximum*, et les stabilités intermédiaires sont parfaitement expliquées ; mais on ne trouve pas l'expression du moment par rapport à un axe perpendiculaire au premier ; ce moment, qui s'exerce en même tems que l'autre, fait pirouetter le corps autour de son centre de gravité.

Il en est de même du mouvement d'ascension du centre de gravité, l'espace qu'il parcourt le long de la verticale étant dépendant de la forme des parois du corps et de la position du centre de la tranche mince à la flottaison, il en résulte que pour certains corps, le centre de gravité de système monte lorsque le corps s'incline d'un côté, et descend quand l'inclinaison est en sens contraire, ce qui a fait croire en dernier lieu qu'il y avait là un paradoxe ; mais en y réfléchissant, on voit que cela est conforme à l'énoncé du principe de la mécanique, puisque suivant ce principe : dans la position d'équilibre le centre de gravité est plus bas ou plus haut que dans toutes les positions infiniment voisines ; l'équilibre stable exige que la distance du centre de gravité de système à celui de la carène soit un *minimum*. Or il n'y a là rien de contraire au principe et par conséquent point de paradoxe. Nous développons cette théorie tout au long, en donnant au principe son énoncé le plus général, et même nous partons de là pour déterminer les conditions d'équilibre d'un corps flottant.

Les six premiers chapitres du traité d'EULER et une partie du septième, ne laissent rien à désirer du côté de la clarté et de la précision, la suite de l'ouvrage fait regretter que ce célèbre géomètre n'y ait pas mis autant de rigueur et

qu'il se soit borné à déduire la grandeur de la stabilité d'un vaisseau de celle qu'on obtient d'après des hypothèses faites entre deux limites, et en supposant les momens d'inertie des flottaisons proportionnels aux carrés des surfaces.

Par ce moyen, la mesure de la stabilité est ramenée aux élémens les plus simples : c'est-à-dire, à une formule qui ne renferme que les dimensions principales du vaisseau, le rapport de la surface de flottaison au parallélogramme circonscrit, et celui du volume de la carène au cylindre circonscrit à la même carène. A l'aide de la formule de stabilité ainsi transformée, on peut évaluer aisément les momens d'inertie du plan de flottaison et déterminer la limite du rapport de la largeur au creux de la carène pour satisfaire à la condition de stabilité, quand on assigne la distance du centre de gravité de système à la section d'eau supérieure. Ce procédé séduit par son élégance, mais en pratique il n'est pas d'une précision assez rigoureuse ; car si l'on observe qu'on peut faire varier la forme de la carène, en lui conservant le même volume et la même grandeur de flottaison, et que pour une autre carène équivalente, le rapport du moment d'inertie de la flottaison à la distance du centre de gravité à l'axe du cylindre tangent à la surface des centres de carène n'est plus le même qu'auparavant, tandis que le rapport de la flottaison au parallélogramme circonscrit n'a pas changé, ainsi que celui du volume de la carène au cylindre circonscrit ; que dans ce cas la formule donne toujours la même expression de stabilité, on reconnaîtra que l'admission de cette formule peut donner

des résultats sur lesquels on ne pourrait compter, si la charge au-dessus de la flottaison devait rester la même.

Avant d'exposer la théorie des oscillations des corps flottans, j'ai jugé convenable de parler de la résistance des fluides. J'ai d'abord rassemblé toutes les expériences connues, et je les ai représentées par deux formules; l'une pour la proue, et l'autre pour la poupe. Ces expériences font voir que pour des vitesses moyennes, la résistance est à peu près comme le carré de la vitesse; que quand la vitesse est très-petite, la résistance approche davantage de la raison de la simple vitesse, ou d'un terme dont l'exposant de la vitesse diffère peu de l'unité. En admettant qu'il y ait dans l'expression de la résistance un terme dont l'exposant soit un peu au-dessous de l'unité, l'analyse fait connaître qu'un corps lancé dans un fluide parvient au repos, et qu'il n'est pas nécessaire de supposer dans la résistance une partie constante que l'expérience n'a pu faire apprécier. La résistance, depuis le mouvement lent jusqu'à la vitesse de 15 centimètres, devrait donc être exprimée au moins par deux termes, dont l'un proportionnel au carré de la vitesse et l'autre à une puissance fractionnaire, tellement que le premier terme soit extrêmement petit par rapport au second dans le mouvement lent, et très-grand dans le mouvement moyen; et pour qu'un corps lancé dans le fluide arrivât au repos, il faudrait que cette quantité fractionnaire fût au-dessous de l'unité. Dans le mouvement lent, le frottement de l'eau contre la surface, l'adhérence des molécules entr'elles et avec les parois, se communique par l'effet de la viscosité à la masse fluide, et il en résulte

des forces accélératrices qui se détruisent dans le mouvement uniforme du corps, alors la résistance doit être représentée au moins par deux termes ; mais lorsque la vitesse est d'un mètre, le terme proportionnel au carré de cette vitesse est très-grand par rapport aux autres, c'est-à-dire, que l'inertie du fluide oppose une grande résistance par rapport aux autres résistances relatives aux vitesses ; ainsi le terme proportionnel au carré de la vitesse, représente assez bien la résistance d'un corps flottant quand la dénivellation n'est pas considérable.

Le coefficient de ce terme étant fonction de l'angle d'incidence, ne peut être déterminé que par des interpolations sur un grand nombre d'expériences ; nous en avons déjà plusieurs sur le mouvement direct, mais nous n'avons rien sur les routes obliques ; on a déduit jusqu'ici la résistance oblique des résistances directe et latérale, en admettant le carré du sinus d'incidence.

BOUGUER suppose que dans toutes les routes que suit un vaisseau, ce sont toujours les mêmes parties de la carène qui sont choquées par l'eau ; cette hypothèse lui fait voir que quand la dérive est de 45° , la composante de la résistance parallèle à la quille est indépendante de la forme des lignes d'eau. On reconnaît par une analyse bien simple que ce phénomène, qu'il regarde comme une propriété singulière des surfaces courbes, n'existe pas ; d'où il suit que l'usage qu'il fait de sa formule de la dérive (page 414 du traité du navire), pour déterminer la vitesse du vaisseau et la position des voiles, ne convient qu'à des dérives

extrêmement petites, et les conséquences qu'il en déduit ne seraient d'aucune utilité à la pratique, quand même la résistance serait comme le carré du sinus d'incidence.

Le procédé d'EULER ne serait pas plus admissible dans la même hypothèse sur le carré du sinus d'incidence, il détermine la résistance qu'éprouverait un cylindre ayant pour base le maître couple, ensuite celle d'un cône de même base, et ayant son sommet à l'extrémité avant du plan de flottaison; la carène étant comprise entre ces deux solides, l'auteur conclut la résistance qu'elle doit éprouver d'un milieu harmonique entre les résistances du cylindre et du cône. Cette méthode paraît avoir été déduite des calculs effectués anciennement sur des carènes de vaisseau d'après la loi du carré du sinus d'incidence qui donne pour des formes approchantes de celles de nos vaisseaux, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$ etc., $\frac{1}{17}$ de la résistance du maître couple mu directement. Cette loi est contredite par l'expérience.

EULER déduit ensuite la résistance dans les routes obliques des résistances directe et latérale. Cette résultante présente, comme il le dit (page 115), un paradoxe bien singulier; c'est qu'un vaisseau n'éprouve pas la moindre résistance quand il se meut dans la direction de son grand axe, et qu'il existe une certaine dérive pour laquelle cette force est un minimum. Nous avons d'abord pensé qu'EULER avait traité cette matière sous le point de vue d'avoir seulement une approximation de la résistance; mais le grand paradoxe qu'il explique pouvant faire croire que sa méthode est applicable aux vaisseaux, tandis qu'elle ne l'est qu'au

parallélipipède et au cylindre, nous avons cru devoir nous arrêter à ce passage, et observer que cette théorie ne présente un paradoxe que parce que la vitesse latérale du corps est négligée; et qu'après avoir pris un milieu harmonique le corps est encore un cylindre dont la base est différente. Il est à remarquer que suivant ce procédé, l'équation différentielle du mouvement d'une sphère pesante, lancée dans un fluide, serait intégrable.

Dans les corps flottans, la partie de la carène qui va à la rencontre du fluide, est séparée de celle qui le fuit, par la courbe de contact d'un cylindre qui enveloppe la carène et dont la génératrice est parallèle à la dérive.

Les expériences du célèbre CHAPMAN, Ingénieur et Contre-Amiral suédois, sont bonnes à discuter, ainsi que beaucoup de choses judicieuses et instructives qu'on trouve dans son traité de la construction des vaisseaux et dans un mémoire publié à Stockholm en 1795. Dans le premier ouvrage on voit qu'un corps dont la poupe était différente de la proue, n'éprouvait pas la même résistance quand on le faisait mouvoir par les deux bouts. La position de la plus grande largeur faisait varier la résistance d'une quantité sensible, quoique les corps étaient petits. Les expériences qu'on trouve dans les mémoires du Vice - Amiral THÉVENARD, confirment assez ces résultats qui diffèrent de ceux qu'on trouve dans l'art de la Marine de ROMME.

La théorie de Georges JUAN a été écartée du cours comme étant basée sur un mauvais fondement et donnant

des résultats entièrement contredits par l'expérience; et de plus, comme conduisant à des expressions absurdes. Cette théorie est la même qu'EULER a examiné dans ses commentaires sur les principes d'artillerie de ROBINS.

Après avoir passé en revue les expériences sur les fluides, on fait voir que le terme proportionnel au carré de la vitesse n'a pas d'influence sensible sur la durée des oscillations; que le terme proportionnel à la vitesse, s'il était admis, n'aurait qu'une influence très-petite et négligeable, alors on traite le problème des oscillations des corps flottans dans toute sa généralité et on fait voir que le centre de gravité du plan de flottaison doit être très-peu en arrière de la verticale élevée par les centres de carène et de gravité de système, et que, pour que le vaisseau ne se détourne pas de sa route à chaque oscillation et ne fatigue pas la timonnerie, il faut que la différence des tirans d'eau soit établie de manière que la verticale élevée par le centre de gravité soit un axe principal du corps, chose qui, je crois, n'avait pas encore été remarquée.

Le vaisseau ayant un mouvement uniforme suivant une dérive quelconque, les équations d'équilibre sont établies entre des couples qui proviennent des forces rectangulaires sur la proue et la poupe, et des efforts du vent sur les voiles. On en déduit la relation entre les stabilités et les surfaces de voilures de deux vaisseaux comparés; on discute aussi la position du point *vélique* dans la route directe qui est la seule pour laquelle on puisse affirmer que les forces se rencontrent.

Un vaisseau est une forteresse flottante destinée à se mouvoir dans deux fluides dont l'un produit la force poussante et l'autre la résistance. Les qualités qu'il doit avoir, sont :

1.° De flotter en portant un poids déterminé, et d'avoir toutes ses parties bien liées entr'elles.

2.° D'avoir une stabilité suffisante pour être en sûreté dans toutes les circonstances de la mer : c'est-à-dire, que quand une force étrangère l'éloigne de sa position d'équilibre, il tende sans cesse à y revenir.

3.° De prendre, sous l'impulsion de la force qui doit le mouvoir, la plus grande vitesse possible.

4.° De suivre une route qui fasse, avec son grand axe, le plus petit angle possible, lorsque la direction de la force poussante est oblique à cet axe.

5.° De tourner facilement autour de l'axe vertical élevé par son centre de gravité, soit au moyen du gouvernail, soit à l'aide des voiles.

6.° D'avoir, dans une mer orageuse et élevée, des mouvemens d'oscillation doux, réguliers et peu étendus, et pour lesquels le centre de gravité ne monte et ne s'abaisse alternativement que le moins possible : ou ce qui est mieux, qu'il ne fasse que monter lorsque le vaisseau s'incline autour de tous les axes horizontaux qu'on peut mener par son centre de gravité.

7.° Que dans l'inclinaison autour d'un axe horizontal quelconque, le grand axe ne change pas de direction, afin de ne pas fatiguer la timonnerie.

8.° De s'élever aisément sur les lames pour se soustraire à l'inondation.

Les rapports entre les dimensions principales des vaisseaux de différens rangs doivent être subordonnés au système de guerre auquel on les destine, suivant qu'ils doivent combattre en ligne, ou de vaisseau à vaisseau, ou à l'abordage.

Dans les combats en ligne, les vaisseaux doivent être de même vitesse. La facilité de virer est essentielle; il faut arriver dans peu d'espace, perdre peu de vent, sans cela le vaisseau ne peut rattraper son poste; il est bon de gouverner plus par le gouvernail que par les voiles. Le navire doit bien porter la voile et conserver une bonne hauteur de batterie. La qualité de gouverner dans les combats de vaisseau à vaisseau est très-avantageuse; elle permet de se maintenir dans des positions favorables. Il faut que le vaisseau porte bien la voile.

Pour l'abordage, la qualité la plus précieuse que doit avoir un vaisseau est celle de bien gouverner; mais il doit la posséder au plus haut degré. Il faut qu'il ait aussi une marche supérieure; qu'il puisse gagner le vent quand il est sous le vent; qu'il arrive facilement quand il veut aborder l'ennemi qui est sous le vent, opération qu'il manquerait s'il n'avait pas cette qualité au plus haut degré, et que l'ennemi fit bien ses manœuvres; le vaisseau qui veut

aborder se trouverait dans une position dangereuse, s'il n'avait pas la propriété d'arriver avec le gouvernail seul.

Dans les arts de la marine, on distingue l'art de la manœuvre pour naviguer et effectuer les évolutions navales, et l'art de construire les vaisseaux. Si les ingénieurs n'ont pas l'habitude de faire exécuter les manœuvres, ils doivent néanmoins connaître tous les procédés usités pour les effectuer, afin de projeter leurs plans de manière à satisfaire aux conditions nécessaires, et donner aux vaisseaux les dispositions les plus convenables à l'exécution de ces manœuvres.

Les vaisseaux de la marine royale sont désignés par le nombre de leurs batteries, la force et le nombre des bouches à feu qu'ils portent; il y en a de plusieurs espèces qu'on classe par rang et par ordre. On peut diviser les vaisseaux dont on a fait usage jusqu'ici, comme il suit :

1. ^{re} CLASSE, comprenant tous les vaisseaux dits de haut bord, destinés à combattre en ligne.	1. ^{er} RANG. Vaisseaux à 3 batte- ries complètes, deux gaillards et 1 dunette.	1. ^{er} Ordre, composé des vaisseaux de 120, 116 et 110 bouches à feu.
		2. ^e Ordre, composé des vaisseaux de 100, 90 et 80 bouches à feu. Celui de 90 n'avait quelquefois que de petits gaillards et point de dunette.
	2. ^e RANG. Vaisseaux à 2 batte- ries complètes, deux gaillards et 1 dunette.	1. ^{er} Ordre, vaisseaux de 80 à 74 bouches à feu.
		2. ^e Ordre, vaisseaux de 74 à 60 bouches à feu.

1.^{re} CLASSE, }
 comprenant }
 tous les vaisseaux }
 dits de haut bord, }
 destinés }
 à combattre }
 en ligne. }

3.^o RANG.
 Vaisseaux à 2 batte-
 ries complètes, deux
 gaillards.

1.^{er} Ordre, vaisseaux de 60 à 50
 ayant une dunette.
 2.^o Ordre, vaisseaux de 50 à 46,
 qu'on appelle frégate depuis
 long-tems, mais qui dans l'ori-
 gine n'étaient pas armées
 comme aujourd'hui, ils ser-
 vaient plus à escorter les convois
 qu'à combattre en ligne.

La 2.^e Classe, comprenant
 les bâtimens destinés à porter
 des secours dans les combats,
 soutenir de petits combats,
 porter des ordres, faire des
 reconnaissances, convoier,
 naviguer isolément et gêner
 le commerce de l'ennemi;
 les bâtimens destinés à la
 défense des côtes et à la
 reconnaissance dans les en-
 virons des ports.

1.^{er} RANG. }
 1.^{er} Ordre, frégates de 46 à 40
 canons, ayant deux batteries
 complètes et deux gaillards.
 2.^o Ordre, *idem* de 40 à 32,
 ayant deux ponts, une batterie
 complète sur le deuxième, et
 deux petits gaillards.
 2.^o RANG. }
 Frégates de 32 à 26, ayant deux
 ponts, le 2.^o portait la plus
 grande partie de l'artillerie,
 deux gaillards.

On appelle corvettes les frégates au-dessous
 de 26, un pont, deux gaillards.

On peut encore ranger dans cette classe les goëlettes et les avisos, bâtimens légers destinés à porter des dépêches avec célérité; les chebecks portant de 14 à 26 canons et allant à la voile et à l'aviron, les brûlots, les galiotes à bombes, les prames, les chaloupes canonnières et les brigantins.

3.^o CLASSE, }
 comprenant les }
 bâtimens armés }
 pour }
 le transport. }

Les flûtes et les corvettes de charge : ces bâtimens portent les ustensiles et munitions de guerre à la suite des armées navales, et servent quelquefois d'hôpitaux. On s'en sert aussi pour le transport des bois, des mâtures et autres munitions dans les ports et aux colonies, et aux divisions qui doivent tenir long-tems la mer. On les désigne comme les bâtimens de la marine marchande, par le poids de leur charge.

Les dimensions principales de ces vaisseaux ont été fixées par les réglemens de 1670, 1671, 1673 et 1689 ; mais étant différentes pour chaque rang , les qualités nautiques n'étaient pas au même degré. Il n'y avait pas non plus d'uniformité dans les armemens.

Dans le siècle dernier , on sentit la nécessité d'avoir des plans généraux de vaisseaux dont les dimensions fussent les mêmes pour chaque rang ; en 1765 le corps des ingénieurs fut créé ; MM. OLIVIER , GROIGNARD , COULOMB , GUIGNACE , LAMOTHE et SANÉ firent des plans sur des dimensions plus étendues que celles des vaisseaux précédens ; les vaisseaux de 80 et 74 n'eurent plus que deux batteries , deux gaillards et une dunette , le vaisseau de 90 , la Ville de Paris , était à trois ponts et n'avait pas de gaillards. On ne donna aux frégates qu'une batterie complète et deux gaillards.

En 1786 , M. le Baron SANÉ , ingénieur , devenu depuis inspecteur général du Génie maritime , donna le plan du vaisseau de 118 , sur lequel fut construit l'Océan. Il avait déjà construit le Téméraire. On trouve les dimensions des vaisseaux et frégates de ces derniers tems dans le traité de construction de VIAL DE CLAIRBOIS. Depuis cette époque les vaisseaux français et les frégates de 44 ont été construits sur les plans de M. le Baron SANÉ ; l'Égyptienne et la Forte , frégates de 50 , l'ont été sur les plans de M. CARO.

Dans l'exposé des bâtimens que la Marine possède , et nommément des meilleurs modèles qui se trouvent dans le Port de Brest , on comprend la corvette la Diligente

de 20 canons de 6 ; de feu M. OZANNE, et les goëlettes et les bricks construits sur les plans de plusieurs ingénieurs. Tous ces modèles sont mis sous les yeux des élèves, et on leur fait prendre connaissance des devis de campagne.

Les changemens apportés dans les constructions navales des marines étrangères, l'augmentation des bouches à feu dans les hauts des vaisseaux depuis l'introduction des caronades dans les armemens, et des critiques plus ou moins fondées sur nos constructions ont donné lieu à des observations judicieuses sur les dimensions des vaisseaux, publiées par M. TUPINIER, directeur de la division des ports, dans les annales maritimes de 1822. On renvoie à cet ouvrage. Des améliorations considérables ont été apportées dans nos constructions navales, elles sont exposées dans le cours.

Je ne donne ici qu'un exposé brief des questions et des résultats, la composition et le tracé des plans, et la construction pratique; plus tard je donnerai les démonstrations théoriques et la pratique des chantiers dans leur plus grand développement.



SOMMAIRE

DES LEÇONS DONNÉES A L'ÉCOLE SPÉCIALE DU GÉNIE MARITIME.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

PARTIE GRAPHIQUE.

SI l'on fait dans un vaisseau une section par un plan horizontal mené suivant la surface de l'eau, la partie du corps qui est dans l'eau est la *carène* ou *l'œuvre vive*, et celle qui est au-dessus *l'œuvre morte* ou *l'accastillage*. La surface de la section se nomme *flottaison* ou *plan de flottaison*. Le périmètre de la flottaison étant une courbe symétrique, si l'on mène parallèlement à sa longueur deux tangentes, la distance des points de contacts est la *largeur de la carène*; elle est ordinairement un peu moindre que le quart de la longueur.

La charpente du vaisseau est établie sur une pièce de bois horizontale qu'on nomme *quille*; cette pièce est dirigée dans le sens de la longueur du bâtiment. A l'avant de la quille est une pièce courbe réunie à elle et qui saille en dehors en s'élevant au-dessus de l'eau dans un plan vertical, on la nomme *étrave*. Une pièce droite, dont les faces latérales sont verticales, s'élève perpendiculairement à la quille, ou obliquement en dehors, on l'appelle *étambot*.

Pour loger les bordages extérieurs de la carène, on pratique sur les faces latérales de la quille, l'étrave et l'étambot, une *râblure* dont la section est un triangle équilatéral ayant son côté égal à l'épaisseur du bordage. La distance de la flottaison à l'arête supérieure de la râblure de la quille, est la *profondeur de la carène*; cette profondeur est à peu près la moitié de la largeur du bâtiment.

La longueur, la largeur et la profondeur de la carène, sont prises hors des membres, d'après les données du devis; mais pour faire les calculs, on les prend en dehors des bordages, afin d'avoir le volume véritable. On distingue la longueur de la carène de celle du vaisseau à la première batterie, c'est cette dernière longueur qui, étant prise à la hauteur des seuillets de sabords, détermine le nombre des canons qu'on peut placer de chaque côté, la distance des sabords devant être telle que deux files d'hommes puissent manœuvrer entre deux.

Le plan vertical élevé par le milieu de la largeur de la quille, l'étrave et l'étambot, se nomme *plan diamétral* ou *longitudinal*; il divise le vaisseau en deux parties symétriques et égales en volume; celle qui est à droite de ce plan, vue de l'étambot, en regardant vers l'avant, se nomme *tribord*, et celle qui est à gauche, *bâbord*. La plus grande largeur de la carène est ordinairement en avant du milieu de la flottaison.

Le plan vertical élevé par la plus grande largeur de la flottaison perpendiculairement à la quille, est appelé *plan transversal* ou *vertical latitudinal*. La section faite dans la carène par ce plan s'appelle *maître*, et toutes les sections parallèles au maître se projettent sur ce plan, suivant leur véritable grandeur; ce plan est aussi nommé *vertical*. On appelle *proue* la partie du

vaisseau qui est en avant du maître, et *poupe* celle qui est en arrière. Ces deux parties sont généralement inégales entr'elles.

C'est sur trois plans rectangulaires que les ingénieurs tracent les projections de toutes les sections du vaisseau et de toutes ses parties. Chaque section verticale perpendiculaire à la quille, est le *gabariage* de deux rangs de pièces de bois formant deux côtes qu'on nomme *couple*; l'une est à tribord et l'autre à bâbord, ensorte que cette section en détermine le contour vertical. Le contour de chaque couple, dans le sens de la longueur, est déterminé par des sections perpendiculaires au plan latitudinal, et obliques au plan longitudinal, de manière à approcher le plus possible d'être normales à la surface de la carène; l'obliquité de ces derniers plans n'est pas la même pour les couples de la poupe que pour ceux de la proue, leurs intersections avec la surface de la carène se rachètent sur le maître, et ces intersections, ainsi réunies, forment une courbe qu'on nomme *lisse oblique*; par conséquent les parties d'une lisse qui sont, l'une sur la proue et l'autre sur la poupe, se projettent sur le vertical suivant deux lignes droites différemment inclinées à l'axe vertical. On établit ordinairement cinq de ces lisses sur la carène, au-dessous du fort, et une sixième au petit fond, on nomme celle-ci *fausse lisse*.

Tous les couples n'ont pas leur plus grande largeur à la même hauteur, cette plus grande largeur, nommé *le fort*, va en s'élevant du milieu à l'étrave, et de même du milieu à l'étambot. Si l'on fait mouvoir une droite verticale tangente au maître parallèlement à elle-même, de manière à toucher toujours la surface du vaisseau, elle va engendrer une surface cylindrique dont la courbe de contact avec la surface de l'œuvre morte, sera la section faite par une surface cylindrique dont la génératrice est horizontale; cette section est nommée *lisse du fort*. La courbure du cylindre horizontal s'appelle *tonture du fort*.

Les deux rangs de pièces de bois ou de membrures qui forment un couple, sont composés d'une varangue plate *ou* d'assemblage, d'une demi-varangue simple *ou* d'assemblage, *ou* d'oreillers, de deux genoux, deux premières alonges, deux deuxièmes alonges, etc., jusqu'au point le plus élevé du couple qui se termine à une pièce qu'on appelle *plat-bord*.

La distance du plan de flottaison au-dessus du seuillet de sabord du milieu, est la hauteur de la batterie; elle détermine la hauteur du plancher qu'on nomme premier pont. Le pont a deux courbures, c'est-à-dire, qu'il est tonturé dans le sens de sa longueur assez pour que les eaux des extrémités coulent vers le milieu, et qu'il a une courbure en sens contraire dans le sens de la largeur, pour que les eaux se rendent à chaque bord et sortent par des ouvertures nommées *dalots*. La corde de cette dernière courbure, mesurée horizontalement entre les faces intérieures des membres à la plus grande largeur, est la longueur du *maître bau*, et la flèche se nomme *bouge du maître bau*. Si l'on imagine que la corde de l'arc du bau se meuve horizontalement et parallèlement à elle-même, du milieu vers chacune des extrémités en suivant la tonture du pont, elle engendrera une surface cylindrique qui coupera la surface intérieure des membres, suivant une courbe qu'on appelle *livet du pont*. Tous les autres ponts, les seuillets et les sommiers des sabords, et la lisse de plat-bord sont menés parallèlement au livet du premier pont.

Entre les lisses du fort et de plat-bord, on place deux ou trois lisses planes, selon le nombre des batteries; on les appelle *lisses au carré*. La lisse de plat-bord est à double courbure.

On appelle lignes d'eau les sections horizontales faites au-dessous de la flottaison; ces lignes font connaître la forme de la carène

dans le sens horizontal, sa facilité à diviser le fluide, et le soutien du bâtiment sur l'eau dans toute la longueur de la carène.

Au-dessous de la quille est une pièce de bois de même largeur qu'elle, c'est la *fausse quille*; sa longueur est le *portant sur terre*. La distance du dessous de cette pièce à la flottaison en charge, prise au milieu de cette flottaison, lorsque le navire est prêt à mettre à la voile, est le *tirant d'eau moyen*.

On appelle *creux* la distance de l'arête supérieure de la râblure de la quille, ou du dessus de cette quille, à la ligne droite du bau qui correspond au milieu de la longueur de la flottaison, ou de la droite qui s'appuie sur le livet.

Après ces notions préliminaires, on explique la structure du vaisseau, on donne la nomenclature des pièces qui composent sa charpente et la manière de tracer chacune d'elles. On explique *le tracé* d'un bâtiment à poupe carrée, de l'estain d'exécution et des barres d'hourdi, d'arcasse et d'écusson; comment on dévoie un couple en faisant tourner le plan d'une section verticale autour d'une verticale tangente au fort, jusqu'à ce qu'il soit à peu près normal à une lisse moyenne, et de manière à économiser l'échantillon des bois le plus possible; on détermine les équerrages de ces pièces et des lisses de construction, les équerrages des aboutissemens des lisses dans les râblures de l'étrave et de l'étambot, enfin tous les angles ou équerrages dont on a besoin pour l'exécution de l'immense charpente d'un vaisseau, le tracé du taillemet et de toutes les pièces de la guibre et de la poulaine, la position des écubiers et des bossoirs.

On expose le tracé d'une poupe ronde, avec les bouteilles extérieures. Enfin on donne tout ce qui est nécessaire pour mettre les élèves à même de tracer un plan d'après un devis et de

(6)

comprendre les travaux qui s'exécutent dans l'arsenal et qu'ils vont visiter.

Avant de passer aux calculs on leur fait aussi connaître un procédé graphique bien simple pour ajouter aux ordonnées des sections hors des membres, l'épaisseur du bordage, afin d'avoir les sections faites en dehors des bordages, les virures ayant été distribuées depuis les préceintes jusqu'à la râblure de la quille, sur le maître, l'étrave, l'étambot et la lisse d'hourdi,



CALCULS HYDROSTATIQUES.

Détermination des surfaces planes terminées par des courbes, des volumes et de leur centre de gravité.

Méthode approximative d'intégration.

Expression de la mesure de la surface d'une ligne d'eau, en la supposant composée d'une suite de trapèzes.

Mesure de la même surface, en supposant son périmètre composé d'une suite d'arcs de paraboles.

Méthode pour transformer les extrémités des lignes d'eau, de façon à les faire aboutir aux mêmes points de l'axe dans le plan de projection.

Calcul du volume de la carène d'un vaisseau dans les deux hypothèses ci-dessus. Volume de la partie avant et volume de la partie arrière. Son poids, en tonneaux métriques, s'obtient en multipliant par 1,026.

Détermination du centre de gravité d'une aire plane, par la méthode des trapèzes et celle des arcs de paraboles.

Centre du volume de la carène. Tableau du calcul.

Calcul des poids des tranches verticales, formant le volume de la carène pour telle différence de tirans d'eau qu'on veut.

Centre du volume de cette carène.

Construction des échelles de solidité, suivant des axes rectangulaires et au moyen de coordonnées polaires, et aussi d'après les différences de tirans d'eau qu'on veut.

S T A B I L I T É.

On rappelle aux élèves les conditions d'équilibre d'un corps flottant, les momens qui tendent à éloigner le corps de sa position d'équilibre, ou à le ramener à cette position. On leur fait connaître les expressions des momens pour une inclinaison très-petite autour d'un axe horizontal faisant un angle quelconque avec le grand axe, et on fait voir que dans l'évaluation des ongllets on ne néglige que les puissances supérieures de l'angle, à partir de la 3.^e Le *maximum* et le *minimum* de stabilité. Les métacentres longitudinal et latitudinal des vaisseaux. Que pour les stabilités intermédiaires au grand et au petit axe, les métacentres sont de petites lignes droites horizontales situées sur une surface héliçoïde; que la grandeur et la position de ces lignes sont déterminées par les deux momens du vaisseau.

On considère le vaisseau dans les positions éloignées de sa position d'équilibre; la surface des centres de carène à laquelle la poussée de l'eau est toujours normale. On détermine l'équation du paraboloïde osculateur à cette surface; les directions de ces deux courbures; l'expression de ses rayons de courbures et ceux des sections normales à la surface des centres de carène.

On fait voir que pour les stabilités intermédiaires, les métacentres sont de petites lignes droites parallèles aux axes de rotation et que le métacentre est le centre de courbure d'un cylindre tangent à la surface des centres de volume et dont la droite génératrice est parallèle à l'axe de rotation,

Que la stabilité dépend du rayon de courbure de ce cylindre. Que le rayon de courbure d'une section normale à la surface des centres de carène, est égal à la somme des rayons de courbure de ses projections sur deux plans rectangulaires.

Théorème et conséquence qu'on déduit du paraboloidé osculateur à la surface des centres de carène.

Que l'équilibre est *stable*, si la perpendiculaire abaissée du centre de gravité sur le cylindre tangent est un *minimum*, et *instable*, si elle est un *maximum*, et que la *stabilité absolue* revient à dire que les centres de courbure de tous les cylindres horizontaux qui enveloppent la surface des centres de carène, doivent être situés au-dessus du centre de gravité du flotteur, c'est-à-dire, que le centre du maximum de courbure doit être au-dessus du centre de gravité.

Propriété des stabilités rectangulaires attribuée jusqu'ici aux stabilités conjuguées.

Séparation des régions où les stabilités sont positives d'avec celles où elles sont négatives ; expression analytique et construction graphique de ces limites. De la forme de la carène vers la flottaison pour que le solide osculateur, à la surface des centres de carène, soit un hyperboloïde.

Examen de la surface des centres de carène dans son cours.

Ce qu'elle devient lorsque la carène change de forme et de grandeur.

Comment on déduit l'équation de la surface des centres de cette dernière carène de celle de la première. Que ces surfaces sont semblables lorsque la flottaison et ses parois n'ont pas changé.

De la surface tangente aux flottaisons.

Équation du solide osculateur à cette surface.

Surface enveloppe
des flottaisons.

Expressions de ses rayons de courbure. On démontre qu'ils sont quelquefois de signes contraires, suivant la loi des inclinaisons des parois du flotteur vers la flottaison,

Cours de cette surface, tantôt elle est enveloppée par la surface des centres de carène, tantôt c'est elle qui enveloppe celle-ci.

Cas où ces deux surfaces se pénètrent mutuellement.

Que cette surface enveloppe fait connaître les excursions verticales du centre de gravité du corps dans les inclinaisons autour des axes horizontaux menés par ce centre.

Des corps dont le centre de gravité monte au-dessus de la position d'équilibre quand on les tourne d'un côté, et descend au-dessous en les tournant de l'autre.

Lorsque les rayons de courbure de la surface enveloppe sont de signes contraires, il peut y avoir des régions pour lesquelles le centre de gravité monte, et d'autres pour lesquelles il descend.

Séparation de ces régions.

On fait voir que quoique dans les inclinaisons de certains corps, le centre de gravité puisse monter ou descendre, le principe de la mécanique qui dit : *Qu'en général, un système de corps pesant ne peut être en équilibre que lorsque le centre de gravité est le plus haut ou le plus bas possible*, a encore lieu.

Ce principe ayant paru offrir un paradoxe dans l'équilibre d'un corps flottant, on montre que ce paradoxe disparaît dès qu'on prend le principe dans son véritable sens, en faisant voir que le centre de gravité étant le plus bas possible par rapport aux inclinaisons infiniment petites autour de certains axes dans un sens, et le plus haut pour les inclinaisons dans le sens opposé, la position d'équilibre correspond à des *maxima* et *minima* réunis.

Les corps dont le centre de gravité est éloigné de la verticale élevée par les centres de gravité de système et de la carène, sont dans ce cas, ainsi que ceux qui ayant leur centre de flottaison

dans cette verticale, leur paroi vers la flottaison donne à la surface enveloppe des nappes au-dessus et au-dessous du plan de flottaison.

Tout cela est conforme au principe proposé par MAUPERTUIS, sous le nom de *loi de repos*.

Il y a repos quand le centre de gravité est le plus bas ou le plus haut possible, et aussi quand ce centre est le plus bas par rapport aux inclinaisons d'un côté, et le plus haut par rapport aux inclinaisons en sens contraire. Le repos durable, ou l'équilibre stable, exige que le centre de la plus grande courbure de la surface des centres de carène soit au-dessus du centre de gravité du corps; c'est-à-dire, qu'un corps flottant est dans le même cas que s'il était terminé par la surface des centres de carène, et posé sur un plan horizontal; que sa propriété est absolument la même que celle de ce corps, dont la position stable exige que la normale, abaissée du centre de gravité sur le plan, soit un minimum, et la position instable veut que cette normale soit un maximum: d'où résulte que le théorème qui n'a pas été compris de cette manière, fait voir le paradoxe et l'erreur sur la propriété des maxima et minima auxquels on a été conduit. On rend le principe dans son énoncé le plus général.

Savoir : *Un système de corps pesans ne peut être généralement en équilibre, que lorsque le centre de gravité de système est le plus bas ou le plus haut possible, et on déduit immédiatement de ce principe les deux conditions connues; l'une, que le poids du corps est égal à celui du volume de la partie plongée, l'autre, que le centre de gravité du corps et celui de la carène sont sur la même verticale.*

On expose ensuite que le nombre des positions d'équilibre d'un corps flottant est égal à celui des normales qu'on peut mener du centre de gravité à la surface des centres de carène.

Que le nombre des positions d'équilibre autour d'un axe est égal à celui des normales qu'on peut mener d'un point de l'axe sur une courbe résultante de l'intersection d'une surface développable, engendrée par un plan qui se meut de manière à rester toujours tangent à la surface des centres de carène, et qui fait avec l'axe de rotation un angle égal à l'inclinaison de ce dernier sur l'horizon, et d'un cône droit ayant ce point de l'axe pour centre, et dont la génératrice fait, avec l'axe fixe, un angle égal à celui que fait ce même axe avec la verticale. Que ces positions sont *stables* ou *instables*, suivant que la normale menée à la courbe est un *minimum* ou un *maximum*; qu'elles se succèdent dans l'ordre *stable, instable, stable, instable*; etc., en mettant de côté les positions mixtes; qu'alors leur nombre est pair, et qu'il y a autant de positions stables que d'instables. Que lorsque le corps est entièrement libre, si l'on fait tourner la surface des centres de carène autour d'un axe mené par le centre de gravité, on engendre une surface de révolution dont la courbe de contact avec la surface des centres de carène est telle, que si l'on marche sur cette courbe, on rencontre toutes les positions d'équilibre; que si la première est stable, la seconde renferme au moins une direction instable, la troisième une direction stable, et ainsi de suite. S'il y a des positions mixtes, on les regarde comme n'existant pas, ou bien comme la réunion de deux positions, l'une stable, et l'autre instable.

On fait voir que le nombre des positions d'équilibre est encore pair, mais que ces positions ne se suivent pas dans l'ordre de *stabilité absolue, instabilité absolue*, etc., et qu'il n'est pas vrai de dire que le nombre des positions d'équilibre, douées d'une stabilité absolue, est toujours égal au nombre des positions d'équilibre douées d'une instabilité absolue, comme on paraît l'avoir cru. Un élève de l'école du Génie maritime a démontré cette assertion sur un ellipsoïde.

Formules pour déterminer les valeurs numériques du minimum et du maximum des momens d'inertie de la flottaison.

Relation entre les dimensions principales de la carène pour satisfaire à la condition de stabilité.

Rapport des stabilités dans les vaisseaux semblables.

Que la stabilité est la même quand on néglige le bordage dans le volume de la carène, et lorsqu'on le comprend; mais que dans le premier cas le centre de volume et le métacentre ne sont pas à la même place que dans le deuxième.

Expression de la stabilité d'un système de bâtimens liés entr'eux d'une manière invariable, au moyen de la stabilité de chaque bâtiment en particulier.

Applications à la pratique.

Des changemens qu'apportent à la stabilité, l'addition, la soustraction et la transposition d'un poids dans l'intérieur d'un vaisseau.

Ce que devient la stabilité lorsqu'on ajoute un soufflage dans les fonds.

Comparaison des stabilités de deux vaisseaux non armés, construits sur le même plan avec des bois de différentes pesanteur spécifiques.

Usage de la formule de stabilité maximum, pour mettre un vaisseau sous une différence de tirans d'eau voulue.

Recherche expérimentale du moment de stabilité, par une transposition de poids d'un bord à l'autre, on en déduit la position du centre de gravité et le bras de levier du vaisseau.

Règle de M. DE BORDA pour reconnaître si un vaisseau armé et prêt à mettre à la voile a trop ou pas assez de stabilité.

Application de la formule à cette règle et conclusion de la longueur du bras du levier qui se trouve à peu près la même que celle qu'a trouvée M. VIAL DE CLAIRBOIS.

On explique les opérations qu'il faut faire pour abattre un vaisseau en carène, soit auprès d'un quai, soit au moyen de pontons, et de façon que la quille s'évente horizontalement.

Détermination des trois équations qui expriment les conditions d'équilibre lorsque le vaisseau est viré, de façon que sa quille soit horizontale et éventée assez pour permettre aux hommes de travailler sur le raz.

Nombre de barriques ou de caisses qu'il faut fixer à l'arrière de la carène pour que la quille soit horizontale, lorsqu'elle est émergée. Que cette émergence peut s'obtenir en mettant du lest à l'avant, mais que ce dernier procédé a l'inconvénient grave de fatiguer le vaisseau, et qu'on doit préférer l'usage des barriques.

Tensions des funins qui tiennent le vaisseau incliné.

Cas où le vaisseau pourrait s'abattre sur les pontons.

Résumé des calculs.

Longueur de la carène hors des membres.	
Largeur à la flottaison	<i>idem.</i>
Profondeur de la carène de dessus la quille.	
Hauteur.	} de la quille.
Tirant d'eau au milieu.	
Hauteur de batterie au milieu.	

Hauteur du seuillet de sabord , sur la ligne droite du bau.

Creux sur quille à la ligne droite du bau du milieu.

Epaisseur. { des grandes préceintes.
 du bordage de fond.

Longueur de la carène en dehors des bordages.

Largeur. *idem.*

Profondeur. *idem.*

Déplacement , bordages { avant , à partir du milieu de la flottaison. . .
 compris. } arrière , *idem.*

Différence.

Distance du centre de { à la verticale élevée par le milieu de la flottaison. .
 carène. } au-dessous du plan de flottaison.

Distance du centre de { à l'arrière du milieu.
 gravité de la flottaison } à la verticale élevée par le centre de carène. .

Distance du métacentre { longitudinal $\frac{2}{3} \frac{S y^3 dx}{V} =$
 latitudinal $\frac{1}{3} \left(\frac{S x^3 dy + S_1 x^3 dy}{V} \right) =$. . .

Rapport. { du volume de la carène à celui du paralléli-
 pipède circonscrit.
 de la flottaison au parallélogramme circonscrit. .
 de la carène au cylindre qui a pour base la
 flottaison et pour hauteur la profondeur. . .

Surface du maître.

Surface de la flottaison.

Poids d'une tranche de 1 centimètre d'épaisseur.

Surface des basses voiles , des huniers et du foc.

Distance du centre de { à la verticale du milieu de la flottaison. . .
 voilure. } à la flottaison.

Surface de la voilure totale , les bonnettes non comprises.

Distance du centre de { à la verticale du milieu.
 voilure. } à la flottaison.

Rapport de la surface de voilure au parallélogramme circonscrit à
 la flottaison.



HYDRODYNAMIQUE.

On rappelle aux élèves l'équation du mouvement des fluides ; la solution de l'écoulement d'un fluide par un petit orifice dans l'hypothèse du parallélisme des tranches ; que dans un très-court intervalle , le mouvement diffère infiniment peu de l'uniformité , et que la hauteur due à la vitesse approche de celle de la surface du fluide au - dessus de l'orifice. Expérience de TORRICELLI , qui confirme cette limite. La contraction de la veine fluide , le rapport de la dépense théorique à celle qui résulte de l'expérience. Les oscillations de l'eau dans un tuyau recourbé. Application aux oscillations de la mer.

Résistance des fluides.

Calcul de NEWTON pour évaluer la résistance des fluides sur une surface plane , d'après lequel il résulte que la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse , et qu'elle est égale au poids d'une colonne de fluide qui a pour base la surface , et pour hauteur le double de celle due à la vitesse. Que lorsque le fluide arrive obliquement , il faut multiplier la quantité précédente par le carré du sinus d'incidence. Que dans l'évaluation de la résistance sur une surface quelconque , on ne considère point l'arrière du corps , et qu'on prend l'intégrale des pressions élémentaires qui ont lieu sur l'avant. Que le calcul suppose que le fluide , divisé en tranches infiniment minces par des plans perpendiculaires à la direction du mouvement , viennent suivant cette direction jusqu'à la rencontre du corps , et que chaque tranche frappe son coup , puis s'anéantisse,

Cette hypothèse est totalement fautive, aussi NEWTON trouva par expérience que la résistance des fluides incompressibles sur une surface plane n'était qu'environ la moitié de celle que donne sa théorie. La loi du carré du sinus d'incidence est entièrement fautive, et par suite l'évaluation de la résistance sur une surface est aussi erronée. L'effort d'un fluide élastique contre une surface qui se meut, étant, d'après la même théorie, double de celui d'un fluide incompressible, est également contredit.

On expose les raisonnemens d'EULER pour démontrer que la résistance d'une surface plane, mue directement, est égale à une colonne d'eau qui a pour base cette surface, et pour hauteur celle due à la vitesse, résultat assez conforme à l'expérience, quand on ne considère que la résistance sur l'avant de la surface.

Expérience de M. BOSSUT, pour reconnaître la mesure de l'effort d'une colonne d'eau verticale qui sort d'un vase, et qui tombe sur une plaque fixée à une balance, de laquelle il résulte que cet effort est un peu moindre que celui d'une colonne dont la hauteur serait le double de la vitesse. (Cet effort dépend de la distance de l'orifice à la plaque).

Expériences de M. CLÉMENT sur les disques placés près de l'orifice d'un vase rempli d'un fluide élastique, et répétées ici.

Expériences de M. DE BORDA sur l'eau et l'air, desquelles il résulte que la résistance d'un cube n'excédait pas de beaucoup le poids d'une colonne ayant pour base la surface choquée, et pour hauteur celle due à la vitesse; que le même cube éprouvait une plus grande résistance suivant sa diagonale, que perpendiculairement à l'une de ses faces.

Le même auteur a trouvé qu'une surface plane mue dans l'air, éprouvait une résistance égale au poids d'une colonne ayant la

surface pour base et pour hauteur celle due à la vitesse , multipliée par 1,666 , que les résistances croissaient dans un plus grand rapport que les surfaces , et que la résistance de la sphère était égale à la $\frac{1}{2,44}$ partie de celle de son grand cercle , au lieu de la moitié que donne la théorie de NEWTON. Il a aussi reconnu que la loi du carré du sinus d'incidence est totalement fautive , et que celle du carré de la vitesse était à peu près observée ; que la résistance des corps enfoncés au-dessous de la surface du liquide est plus grande que quand ils se meuvent avec une surface de flottaison ; qu'il fallait admettre une perte de force vive dans le fluide , et il a ajouté que la résistance est toujours égale à la somme des forces vives perdues à chaque instant ; qu'enfin pour les chocs obliques , la théorie du carré du sinus d'incidence donne des résultats trop faibles pour les corps rectilignes , et trop grands pour les corps curvilignes convexes.

En comparant les résistances de l'air et de l'eau sur une surface mince et sur un cube , M. DE BORDA a trouvé qu'une surface d'un pied carré , mue dans l'air avec une vitesse d'un pied par seconde , éprouvait , suivant l'expérience , une résistance égale à 0^{liv},00252 , en ayant égard à ce que les résistances étaient dans un plus grand rapport que les surfaces (environ $\frac{1}{27}$ de plus) ; que le pied cube , mu dans l'eau avec la même vitesse , éprouvait une résistance égale à $\frac{4}{3}$ livres.

Le rapport de ces deux résistances $\frac{1}{728}$ étant plus grand que celui des densités des deux fluides , l'auteur a inféré de là que le rapport des densités n'était pas bien déterminé , ou que les résistances des deux fluides ne sont pas comme les densités.

On fait voir aux élèves que $\frac{1}{728}$ est un rapport composé des densités et des hauteurs des colonnes de pression ; que la hauteur due à la vitesse étant h , les hauteurs des colonnes de pression

sont, d'après les mêmes expériences, 1,6844 *h* pour la surface mince, et 1,1505 *h* pour le cube, résultat assez conforme à ce qu'à trouvé DUBUAT, d'où il résulte que les résistances sont à peu près comme les densités.

Plus tard DUBUAT fit une expérience analogue à celle de BOSSUT, et il ne trouva que la simple hauteur due à la vitesse pour mesure de la colonne. Différence de ces cas, et contradiction apparente.

On fait envisager aux élèves la question sous son véritable point de vue, en considérant les courbes que décrivent les molécules du fluide autour du corps flottant, et on leur fait voir par le moyen de ces courbes de quelle influence est l'arrière du corps et le vide qui peut s'y former; qu'en remplissant ce vide par le corps, on augmente la capacité, mais pas la résistance.

Cette expérience donne une première idée du solide de moindre résistance; elle fait voir aussi que ce solide est fonction de la vitesse. Les poissons, les plongeurs et les oiseaux nageurs, présentent une seconde idée de ce solide, et il résulte de ces considérations, ce précepte général :

Que les navires, pour éprouver la moindre résistance, doivent avoir à leur avant une surface convexe, commencer à s'amincir à environ un tiers, ou entre le tiers et la moitié de la longueur, en allant à l'arrière, suivant la vitesse avec laquelle le corps doit se mouvoir.

Précepte général,
sur les navires de
moindre résistance.

Dans les années 1768, 69, 70 et 71, le Vice-Amiral THÉVENARD, aidé des conseils de BORDA et BEZOUT, fit dans le port de Lorient, une série d'expériences sur un grand nombre de corps prismatiques, rectilignes, mixtilignes et curvilignes; une partie de ces expériences se trouve dans les mémoires de l'Académie de marine, année 1770.

Toutes les expériences que ce Vice-Amiral a faites, ont été vérifiées par BORDA et BEZOUT; elles se trouvent dans un ouvrage qu'il a publié en 1799.

Trois cubes dont les faces étaient :: 1 : $\frac{1}{2}$: $\frac{1}{4}$ mus perpendiculairement à leurs faces et avec différens poids, ont éprouvé des résistances proportionnelles aux carrés des vitesses et à leurs surfaces, les vitesses étaient de 1 $\frac{1}{2}$ à trois pieds. Les mêmes cubes, mus suivant leurs diagonales, ont fait voir que la résistance d'un cube est plus grande suivant la diagonale que perpendiculairement à l'une de ses faces, ainsi que l'avait trouvé BORDA.

Ces résistances étaient comme le carré des vitesses, mais elles croissaient dans un rapport un peu plus grand que celui des diagonales.

La même série d'expériences sur des solides adaptés les uns aux autres, fait voir que la résistance est plus grande sur une proue rectiligne que sur une proue curviligne convexe de même base; que lorsqu'on ajoute à l'arrière du cube, qui est alors la maîtresse partie, une proue aigüe de 60°, la résistance est encore diminuée et qu'alors le corps ne louvoye pas; que le cône droit, mu avec flottaison, perpendiculairement à sa base, la pointe en arrière, est le corps qui éprouve la plus grande résistance. Enfin que l'addition d'une pince à l'avant retarde considérablement le mouvement.

La pince à l'avant retarde le mouvement.

La résistance des corps à flottaison est plus grande que quand ils sont sans flottaison.

Ces expériences font aussi connaître que les corps ayant leur surface supérieure à 162^{milli.} au-dessous de la flottaison, éprouvent une résistance moindre qu'à fleur-d'eau; que pour tous les enfoncements plus grands la résistance est la même.

On déduit de ces expériences : 1.° Qu'un cube de 9 pieds carrés de surface éprouve une résistance qui est à celle d'une surface égale et d'un pouce d'épaisseur, :: 100 : 135.

2.° Que quand on ajoute au cube une proue angulaire de 60°, la résistance du cube est à celle du prisme :: 100 : 42,40.

3.° Que si l'on ajoute au prisme une proue de 30°, la résistance du premier prisme est à celle du second :: 100 : 67,46.

4.° Que si au lieu de mettre à ce second prisme une proue rectiligne, on adapte une proue curviligne de 60°, la résistance du second prisme sera à celle du dernier :: 100 : 91,49.

5.° Que la résistance de ce dernier prisme est la 0,2618 partie de celle qu'éprouverait le maître isolé, mu directement, et la 0,1936 de la résistance du cube présentant la même surface.

6.° Qu'un corps ayant sa proue inclinée à l'horizon, éprouve à peu près la même résistance qu'un autre de même section transversale, mais dont les faces de la proue feraient avec le plan diamétral, un angle égal à celui que fait la proue du premier corps avec l'horizon.

7.° Que quand un prisme plein de l'avant et éfilé de l'arrière est mu, la poupe en avant, on remarque qu'il louvoie et que la poupe, la proue et la maîtresse partie, tendent à se désunir, tandis que le corps va droit quand la partie renflée est en avant, résultat connu de ceux qui ont l'habitude de tirer des mâts flottans par le gros bout, et conforme au précepte général que nous avons établi précédemment.

Ces expériences, faites sur divers corps adaptés à une base de 9 pieds carrés, sont intéressantes. Seulement elles font regretter que MM. BORDA et BEZOUT n'aient pu séjourner assez longtems à Lorient pour faire remplir entièrement les tableaux rapportés par THÉVENARD.

Le bassin dans lequel on faisait les expériences, était convenable pour découvrir quelque chose; si on eût fait à tous les bateaux

mis en expérience, des petits trous auxquels on aurait adapté des tubes avec des flotteurs, on serait parvenu à trouver les pressions sur divers points de la carène, et si l'on eût parsemé le fluide de corps légers, on aurait déterminé les courbes qu'affectent les filets d'eau autour du corps en mouvement.

On expose en détail les expériences faites en 1775 à l'école militaire, par MM. DALEMBERT, CONDORCET et BOSSUT, sur des bateaux mus avec des vitesses moyennes, desquelles il résulte :

1.° Que la résistance croît comme le carré de la vitesse et même un peu plus rapidement : ce que ces savans ont attribué au remou à l'avant et au creux à l'arrière,

2.° Que la résistance absolue, dans un fluide indéfini, est sensiblement égale au poids d'une colonne d'eau qui a pour base la surface exposée au choc, et pour hauteur celle due à la vitesse du corps.

3.° Que les résistances des surfaces planes également enfoncées, croissent dans un rapport un peu plus grand que celui de ces surfaces, ce qu'ils ont attribué au remou ; que pour les surfaces également larges, et dont la grandeur varie par l'enfoncement, la résistance varie dans un rapport un peu moindre que celui de ces surfaces, ce qui provient de ce que le remou est constant : d'où il résulte qu'un corps entièrement plongé éprouve une résistance moindre qu'un autre à flottaison, mais d'un volume égal ; que les mêmes auteurs établissent les résistances en raison des plus grandes sections transversales,

4.° Que la loi du carré du sinus d'incidence donne des résultats d'autant plus éloignés de l'expérience que l'angle d'incidence est plus petit, que la résistance calculée d'après cette loi est trop petite pour les corps rectilignes, et trop grande pour les corps dont la proue est curviligne convexe,

Enfin , que pour des corps à peu près de la forme des vaisseaux dans le tems que ces expériences furent faites , la résistance est à peu près la cinquième partie de celle qu'éprouvait la maîtresse partie , mue directement.

5.° Que la tenacité de l'eau fut imperceptible par rapport à son inertie , et que le frottement de l'eau contre les parois était insensible , les différences des longueurs des bateaux n'ayant rien laissé apercevoir à cet égard.

6.° Que ces expériences répétées dans un canal étroit , ont donné des résultats analogues aux précédens , avec cette différence : que la résistance absolue est considérablement plus grande , et que la force de l'eau qui sort d'un coursier et frappe une palette , est double de celle qu'elle exercerait si la palette était frappée par le même fluide indéfini , et mu avec la même vitesse.

Les expériences que firent CONDORCET et BOSSUT en 1778 , dans le but de reconnaître les rapports des résistances pour une suite de proues angulaires qui varient de 12 en 12° , depuis 12 jusqu'à 100° , c'est-à-dire , depuis le plan jusqu'à l'angle de 12° , et sur des proues rectilignes de 48 , 24 et 12° , puis sur deux proues curvilignes.

Ces savans ont trouvé 1.° Que les résistances sur des proues angulaires diminuent dans un rapport moindre que celui qu'assigne la théorie du carré du sinus d'incidence , tandis que pour les proues curvilignes elles diminuent dans un plus grand rapport.

2.° Que la proue demeurant la même , l'allongement de la poupe fait diminuer la résistance.

3.° Que quand on couvre d'une pointe triangulaire le milieu d'une proue plane , d'une étendue un peu plus grande que la

base de la pointe , la résistance sur cette pointe triangulaire est plus grande que si elle était isolée ; que quand on place la pointe au milieu de la poupe plane du même corps , la résistance est diminuée.

On fait connaître les expériences de ROMME , faites en 1784 , décrites dans *l'Art de la marine*. Sa formule basée : 1.° sur ce qu'un vaisseau tiré par l'avant ou par l'arrière éprouverait la même résistance d'après une expérience que M. BORDA a faite avec un volant , et d'autres que l'auteur dit avoir faites. 2.° Sur ce que la résistance d'un vaisseau serait la même que celle d'un corps dont la maîtresse partie serait celle du vaisseau ayant deux maîtres , et dont la proue et la poupe seraient des solides gauches engendrés , l'un par une droite horizontale qui serait mue horizontalement le long du maître avant et toucherait l'étrave , l'autre par une droite horizontale qui toucherait le maître arrière et l'étambot , résultat que l'expérience n'a pas confirmé,

Les pressions à l'avant et à l'arrière du corps , telles que l'auteur les a mesurées à l'aide d'un tube , ne peuvent être admises ; mais la résistance en raison inverse de l'angle d'échappement que contient la formule donne des résultats assez rapprochés de ceux de l'expérience sur les proues angulaires rectilignes , mais ils sont trop grands pour de petits angles , et ils s'éloignent encore davantage des corps curvilignes. On remarque d'ailleurs que cette formule ne renferme que les angles des lignes d'eau considérées comme lignes droites , l'angle d'échappement étant un angle moyen , tandis que pour les vaisseaux , il faut admettre les angles loxodromiques.

On examine ensuite les expériences faites dans le même tems par DUBUAT , la description de la boîte percée de trous et surmontée d'un tuyau dans lequel était un flotteur portant une tige graduée.

Cette boîte , placée à l'avant d'un corps immobile exposé à l'action d'un courant , a fait voir que la résistance décroît du centre

vers les bords, vers lesquels elle est négative et redevient positive en tournant vers les faces latérales. On fait sentir aux élèves la raison de cette singularité, en faisant porter leur attention sur les filets que décrivent les molécules fluides du corps ; le principe dont se sert DUBUAT pour donner la même explication, comment il mesure la pression vive à l'avant.

Effet de la non-pression à l'arrière sur une surface mince, sur un cube et sur un prisme allongé, à quoi elle est due ; qu'elle est comprise entre deux limites, comment DUBUAT l'a mesurée.

Les expériences du même auteur sur les corps mus dans une eau stagnante, desquelles il résulte que la résistance n'était pas la même que lorsque le corps était immobile et le fluide mu avec la même vitesse. On explique que le principe d'égalité qui doit avoir lieu dans les deux cas, est entièrement géométrique et indépendant des lois de la mécanique : que par conséquent les différences que présentent les expériences de DUBUAT doivent être attribuées à d'autres causes.

On passe rapidement en revue la théorie de Don Georges JUAN, et on fait voir que cette théorie, qui établit la résistance comme la simple vitesse et la racine carrée de l'enfoncement de la surface, est entièrement démentie par l'expérience et qu'elle conduit à des résultats absurdes. Par suite les applications de cette théorie qu'on trouve dans l'examen maritime, ne sont pas susceptibles d'un examen sérieux.

On discute les expériences de CHAPMAN, pour reconnaître les formes de la proue et de la poupe, et le lieu où doit être la plus grande largeur du corps pour la plus grande vitesse.

Ces expériences, rapportées dans le traité de la construction des vaisseaux du même auteur, sont trop en petit pour qu'on en puisse conclure quelque chose d'utile à la pratique.

On expose les dernières expériences que cet auteur a consignées dans les mémoires de l'Académie royale de Stockholm , pour l'année 1795 , elles sont du même genre que celles de THÉVENARD et de BOSSUT , mais en petit. CHAPMAN ne donne que le résultat général et quelques cas particuliers qui se sont présentés , et qui ont pu donner lieu à des réflexions.

Entr'autres choses remarquables , c'est que l'addition des poupes angulaires ne fait décroître la résistance qu'à partir de l'angle de $26^{\circ} 34'$ de la surface de la poupe avec la direction du mouvement ; que depuis l'angle de 90° jusqu'à 45° à la poupe , les corps allaient sans gouvernail , c'est-à-dire , qu'avec la même force , ils se mouvaient directement sans gouvernail et parcouraient uniformément le même espace dans des tems égaux ; que depuis 45° jusqu'à $26^{\circ} 34'$, les corps faisaient des arrivées et ne pouvaient plus suivre la route directe sans gouvernail , au-dessous de $26^{\circ} 34'$ la résistance allait en diminuant avec l'angle de la poupe. Ceux de $14^{\circ} 23'$, jusqu'à $11^{\circ} 55'$, résistaient également ; mais au-dessous de ce dernier angle , la résistance croissait de nouveau , d'où CHAPMAN a conclu qu'il existait un minimum entre $14^{\circ} 23'$ et $11^{\circ} 55'$. Du reste la résistance était proportionnelle au carré de la vitesse.

On fait remarquer aux élèves que si toutes les expériences qu'on vient de citer sont d'accord sur la loi du carré de la vitesse , elles ne le sont pas pour de très-petites vitesses. DUBUAT observe que pour ces dernières , la résistance approche davantage de la simple vitesse.

On fait voir les recherches de COULOMB sur la valeur de ce terme , et on fait remarquer aux élèves que le terme constant qu'on a cru nécessaire dans la formule de la résistance , pour qu'un corps lancé dans un fluide arrivât au repos , et que les expériences de NEWTON , SGRAVESANDE , BERNOULLI et COULOMB n'ont

pu faire apprécier, peut être remplacé par un terme proportionnel à la vitesse élevée à une puissance plus petite que l'unité ; que la résistance devant être nulle en même tems que la vitesse, il est plus naturel d'admettre l'existence de ce dernier terme que celle d'un terme constant.

Du frottement de l'eau contre les parois du corps, de la résistance qui provient de l'adhérence des molécules entr'elles et aux parois, et de la viscosité ; que cette résistance est très-petite auprès de celle qui est due à l'inertie de l'eau quand la vitesse est grande.

On fait connaître les hauteurs de pression qui résultent des expériences faites sur l'eau et sur l'air : 1.° Lorsque le corps étant immobile, c'est le fluide qui se meut ; la différence de ces hauteurs pour les surfaces minces, le cube, les prismes et les proues curvilignes, comment on peut obtenir une expression approximative de la pression vive sur la proue et représenter séparément l'effet de la non-pression. Ce qu'on entend par le plan de résistance, et comment on obtient sa grandeur en fonction du maître couple supposé mu isolément.

Des Roues hydrauliques.

Calcul de PARENT, qui indique que la vitesse de la roue dans un fluide indéfini, doit être le tiers de celle du fluide : ce résultat ne s'accorde pas avec les expériences faites sur des roues qui se meuvent dans des coursiers.

Théorie de ces dernières roues par M. DE BORDA ; calcul de l'effet d'une roue par la méthode de la quantité de mouvement perdue par l'eau. Calcul de la force d'une roue par le principe du choc des corps non élastiques, principe qui consiste en ce que dans le mouvement uniforme : *la force vive que perd l'eau par*

le choc plus la force vive qu'elle possède en quittant la roue, est égale à la force vive absorbée par la résistance.

Application de ce même principe à une roue à godets : d'où il résulte , 1.° Que le diamètre de cette roue doit être égal ou plus grand que la hauteur de la chute. 2.° Que la vitesse de la circonférence de la roue doit être la moitié de celle du fluide en entrant dans la roue. 3.° Que la vitesse du fluide doit être la plus petite possible en entrant dans les godets. 4.° Que la limite du rapport de l'effet utile obtenu à celui de l'eau dépensée est égale à l'unité , et que ce rapport approche d'autant plus de cette unité, que la roue tourne plus lentement.

Applications du même principe aux roues verticales et horizontales à palettes planes : d'où il résulte , que l'effet utile est égal à la moitié de la force vive de l'eau qui sort du coursier, et que, pour la roue verticale , la vitesse de la roue doit être la moitié de celle de l'eau à son arrivée sur la palette : que pour la roue horizontale, la vitesse de la roue doit être la moitié de celle de l'eau , divisée par le sinus de l'angle que fait la palette avec l'horizon.

Calcul pareil des roues horizontales à palettes courbes , cylindriques et coniques , *dites danaïdes*. Maximum d'effet et vitesse de ces roues. De la force vive latente de l'eau contenue dans un réservoir. Principe de M. DE BORDA : *que la somme des forces vives perdues par le fluide , est égale à la résistance*. Moyen de faire absorber la force vive de l'eau par une suite de roues verticales à aubes ou à palettes. Vitesses de ces roues. Rapport de l'effet utile obtenu à la force vive dépensée. Comparaison de ces résultats avec ceux que donne l'expérience.

Expériences de
SMAETON.

Il résulte d'une trentaine d'expériences de SMAETON sur les roues à palettes ou à aubes : que la puissance de l'eau est au maximum d'effet :: 10 : 3. Dans les grandes machines , il évalue ce rapport

à 3 : 1. La vitesse de l'eau est à celle de la circonférence comme 3 : 1, pour les grandes vitesses, et :: 2 : 1 pour les grandes dépenses.

La moyenne de ces extrêmes est :: 5 : 2, c'est-à-dire, que la vitesse de la roue doit être les $\frac{2}{5}$ de celle de la veine d'eau.

Bossut trouva ce même rapport 5 : 2 pour une roue à 48 palettes. De 16 expériences sur les roues à augets ou à godets, Smeaton conclut :

La puissance est au maximum d'effet $\left\{ \begin{array}{l} :: 4 : 3 \text{ lorsqu'il y a un peu d'eau.} \\ :: 4 : 2 \text{ lorsqu'on a beaucoup d'eau.} \end{array} \right.$

La moyenne est :: 3 : 2.

L'effet d'une roue à augets est double de l'effet d'une roue à aube.

La théorie exposée plus haut indique que la vitesse de la circonférence de la roue doit être la plus petite possible. Dans l'exécution il y a une limite : Smeaton conseille de ne pas rendre la vitesse plus petite qu'un mètre par seconde. Dans les grandes roues on peut donner deux mètres.

Bossut a proposé de donner à la roue une vitesse égale au 5.^e de celle que pourrait acquérir la roue sans charge.

Roue de M. Poncelet, annoncée comme donnant le 0,7 de la puissance de l'eau.

D'après le principe : *Qu'il y a une quantité de force vive perdue dans un fluide dont les molécules changent brusquement de vitesses* ; on explique aux élèves la méthode de Borda pour calculer la perte de force vive due aux étranglemens.

On leur expose, comme application de ce principe, le calcul de l'effet d'une pompe, et on y applique le mouvement de rotation continue converti en rectiligne alternatif pour le mouvement de deux pompes, avec la détermination du poids du volant capable de régulariser le mouvement.

Mouvement du centre de gravité d'un vaisseau dans deux milieux résistans , dont l'un est la force poussante. Surface de voilure que peut porter un vaisseau. Oscillations du centre de gravité , et de toutes les parties du vaisseau autour de ce centre.

On fait voir qu'un corps flottant , sollicité par une force constante , acquiert en peu de tems une vitesse qui diffère très-peu du maximum. Que quand un corps se meut dans deux fluides dont l'un ayant une vitesse constante est la force poussante , et l'autre la force retardatrice , la vitesse diffère peu du maximum au bout d'un tems très-court. On introduit dans ce calcul la hauteur de la colonne de pression dans la résistance de l'eau et la hauteur de la colonne de pression de l'air qui agit sur la surface de voilure , ces deux hauteurs étant différentes.

On détermine les résistances horizontales et verticales qu'éprouve le vaisseau suivant ses trois axes rectangulaires , dans la route directe et dans les routes obliques. On en déduit les résistances parallèles à ces trois axes , le plan de résistance pour les petites dérives , et l'on fait voir comment ce plan varie dans les grandes dérives , puis on démontre que le minimum de résistance a lieu quand le vaisseau se meut suivant son grand axe.

On explique pourquoi la résultante des résistances directes et latérales , trouvée par EULER (page 115 de son traité de la construction et de la manœuvre des vaisseaux), présente un paradoxe singulier , en faisant remarquer que sa formule , basée sur l'hypothèse de la résistance proportionnelle au carré du sinus d'incidence , ne serait pas applicable à un vaisseau , quand même cette hypothèse serait admise ; que cette formule ne convient qu'à un parallépipède déterminé par la même formule , et que l'erreur vient de ce qu'EULER a négligé une composante de la vitesse.

Que la formule donnée par BOUGUER dans son traité de la construction du navire est également défectueuse, et que la propriété singulière des surfaces courbes, à laquelle il a été conduit, n'existe pas; que par conséquent l'usage qu'il fait de la formule de la dérive dans la détermination de la vitesse, la position des voiles et les conséquences qu'il en déduit ne seraient encore d'aucune utilité dans la pratique, si la résistance était comme le carré du sinus d'incidence.

Comment on détermine le vent apparent quand la surface est frappée obliquement, et qu'on connaît le vent réel. Directions des girouettes de deux vaisseaux qui se meuvent suivant des routes qui forment un angle quelconque.

Du centre des résistances de la route directe, ou point d'intersection des résistances de l'avant et de l'arrière. Résultante de ces deux forces, et rencontre de sa direction avec la verticale élevée par le centre de gravité de la flottaison. Cette intersection est le point *vélique*: c'est par ce point que passe l'*effort mutuel* des forces, cet effort mutuel est vertical quand le mouvement est uniforme. Que dans le mouvement direct, le point vélique marque la hauteur du *centre de voilure*. Que ce dernier centre doit être placé sur la droite horizontale menée par le point vélique parallèlement à la quille, afin que le vaisseau ne plonge pas de l'avant.

Point vélique, et centre de voilure dans la route directe.

Détermination du centre de voilure.

Quelles sont les formes de la proue et de la poupe que le point vélique et par conséquent le centre de voilure exigent.

On écrit les équations générales du mouvement, et on en déduit :

1.° La vitesse que prend le vaisseau dans la route directe et dans les routes obliques.

Equations générales du mouvement du vaisseau.

2.° La position des vergues et la grandeur de la dérive pour que la vitesse soit la plus grande possible, la vitesse du vent étant donnée.

3.° Calcul des mêmes quantités pour que le vaisseau gagne le plus vite possible dans le vent.

4.° Pour qu'il s'éloigne le plus vite possible d'une côte ou d'une ligne donnée.

Ce que devient le point vélique dans les routes obliques ; que les résistances et les forces poussantes ne concourant plus, il n'y a plus de point vélique : ce sont des couples qui se font équilibre.

Stabilité hydrodynamique,

Moment des forces qui tendent à faire tourner le vaisseau autour de son grand axe dans les routes obliques.

Comment on détermine la résultante des composantes des résistances et de la force poussante qui agissent autour de cet axe avec la poussée verticale du fluide, à l'aide de deux couples de forces.

Des couples qui établissent l'équilibre autour des axes rectangulaires.

Du point d'application de l'effort mutuel, pour faire tourner le vaisseau autour du grand axe ; que la direction de cet effort est verticale dans le mouvement uniforme. Que cet effort tient lieu des couples qui se font équilibre autour d'un axe, et qu'il est projeté sur un plan perpendiculaire à l'axe.

Les équations d'équilibre autour des trois axes rectangulaires menés par le centre de gravité, et dont l'un est parallèle à l'intersection du plan diamétral du vaisseau avec la flottaison de la carène en mouvement, font connaître :

Maximes sur la grandeur et la hauteur de la surface de voilure,

1.° La surface de voilure que peut porter un vaisseau pour naviguer sous une inclinaison donnée autour de son grand axe.

2.° Que si deux vaisseaux naviguent avec la même inclinaison, les surfaces de voilure sont en raison directe des momens de stabilité

et inverse des hauteurs des centres de voilure. Cette hauteur est comptée à partir du point d'intersection de la résultante des résistances latérales et verticales avec la verticale élevée par le centre de la carène en mouvement ; toutes ces forces étant projetées sur le plan perpendiculaire à l'intersection du plan diamétral avec la flottaison.

3.° Que si deux navires ont le même bras de levier , les surfaces de voilure sont dans la raison directe de leurs poids , et inverse des hauteurs des centres de voilure. On suppose ici que les momens de stabilité croissent comme les poids des navires , ce qui est conforme aux résultats des calculs effectués sur des vaisseaux de guerre.

4.° Si les navires ayant chacun un bras de levier égal , sont semblables , les hauteurs des mâts sont comme les largeurs de ces navires , sous la même inclinaison. Ces maximes ne doivent être étendues qu'aux bâtimens de même rang.

5.° Que si dans les bâtimens semblables , les bras de levier sont proportionnels aux côtés homologues , et les hauteurs des centres de voilure dans le même rapport , alors les hauteurs des mâts seront comme les largeurs , et les angles décrits en raison inverse des mêmes largeurs. On voit pourquoi un petit modèle , exécuté proportionnellement dans toutes ses parties d'après un bâtiment qui tient bien à la mer , sous une certaine inclinaison , est submergé dans la même circonstance. Expérience rapportée par BOUGUER.

6.° Enfin si deux navires semblables ont leurs bras de levier proportionnels aux largeurs , et les longueurs des vergues proportionnelles aux longueurs des carènes , les carrés des hauteurs des mâts sont comme les cubes des largeurs des carènes.

Examen du parti que la pratique pourrait tirer des trois forces qui représentent la résistance si la fonction des angles d'incidence était connue , ainsi que celle de la vitesse.

Oscillations.

On suppose le vaisseau agité en toutes sortes de sens, mais le mouvement horizontal du centre de gravité uniforme, ou nul, et on fait voir que la résistance proportionnelle au carré de la vitesse du mouvement oscillatoire n'entre pas dans la durée des oscillations, et que le coefficient d'un terme proportionnel à la vitesse, a peu d'influence sur cette durée.

On déduit des équations du mouvement, lorsque l'équilibre est troublé :

Oscillations du centre de gravité du vaisseau le long de la verticale, et de toutes les parties dans toutes sortes de sens.

1.° La vitesse verticale du centre de gravité, l'amplitude décrite, la durée de chaque oscillation et la longueur du pendule synchrone. On fait remarquer que la longueur de ce pendule ne dépend que de la forme de la carène, lorsque les centres de gravité du vaisseau et de la surface de flottaison sont placés sur la même verticale, et que quand ces deux points ne sont pas dans la même verticale, la durée des oscillations dépend de la forme de la carène et de l'arrimage; qu'alors les mouvements du centre de gravité et d'oscillation de tangage autour de ce centre, sont dépendans l'un de l'autre.

2.° La vitesse angulaire, l'amplitude et le pendule synchrone au tangage.

3.° La vitesse angulaire, l'amplitude et le pendule synchrone au roulis.

4.° La vitesse angulaire, l'amplitude et le pendule synchrone aux oscillations autour de l'axe vertical élevé par le centre de gravité. On fait remarquer que ce dernier mouvement dépend du roulis, et qu'à chaque oscillation le vaisseau se détourne de sa route, c'est-à-dire, qu'il fait des *auloffées*; qu'on peut corriger

ce défaut en établissant la différence des tirans d'eau de manière que le vaisseau soit rapporté à ses plans principaux, l'un horizontal et les deux autres rectangulaires et verticaux.

Détermination de ces derniers plans, effet de la bricole manifesté dans les calculs.

De l'action du gouvernail et des voiles dans le mouvement de rotation autour de l'axe vertical.

Expression de l'effort du gouvernail pour faire tourner le vaisseau. Maximum du moment de la force. Rapport des angles décrits par deux vaisseaux dans les petites évolutions au moyen du gouvernail ou d'une voile.

Évolutions.

On exprime analytiquement le changement qu'apportent au mouvement de rotation, l'addition, la soustraction et la transposition d'un poids dans l'intérieur du vaisseau, et on fait voir où l'on doit placer un poids pour augmenter le plus possible, l'action du gouvernail ou d'une voile.

Détermination de la courbe sur laquelle on doit placer des poids ajoutés, retranchés ou transposés, de manière que la vitesse de rotation soit constamment la même. Cette théorie fait connaître :

1.° Que la vitesse de rotation est d'autant plus grande que le moment d'inertie est plus petit, et que par conséquent on doit rapprocher, autant qu'on le peut, les poids du centre de gravité.

2.° Que pour favoriser l'évolution, il faut prendre des poids d'un côté du centre de gravité, celui de la force, et les transporter de l'autre côté, c'est-à-dire de manière à éloigner le centre de gravité de la puissance.

3.° Que l'ellipse sur laquelle on peut disposer symétriquement des poids transposés, diffère peu du cercle, et que le rayon de ce cercle dépend de la vitesse à l'origine déterminée auparavant, de la grandeur des poids et de la distance du centre de gravité à la force.

Recherche expérimentale de la position du centre spontané de rotation et de celle du centre de gravité sur l'axe longitudinal au moyen du dynamomètre.

C'est d'après l'examen de la propriété de tourner avec facilité par le moyen du gouvernail et des voiles qu'on peut faire un bon arrimage. La théorie que nous exposons est due à BOUGUER ; elle se trouve dans son traité de la manœuvre des vaisseaux. On l'expose dans toute l'étendue qu'elle comporte et on fixe l'attention sur la propriété unique du milieu de la distance des centres de gravité et de conversion, qui consiste en ce qu'un poids ajouté en ce point rend l'angle décrit un maximum, et cela pour chaque voile. On doit donc se garder d'ôter des poids entre ces deux centres pour les transposer ailleurs. Même observation sur les poids transposés et pour ceux qu'on ajoute ou retranche sur le périmètre, en dehors ou en dedans de la courbe qu'on a trouvé pour une vitesse déterminée à l'origine.



RÉSISTANCE DES SOLIDES.

On fait connaître les différentes espèces de bois propres aux constructions navales. Leurs formes et les qualités qu'ils doivent avoir. Les couches de *fibres* ligneuses, séparées par des réseaux spongieux, considérées dans une section transversale. Comment on reconnaît un bois sain, fort et de longue durée, à l'inspection des couches ligneuses séparées par un réseau très-mince à la couleur paille que présente le bois vers le centre et qui s'éclaircit graduellement jusqu'à l'aubier.

Qualités des bois
et particulièrement
du chêne.

Les tissus lâches et poreux des bois gras, reconnus à l'inspection de leur couleur rousse et terne, et à leur porosité qui indique peu de cohésion. La vétusté des arbres dont le dépérissement est commencé, indiquée par la couleur des couches centrales, leur dessèchement et les fentes nombreuses dirigées du centre à l'aubier.

Bois gras, et
vétusté des arbres.

Dans les sections transversales du sap, les couches doivent présenter un grain fin et serré, rempli de sève d'une couleur rousse, brillante et uniforme dans leur pourtour, et allant par dégradation depuis le cœur jusqu'à l'aubier. Les bois de sap qui conviennent à la mâture, aux baux et bordages des vaisseaux. Défauts provenant des nœuds qui se détachent et de ceux qui sont pourris. (*)

Qualités du sap.

Défauts.

La force d'une pièce de bois dépend du nombre des couches de fibres ligneuses et de la résistance de chacune d'elles. Lorsqu'une force agit parallèlement à la longueur de la pièce et que son intensité augmente jusqu'à produire la rupture, son dernier effort est égal à la résistance absolue des fibres. D'où il suit que connaissant

(*) On les reconnaît à l'odeur, à la sonde et à la percussion.

Résistance absolue d'un solide homogène.

la force d'un faisceau dont la section transversale est l'unité, on obtient la force absolue d'une pièce dont les fibres sont de même nature, en multipliant l'aire de la base de fracture par la force du faisceau dont la section est égale à l'unité.

Réciproquement, lorsqu'on connaît par l'expérience le poids qui allonge une pièce, dans le sens de sa longueur, jusqu'à opérer la rupture, on obtient la force d'un faisceau ayant pour section transversale l'unité, en divisant le poids par l'aire de la section de la pièce. En prenant le millimètre carré pour l'unité, on trouve, d'après les expériences de M. BARLOW :

Résistance des bois à l'extension.

Sapin.	{	1.°	9 ^{kil.} 035
		2.°	8 107
Chêne.	{	1.°	6 464
		2.°	8 138
Frêne.	{	1.°	12 093
		2.°	11 911
Hêtre.			8 055
<i>Teak.</i>			10 606
Buis.			13 979
Poirier.			6 903

L'adhésion latérale des fibres dans le sapin, ou la force nécessaire pour séparer les fibres, en les faisant glisser, était de 4^k, 161.

Les expériences de M. TREGOLD font connaître, que la force de cohésion des bois tirés perpendiculairement à la direction des fibres, est sur un millimètre carré,

Chêne.	16 ^{kil.} 276
Peuplier.	12 524
Mélèse ou Larix.	de 6 817 à 11, 947.

Résistance à l'extension, des fers du Berry, d'après les expériences faites en 1786, par NIOU, ingénieur de la marine à Rochefort, et rapportées dans les mémoires de THÉVENARD, calculées pour un millimètre carré de section transversale.

Fer doux	de 34 ^{milli.}	de diamètre.	28 ^{kil.}	94
Fer nerveux	de 36	<i>idem.</i>	25	87
<i>idem</i>	27	<i>idem.</i>	31	54
<i>idem</i>	18	<i>idem.</i>	38	85
<i>idem</i>	9	<i>idem.</i>	39	66
Cuivre	34	<i>idem.</i>	19	62
<i>idem</i>	27	<i>idem.</i>	25	00

Fers et Cuivres
tirés parallèlement à
leur longueur.

Ces expériences sur les fers et les cuivres font voir que les grosses barres étaient moins fortes que les petites, ce qu'on a attribué à ce qu'elles étaient moins écrouies, et que par conséquent les fibres étaient moins serrées dans les grosses barres que dans les petites.

La résistance du fer à l'extension est, d'après les expériences de MM. PERRONET. 42^{kil.} 9 par mill. carré, fer carré.

Idem. 42 2 *idem*, fer rond.

RONDELET et SOUFFLOT. . 46 8 poids moyens, barreaux de 5 à 14 mill. de largeur et épaisseur.

Fers forgés.

SEGUIN aîné, différens fers forgés, de 29, 7 à 61, 00 (ces fers étaient dans différens états).

POLENI, moyenne. . . . 44 5.

TELFORD, *idem.* . . . 46 1. M. Navier suppose ce résultat trop élevé.

BROWN, *idem.* . . . 39 4 un peu faible d'après l'appareil.

BUFFON, *idem.* . . . 60 0 fil de fer de 2,26 mil. de diam.

Cohésion du fil
de fer.

TELFORD, *idem.* . . . 63 6 *idem* 1,56 à 2,60.

SEGUIN aîné, de 36 1 à 89, 8 (fils de diverses manufactures).

Résistance de l'acier à l'extension.

Force de l'acier
à l'extension.

D'après les expériences de M. BROWN, sur des barres de plus
de 0^m,027 de grosseur,

Acier fondu.	44 ^{kil.} 00.
Acier <i>blistered</i>	27 90.
M. RENNIE, Acier fondu. . .	9 44.

Résistance du fer fondu à l'extension.

Expérience du C.^e BROWN sur des barreaux carrés, 14, 2.
Idem de M. RENNIE, de 11, 12 à 13, 70, fer fondu horizon-
talement et verticalement.

Expériences de S.^t Pétersbourg, 42^k. (Annales des mines tom. X.)

Résistance à l'extension.

Tôle de fer, tirée dans le sens du laminage.	40, 8.	} Leçons de M. Navier.
<i>Idem</i> , perpendiculairement au laminage.	36, 4.	
Cuivre rouge laminé.	21, 1.	
Plomb laminé.	1, 35.	
Plomb fondu.	1, 28.	
Tubes de verre.	2, 48.	

Résistance de divers métaux à l'extension.

D'après les expériences de M. RENNIE :

Métal de canon, dur.	25, 57.
Cuivre battu.	24, 88.
Cuivre fondu.	13, 39.
Cuivre jaune, fin.	12, 63.
Etain fondu.	3, 33.

Fil de laiton, d'après M. DUFOUR, 85, 2 à 41, 4 selon
qu'il est mou, recuit, dur, cassant. (Leçons de M. Navier.) (a)

(a) Il faut voir aussi l'ouvrage de M. Duleau sur la résistance des fers.

Résistance des cordages à l'extension.

Les expériences faites dans le port de Brest ont donné pour la force des cordages blancs ,

Résistance des cordages blancs par millimètre carré.

1.^{er} brin 8^k 5328.

2.^e 6 2570.

On obtient la force du cordage de 1.^{er} brin en mesurant sa circonférence en millimètres et en élevant le nombre au carré, et multipliant ce carré par $\frac{1}{4}$. Celle du 2.^e brin s'obtient en multipliant le carré de la circonférence par $\frac{1}{12}$. Les chanvres sont quelquefois plus forts, suivant les années. Nous en avons vu pour lesquels il fallait multiplier le carré de la circonférence par $\frac{2}{6}$ et $\frac{7}{7}$, pour obtenir les résistances du 1.^{er} et du 2.^e brin.

Résistance des solides à la flexion.

Le solide étant encastré à un bout et sollicité à l'autre par une puissance perpendiculaire à sa longueur, et tendant à le faire plier, il y a dans chaque section transversale un axe horizontal, ou une ligne courbe, dans un plan perpendiculaire à la longueur du solide, tellement placé que les fibres qui sont au-dessus s'étendent proportionnellement à leur distance à cet axe, et que celles qui sont au-dessous se compriment dans la même proportion.

COULOMB a avancé ce principe : que dans les petites flexions, l'axe de la section transversale, qui sépare les extensions des compressions, est placé de manière que la somme des moments des unes est égale à celle des autres : ce qui revient à dire que les forces horizontales sont en équilibre.

En supposant que la résistance d'un faisceau de fibres dont la section transversale est prise pour l'unité superficielle soit connue, lorsqu'une puissance l'allonge ou l'accourcit d'une quantité égale

Moment d'élasticité d'une pièce encastrée à un bout et sollicitée à l'autre par une puissance.

à la longueur de ce faisceau dont le centre est supposé à l'unité de distance de l'axe, on trouve que le moment de la puissance est en raison directe du produit de la force du faisceau par le moment d'inertie de la section, pris par rapport à l'axe qui sépare les extensions des compressions, divisé par le rayon de courbure du solide courbé.

La force élastique des fibres, multipliée par le moment d'inertie, exprime le moment d'élasticité; et le moment d'élasticité divisé par le rayon de courbure de la pièce fléchie, est égal au moment de la force qui produit la flexion.

Calcul du moment d'élasticité :

- 1.° D'un solide dont la section est un rectangle.
- 2.° D'un prisme triangulaire.
- 3.° D'un corps rond.
- 4.° D'un tuyau creux.

Flexion d'un solide encastré à un bout.

Détermination de la courbe que prend un solide prismatique droit, encastré horizontalement à une extrémité, et chargé d'un poids à l'autre bout, dans le cas où la flexion est très-petite. L'ordonnée extrême est égale au tiers du produit de la force par le cube de sa distance à l'encastrement, divisé par le moment d'élasticité.

Posé sur deux appuis.

Lorsque le solide est posé horizontalement sur deux appuis et chargé d'un poids au milieu, la flèche est égale à la 48.° partie du produit du poids suspendu par le cube de la distance des appuis, divisé par le moment d'élasticité.

Solide encastré à un bout et chargé de poids égaux répartis sur sa longueur.

Le solide prismatique droit étant encastré horizontalement à un bout et supposé chargé de poids égaux distribués sur tous les points de sa longueur, le moment d'une section quelconque divisé par le rayon de courbure, est égal à la $\frac{1}{2}$ somme des poids

répartis sur l'unité de longueur multipliée par le carré de la distance de cette section à l'extrémité non encastree. L'ordonnée extrême est égale à la 8.^e partie du produit de la somme des poids par le cube de l'abscisse divisé par le moment d'élasticité.

Le même solide étant posé horizontalement sur deux appuis, et chargé de poids distribués uniformément, on considère chaque moitié comme si elle était encastree horizontalement à une extrémité et fléchie par des poids également répartis sur sa longueur et par une somme de poids agissant en sens contraire à l'autre extrémité. La différence des momens de ces poids est égale à celui de la section divisé par le rayon de courbure. On trouve que la flèche est égale aux $\frac{1}{32}$ du produit de la somme des poids par le cube de la distance des appuis divisé par le moment d'élasticité. C'est-à-dire, qu'elle est les $\frac{1}{8}$ de celle qui aurait lieu si le solide était chargé au milieu par un poids égal à la somme des poids distribués sur sa longueur.

Il suit de là, qu'on obtient le moment d'élasticité d'un prisme droit, un peu fléchi par une force placée au milieu, entre les appuis, et par son poids : *en multipliant la force augmentée des $\frac{1}{8}$ du poids de la pièce par le cube de la distance des appuis, et divisant le produit par 48 fois la flèche.*

En divisant le moment d'élasticité par le moment d'inertie de la section, pris comme l'a indiqué COULOMB, on trouve la quantité constante qui représente la force capable d'allonger la pièce d'une quantité égale à sa longueur primitive.

Force d'élasticité.

Dans les petites flexions les flèches étant proportionnelles aux poids et au cube de la distance des appuis, il suit de là, que les points d'appui restant les mêmes, des accroissemens égaux de poids font croître les flèches de quantités égales, tant que l'élasticité n'est pas altérée, et qu'on peut calculer d'après l'expérience la

constante qui dépend de la force d'élasticité des fibres de la matière qu'on considère : c'est-à-dire, leur résistance à l'extension ou à la compression. Mais aussitôt que l'élasticité commence à s'altérer, ce qui est annoncé dans beaucoup de bois par un léger bruit qui avertit que le poids approche de celui qui va opérer la rupture, alors la résistance des fibres cesse d'être proportionnelle à l'extension ou à la compression. Dans cet état, il faut faire cesser la pression et s'assurer de la grandeur de la flèche, parce qu'on est à la limite de la résistance proportionnelle à l'extension. C'est dans l'intervalle de cette limite à celle où la flexion commence qu'on doit mesurer la grandeur de la constante.

La formule étant établie comme il vient d'être dit, on l'applique aux expériences faites à Brest, sur des bois qui se sont rétablis dans leur état primitif, après avoir été fléchis, et que la puissance avait cessé d'agir. On a remarqué que les pièces revenaient encore lorsque le poids était voisin de celui qui opère la rupture et qu'il y a des bois qui n'avertissent pas. La distance des appuis était d'un mètre, et les pièces avaient 5 centimètres d'écartissage. On trouve pour la résistance par millimètre carré :

	PESANTEUR spécifique.	FLÈCHE.	ÉLASTI- CITÉ.
Ebène noire.	1226	20 ^{milli.}	2843 ^{kil.}
Ebène verte.	1164	25	2581
<i>Idem.</i>	1042	25	2560
Bois violet.	857	30	1786
Cèdre boco.	1172	25	2416

Je sépare ces expériences, prises parmi celles qui ont été faites sur les bois d'Europe et de la Guyanne, et dont on trouve le tableau dans les annales maritimes de 1826, parce qu'elles font

connaître exactement la constante que nous appelons élasticité. En effet, les pièces s'étant redressées d'elles-mêmes, leur élasticité n'était point altérée, et la résistance des fibres était proportionnelle à l'extension ou à la compression. Les autres ont été portées jusqu'à la rupture, nous en parlerons plus loin.

Résistance des solides à la flexion, d'après les expériences rapportées par plusieurs auteurs.

Les pièces étant posées horizontalement et chargées au milieu, ont donné, par millimètre carré de section transversale :

Chêne.	1012.	Alongement pour une tension de 1 kilogramme $\frac{1}{1012}$	DUHAMEL.
Chêne de 25 ans de coupe.	1688.		DUPIN.
Chêne.	1300.		RONDELET.
Chêne du Canada.	1510.		BARLOW.
Chêne de l'Adriatique.	683.		<i>Idem.</i>
Chêne anglais.	614,07 et 1020 k.		<i>Id.</i>
Teak.	1696,92.		<i>Idem.</i>
Pin rouge de Riga.	1293.		<i>Idem.</i>
Sapin d'Ecosse.	558,5.		<i>Idem.</i>
Moyenne sur plusieurs verges de sap.	934.		<i>Idem.</i>
Sapin de démolition de 25 ans de coupe	1029.		DUPIN.
Fer forgé.	20000.		DULEAU.
Fer fondu, fonte grise.	9029.		RONDELET.
Fonte douce.	10653.		<i>Idem.</i>
Fonte grise douce.	12530.		TREDGOLD.
Fer de Suède.	23470.		<i>Idem.</i>
Fer fondu, anglais.	11530.		<i>Idem.</i>

Des corps considérés à l'instant où la rupture va s'opérer.

On admet encore que la résistance des fibres est proportionnelle aux extensions ou compressions de ces fibres, comme dans les Résistance à la rupture.

petites flexions , et l'on prend pour le plus grand allongement celui de la fibre placée sur la face convexe du solide , et pour le plus grand accourcissement celui de la fibre qui est sur la face concave , au moment suivi de la rupture.

La position de l'axe d'équilibre , où sont situés les fibres invariables , se détermine toujours par le principe avancé par COULOMB.

Expression du moment de rupture.

L'analyse fait voir que le moment de rupture est égal à la force nécessaire pour rompre un faisceau de fibres dont l'aire de la section transversale est l'unité, tiré parallèlement à sa longueur, multipliée par le moment d'inertie de la base de fracture, et divisée par la distance de la fibre extrême à l'axe d'équilibre.

Il suit de là : 1.° Que lorsqu'on connaît le moment de la force qui opère la rupture, on obtient aisément la résistance du faisceau dont la section transversale est l'unité. 2.° Que quand les sections transversales sont semblables, le moment de rupture est proportionnel à la largeur de la base de fracture par le carré de sa hauteur. 3.° Que la section étant un rectangle, le moment de rupture est égal à la 6.^e partie du produit de la force du faisceau par la base du rectangle multipliée par le carré de sa hauteur. 4.° Que la section étant un cercle, le moment de rupture est égal à la force du faisceau, multipliée par la surface du cercle et par le quart du rayon.

Application aux tuyaux ronds et carrés.

Equilibre entre le moment de rupture d'un solide posé sur deux points d'appui, et les momens de son poids et d'une force appliquée au milieu.

En décomposant la pression sur chaque appui en deux forces, l'une verticale et l'autre horizontale, il est évident que la 1.^{re} est égale à la moitié de la force plus la moitié du poids, et que la seconde est égale à cette somme multipliée par la tangente de l'angle que forme la pièce avec l'horizon aux points d'appuis; d'où il suit

que le moment de rupture est égal à la somme des poids multipliée par la demi-distance des appuis, plus le produit de la flèche par la tangente de l'angle que fait la pièce avec l'horizon aux points d'appui.

Or cette tangente diffère peu de la valeur que donne l'élastique aux mêmes points, donc en la substituant dans la valeur du moment de rupture, on a la relation entre des quantités données par l'observation.

Le moment de rupture est donné par la forme du solide et par la constante qui exprime la force d'un faisceau de fibres dont la section transversale est l'unité, cette constante est déterminée d'après l'expérience.

Détermination de la résistance à la rupture des fibres des solides pesans.

La flèche étant très-petite, on néglige les termes du 2.^e ordre et on obtient la constante pour un corps prismatique à base rectangulaire, en ajoutant à la puissance la moitié du poids du solide et multipliant le triple de la somme par la distance des appuis et en divisant par le double de la surface de la base multipliée par sa hauteur. On trouve que la valeur de cette constante, ou tension au moment de la rupture, est, d'après les expériences de

Buffon.	5 ^k 862	Chêne.
Mémoires de Thévenard, moyenne	9 009	<i>idem.</i>
Barlow.	6 435	<i>idem.</i>
Tredgold et Ebbels.	8 501	<i>idem.</i>
Barlow.	10 492	Teack.
Mémoire de Thévenard.	3 850	Sapin de France.
<i>Idem.</i>	5 533	Sapin de Corse.
<i>Idem.</i>	5 722	Sapin du Nord.
Barlow.	5 111	Moyenne entre le Pin rouge et divers Sap.
Tredgold et Ebbels.	10 019	Norwège, de Longsound.
<i>Idem.</i>	8 678	Sapin blanc de Christiania.
<i>Idem.</i>	6 705	Sap de Riga.
<i>Idem.</i>	6 895	Sap de Memel.

Tension au moment de la rupture par millimètre carré.

Résistance à la rupture, d'après les expériences faites au Port de Brest sur les bois d'Europe et de la Guyane, en Février 1825 et Mai 1826.

Après la première expérience les bois ont été conservés, les uns à couvert et les autres à découvert.

	1. ^o EXPÉRIENCE.		2. ^o EXPÉRIENCE.			
	Résistance à la rupture.	Flèche.	A ^o COUVERT.		A ^o DECOUVERT.	
			Résistance à la rupture.	Flèche.	Résistance à la rupture.	Flèche.
Chêne du bassin de la Seine.	8 ^k 160	40 ^{mil.}	7 ^k 960	33 ^{mil.}	9 ^k 276	38 ^{mil.}
Chêne de Prusse.	6 000	39	7 560	40	7 800	34
Pin de Riga.	5 640	48	6 676	33	7 644	37
Pin de Volhynie.	6 296	47	7 276	35	7 816	28
Ebène verte.	20 556	21	19 362	25	15 960	19
Panacoco.	16 800	13	19 616	18	17 196	21
Saint-Martin rouge.	13 932	27	12 600	18	13 802	22
Bois violet.	13 380	27	14 640	28	15 660	28
Cèdre boco.	13 476	8	20 400	30	19 860	29
Saint-Martin blanc.	12 924	21	11 000	22	10 240	18
Angélique (employée pour quille).	11 160	37	11 484	30	9 396	23
Coupi.	9 912	28	9 636	21	9 960	20
Maho-Couratari.	9 312	37	9 556	41	10 200	43
Cèdre jaune.	9 204	19	11 000	27	10 596	26
Genipa.	9 156	47	9 64	32	9 800	41
Saouari.	9 036	27	10 236	23	10 716	23
Grignon.	6 276	26	4 956	26	6 516	26
Grignon fou.	5 520	37	5 160	29	6 400	30
Acajou ou Cèdre rouge.	3 996	18	4 380	17	4 884	22
Balata (employé pour préceintes).	15 444	25				
Wapa <i>idem</i>	14 520	25				
Courbari.	12 540	25				
Coupi blanc.	9 600	25				
Ebène rouge.	11 916	19				
Ebène noire.	16 920	18				
Bois de fer.	13 800	18				

Nota. Les pièces avaient 5 centimètres d'é-carrissage et les appuis à 1 mètre de distance,

Résistance des fers à la rupture, d'après les expériences de

MM. Banks. . . .	31,810,	fer fondu.
Gauthey. . . .	28,100,	fonte douce.
Rondelet. . . .	17,973,	fonte grise.
<i>Idem.</i>	29,420,	fonte douce.
Rennie. . . .	38,580,	fer fondu, de diverses fonderies.
Tredgold. . . .	31,740,	la barre maintenue horizontalement à une extrémité.
Ramus. . . .	22,460,	fer fondu au Creusot, <i>idem.</i>

Des charges qu'on doit faire supporter aux pièces d'après les valeurs des constantes qui viennent d'être déterminées à la flexion et à la rupture.

L'allongement d'une pièce posée horizontalement sur deux appuis, est égal à 12 fois le produit de l'épaisseur par la flèche et par la somme des poids divisé par la force augmentée des $\frac{1}{4}$ du poids de la pièce.

Calcul des extensions et des compressions des bois et des fers de dimensions données.

Que les bois, pour que la charpente soit de durée, ne doivent être chargés qu'au-dessous de la limite où la charge commence à altérer leur constitution physique. L'expérience a fait voir que dans certains bois, cette limite est près de la rupture et qu'ils rompent tout-à-coup presque sans avertir, tandis que d'autres avertissent, et leur rupture se fait avec de grandes déchirures. Elle a aussi fait connaître que le bois de chêne ne doit porter qu'un poids capable de faire équilibre à environ $\frac{1}{10}$ de la résistance de la base de fracture, au moment de la rupture; cette force étant substituée dans le moment de rupture donne le poids que peut supporter la pièce sans que son élasticité soit altérée. Le sapin peut porter davantage.

Pour le fer fondu, on prend environ le quart de la force d'extension au moment de la rupture et on calcule la charge qu'on peut donner à la pièce, sans en altérer sa constitution physique.

On expose ensuite les conditions d'équilibre d'une lame élastique posée sur deux appuis et chargée. 1.° D'un poids placé en un point quelconque situé entre les appuis. 2.° De poids distribués sur une portion de sa longueur. Et on cherche dans ces deux cas la flèche de la pièce et l'angle que la courbe fait avec l'horizon aux points d'appui; le point où la courbure est la plus grande, et où le solide tend à se rompre. Enfin l'équilibre relatif à la rupture.

Les conditions d'équilibre d'une pièce chargée d'un poids et dont l'une des extrémités est encastrée et l'autre posée sur un appui. On en déduit l'effort exercé sur l'appui, la valeur du moment de rupture; que dans le cas où le poids serait placé au milieu de l'intervalle des appuis, l'effort sur l'appui qui supporte l'extrémité non encastrée est les $\frac{1}{4}$ de la charge, et que la pièce peut porter $\frac{1}{3}$ de plus que si elle n'était pas encastrée par un bout.

Les conditions d'équilibre d'une pièce encastrée aux deux extrémités et chargée d'un poids dans les petites flexions. On en déduit les pressions aux deux bouts et la flèche de courbure; que dans le cas où la charge est au milieu, cette flèche est le $\frac{1}{4}$ de ce qu'elle serait si les extrémités n'étaient pas encastrées, et la pièce peut supporter un poids deux fois plus grand que celui qui peut la rompre quand elle est posée sur deux appuis.

Les conditions d'équilibre d'une pièce posée sur trois appuis et chargée au milieu de chaque intervalle de deux appuis. On détermine les pressions sur les appuis et l'équilibre à la rupture. Lorsque les poids sont égaux chaque moitié de la pièce est dans

le même cas que si elle était encadrée horizontalement à un bout et que l'autre extrémité fût posée sur un appui. Résultat qu'on trouve dans l'ouvrage de M. Navier.

Résistance d'un solide prismatique posé debout et chargé sur l'extrémité supérieure.

Flexion causée par l'action du poids. Valeur de ce poids pour une petite flexion ; que cette valeur est en raison inverse du carré de la longueur de la pièce et directe de la largeur et du cube de l'épaisseur ; qu'elle est égale au carré d'un nombre entier multiplié par le carré du rapport de la circonférence au diamètre et par le moment d'élasticité, divisé par le carré de la longueur.

La flèche est en raison du produit du poids par le cube de la longueur, et inverse de la largeur et du cube de l'épaisseur.

La résistance d'un cylindre est à celle du parallépipède circonscrit comme les $\frac{2}{3}$ du volume du cylindre est au volume du parallépipède.

Les conditions d'équilibre relatives à la rupture s'obtiennent en égalant le moment de rupture à la valeur maximum du moment d'élasticité divisé par le rayon de courbure. On met ensuite à la place de la puissance sa valeur trouvée ci-dessus.

Cas où la pièce a son bout d'en bas encadré et le bout d'en haut libre. Le poids qui peut la faire fléchir est quatre fois plus grand que si le bout n'était pas encadré.

Cas où la pièce est encadrée à son bout d'en bas, et l'autre bout maintenu dans une même verticale. Elle ne peut être maintenue fléchie lorsque le poids est dans la verticale élevée par le centre de la base encadrée ; mais à une petite distance ce poids est quadruple de celui qui aurait lieu si les deux bouts étaient libres et le poids situé dans l'axe.

Résistance des bois debout à la flexion et à l'écrasement.

En général les pièces rectangulaires fléchissent dans deux sens. On mesure la plus grande flèche.

Expériences de M. Rondelet, d'après lesquelles la résistance d'un cube debout à l'écrasement est pour le chêne de 3, 85 à 4^k, 62, et pour le sapin de 4, 62 à 5^k, 38 par millimètre carré. Cette force diminue peu jusqu'à une hauteur égale à 7 fois l'écartissage.

Suivant M. Gauthey, pour que le chêne ne cède pas sensiblement, il faut que le poids ne surpasse pas 2 kilogrammes lorsque les fibres sont debout, et 1^k, 6 lorsqu'elles sont horizontales, et suivant M. Tredgold, le poids posé sur des fibres horizontales ne doit pas dépasser 1^k, 08 pour le chêne, et 0, 70 pour le sapin jaune.

Les expériences de M. Rondelet font voir qu'un cube de fer forgé commence à se comprimer sous 49^k, 45 par millimètre carré. Le fer cède plutôt en pliant qu'en se comprimant, lorsque la hauteur est égale à trois fois l'écartissage.

Expériences anglaises sur l'écrasement et la compression d'un cube de cuivre.

Résistance des métaux à l'écrasement, chargés debout.

Ecrasement (cuivre coulé)	82 ^k 30 par mill. carré.
Cuivre jaune, pour le comprimer de $\frac{1}{12}$. .	36, 15
de $\frac{1}{2}$. .	115, 92
Cuivre battu de $\frac{1}{6}$. .	38, 55
de $\frac{1}{3}$. .	72, 45
Ecrasement d'un cube de fer fondu . .	100, 80
métal de canon . .	252.

On ne charge les métaux qu'entre le $\frac{1}{4}$ et le $\frac{1}{3}$ du poids capable de rompre.

Expériences sur la flexion et la rupture des solides chargés debout.

Les expériences qu'on trouve dans le traité de la résistance des bois, de M. Gerard, font connaître qu'un parallépipède dont les arêtes sont 2^m,60, 0,162 et 0,106, rompt lorsqu'il est chargé debout par un poids de 2^k,41 par mill. carré de la base.

M. Lamandé a trouvé que le chêne d'une longueur égale à 12 fois l'écartissage, oppose à la flexion 1^k,87, et 4,58 à la rupture.

Les résultats moyens des expériences de M. Rondelet sur la rupture du chêne et du sap, de 27 mill. d'écartissage, sont :

Charge des bois
debout.

RAPPORT DE LA LONGUEUR à l'Épaisseur.		POIDS par mill. carré.
CHÊNE..	1.	4,280.
	12.	3,567.
	24.	1,954.
	36.	1,452.
SAP. . .	1.	5,000.
	12.	4,310.
	24.	2,302.
	36.	1,743.

Le même auteur dit qu'une pièce de bois est susceptible de plier lorsque sa longueur est égale à 10 fois l'écartissage.

D'après les expériences de M. Perronet, les pieux ne doivent pas être chargés de plus de 0^k,62 par mill. carré.

Les expériences faites à l'école des Ponts-et-chaussées sur des barres de fer à bases carrées, ont donné les résultats suivans :

Fer forgé chargé
debout.

RAPPORT de la longueur à l'épaisseur.	POIDS par millimètre carré.
12,03.	25 ^k 30.
16,00.	20 514.
12,58.	24 790.
24,07.	21 679.

On voit par ces expériences que la résistance n'est pas en raison inverse du carré de la longueur, en sorte qu'on ne doit pas calculer les poids par la formule, parce qu'elle donne des résultats trop éloignés. La différence provient de ce que les pièces n'ont pas dans toute leur longueur la même force de cohésion, l'une plie en *C* tandis qu'une autre de même longueur ou plus longue plie en *S*.

Il y a quantité de corps qui ayant commencé à fléchir, rompent tout-à-coup dès qu'on augmente la charge, c'est pourquoi on ne doit charger les bois que du dixième du poids qui produit la rupture, et les fers de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$.

Résistance à la
torsion.

On passe à la résistance des solides à la torsion, et on fait voir :
1.° Que pour un cylindre encastré à un bout, la résistance spécifique est égale au moment de la puissance qui opère la torsion à l'autre bout multiplié par la longueur du cylindre, divisé par le produit de la base par l'aire décrit par le rayon de la section où est appliquée la puissance pendant la torsion. 2.° Que pour une pièce rectangulaire, la résistance spécifique est égale au moment du poids multiplié par trois fois la demi-longueur du solide divisé par le produit de la base par l'aire décrit par la demi-diagonale de la section où est appliquée la puissance pendant la torsion.

D'où il suit, que le rapport de la tension des fibres à la longueur est une quantité constante lorsque le moment de la puissance et l'angle décrit par le diamètre de l'extrémité libre ne changent point;

que l'angle décrit par ce diamètre est en raison du moment de la puissance, de la longueur du solide, et inverse de la surface de la base par le carré de la diagonale.

Les expériences de M. Duleau fournissent, d'après les calculs de M. Navier, pour la tension des fibres, fers ronds. . 115^t 410.
fers carrés. . 96 180.

La différence tient aux qualités des fers et à leurs formes.

Résistance à la rupture causée par la torsion.

La résistance à la torsion d'un cylindre au moment de la rupture, est égale au double du moment de la puissance divisé par le produit de la base par le rayon.

Lorsque la section transversale est un carré, la résistance est égale à 6 fois le moment de la force, divisé par le produit de la diagonale de la section par la racine carrée du côté de cette section.

Cette résistance est, d'après les résultats de

MM. Banks, sur le fer fondu, carré.	45 ^t 160.
Dunlop, sur des barres cylindriques.	20 305.
Rennie, fer fondu, carré.	41 360.
Bramah, barreaux carrés de fer fondu.	25 860.

Rupture causée
par la torsion.

Nous n'avons rien sur la résistance des bois à la torsion.

Solides d'égale résistance.

Un solide est d'égale résistance lorsqu'étant encasté par un bout et sollicité par une puissance appliquée à l'autre extrémité, le moment de la puissance par rapport à une section perpendiculaire à l'axe du solide en un point quelconque, est égal au moment d'inertie de cette section par rapport à l'axe qui sépare les extensions des compressions, multiplié par la résistance des fibres à la rupture et divisé par la distance de la fibre supérieure à l'axe.

Il résulte de cette définition que quand les sections transversales sont semblables : 1.° Les momens d'inertie étant proportionnels aux 4.^m puissances des côtés homologues, les momens de rupture sont comme les 3.^m puissances, par conséquent l'équation de la section longitudinale est une parabole cubique ; tels sont les corps ronds d'égle résistance.

2.° Lorsque la force est répartie également sur la longueur du solide, l'équation de la section longitudinale est une parabole cubique du 2.° genre.

Formes
des solides
d'égles résistances.

3.° Si le solide ne doit résister qu'à l'action de son poids, on prend le moment de l'élément d'une base quelconque par rapport à une base de fracture aussi quelconque, et on prend la variation par rapport à cette dernière base, puis on rapporte tout à la 1.^{re} base et on différencie une seconde fois ; en intégrant, on trouve une intégrale dont la constante est nulle, tant qu'il n'y a pas de force étrangère au poids du solide. Intégrant une seconde fois, on obtient l'équation d'une parabole dont l'axe est vertical. On traite ensuite le cas où le solide encasté par une extrémité, est sollicité à l'autre par une puissance, et dans sa longueur par l'action de son poids ; et en suivant la marche qui vient d'être indiquée, on détermine les constantes : ce qui conduit à une équation différentielle dont on ne peut obtenir la courbe que par les quadratures.

On fait l'application de cette théorie aux mâts, et on fait voir que le résultat est à-peu-près conforme à la pratique, et qu'il justifie les règles usitées dans les ports.

La courbe d'un solide d'égle résistance étant déterminée, on cherche la courbure qu'il prend sous l'action d'une puissance et la valeur de la flèche,

Courbes
et diverses pièces
d'assemblage.

On considère un système de pièces superposées et assujetties entr'elles, les pièces d'assemblage dont les faces maintenues en

contact sont endentées en crémaillère et serrées par des colliers billardés. Les courbes à lames de M. Lafosse, directeur des constructions navales : ce sont des pièces de 40°,6 d'écarrissage pour deuxième pont d'un vaisseau, l'extrémité de chaque pièce est divisée en lames de 32 mill. d'épaisseur par des traits de scie, une lame entre deux est enlevée et l'assemblage est fixé par quarante-deux chevilles de bois de 15 mill. de diamètre chassées alternativement et coincées dans chaque face à leurs extrémités. On arme les branches par deux lattes de fer de 18 mill. d'épaisseur et de 8 cent. de largeur liées ensemble et avec le bau par trois chevilles de 25 mill. L'autre branche est chevillée avec le bord. Le bois doit être sec pour ne pas pourrir dans les lames par le contact multiplié, on le laisse pour cela sécher après le trait de scie, puis on trempe les lames dans de l'huile bouillante dans laquelle on a mis du noir de fumée ; la peinture serait plus prompte, mais moins bonne. Le retrait du bois fait perdre l'élasticité des courbes d'assemblage.

Courbes à lames,
de M. Lafosse.

Des momens des batteries dont les bois et les liaisons supportent l'action, comparés les uns aux autres, et des momens de la mâture.

Lorsque le vaisseau tourne autour de son centre de gravité, l'effort qu'exerce une pièce de canon est égal au poids de cette pièce augmenté de la quantité de mouvement imprimé à chaque instant, et le moment que supportent les bois est égal au moment du poids, plus le produit du moment d'inertie de la pièce par la force accélératrice angulaire. Cette force accélératrice est alternativement positive et négative, on doit donc calculer l'effort d'après le moment du poids de la pièce. Il en résulte que le moment qui tend à ouvrir les courbes qui lient les baux aux murailles est proportionnel à la hauteur de la batterie, ainsi que le dit Bouguer ; que le moment de la force parallèle au plan diamétral est proportionnel à sa distance à ce plan, les murailles

Rapport de la force des bois de la 1.^{re} batterie à celle de la 2.^e

étant à-peu-près verticales. Ce dernier moment peut être considéré comme tendant à briser du bois chargé debout. On déduit de cette théorie le poids de l'artillerie que peut porter le deuxième pont d'un vaisseau pour que les bois et les liaisons ne fatiguent pas plus qu'au premier pont.

Calcul des échantillons des bois, des fers et des cuivres d'un vaisseau d'après ceux d'un autre éprouvé.

Flexion des vaisseaux.

Les momens qui tendent à arquer les vaisseaux. Séparation des momens positifs d'avec les momens négatifs. Les poids et les pressions des tranches verticales. Le moment *maximum* et le moment *minimum* par rapport à un plan perpendiculaire à la quille. Conditions d'équilibre entre les poids des tranches, d'après Georges Juan, et les calculs du docteur Young, rapportés dans un mémoire de M. Dupin. Rigidité que doit avoir un vaisseau pour résister aux flexions que les puissances tendent à lui donner.

Moyen de conserver les bâtimens à flot.

Application de cette théorie à la conservation des bâtimens à flot, au moyen des nouvelles échelles de déplacement dont on a parlé au commencement. On fait remarquer que quand le vaisseau est en mouvement, les pressions vives de l'avant tendent à comprimer, et les non-pressions à l'arrière à dilater.

Machines.

Presse hydraulique.

Description de la presse hydraulique. Calcul de la pression qui résulte d'une puissance qui agit à l'extrémité d'un bras de levier pour mouvoir un piston. Les applications qu'on pourrait faire de cette machine dans la marine. Machine à rompre les gros cordages et les cables en fer.

Comment on convertit un mouvement rectiligne alternatif, en mouvement de rotation continu suivant une courbe donnée et réciproquement.

On rappelle aux élèves le mouvement d'un corps sur un plan incliné en ayant égard au frottement. Le frottement dans le levier, la poulie et le treuil. La roideur des cordes dans le mouvement des machines simples d'après Coulomb.

Le frottement d'une corde : 1.° Sur un cylindre fixe. 2.° Sur deux cylindres, en passant la corde alternativement sur l'un et sous l'autre. On détermine la relation entre la puissance et la résistance dans les caliornes quand le mouvement est uniforme.

Installation et usage du cabestan à bord des vaisseaux, emploi des caliornes pour faire déraper l'ancre. Forme de la mèche d'après les appuis et la position de la résistance.

Cabestans ordinaires et à rouage.

Description et usage du cabestan à rouage; comment on isole la cloche supérieure de la cloche inférieure. Rapport entre les vitesses angulaires des deux cloches. Avantage de ce cabestan dans le touage des vaisseaux.

Application de la théorie du plan incliné, du cabestan et des caliornes, au remontage des vaisseaux sur les chantiers. Détermination de la force motrice et du nombre de cabestans nécessaires pour exécuter cette opération dans un tems déterminé, en ayant égard aux frottemens dans les mouffles et à la roideur des cordes.

Remontage des vaisseaux.

Du mouvement du treuil en ayant égard au frottement, à la roideur des cordes, au poids des cordons et à l'inertie de la machine.

On rappelle aux élèves l'équation des forces vives, et on l'applique au mouvement de trois corps, dont l'un est posé sur un plan incliné, et les deux autres liés avec lui par des cordes passées sur un treuil en y faisant entrer les frottemens. On détermine les tensions des cordons pendant le mouvement, la charge de l'arbre du treuil, la force accélératrice et la force vive du système.

Mouvement de trois corps liés entr'eux.

A quoi se réduit la force vive, quand le plan est horizontal, et que l'une des résistances provient d'une compression. Cas où

l'on emploie la force musculaire pour mouvoir la machine au moyen de manivelles. Avec quelle vitesse les hommes doivent mouvoir une manivelle pour que leur quantité d'action soit la plus grande possible.

De la loi de déperdition des forces vives dans le choc des corps durs, lorsque le choc est immédiat ou qu'il s'opère au moyen d'une machine quelconque sans ressort; que cette déperdition de forces vives est égale à la somme des forces vives qui aurait lieu, si chacun des corps se mouvait librement avec la vitesse perdue par le choc. Cas où les corps jouissent d'un certain degré d'élasticité.

Poids
du volant.

Relation entre la vitesse du moteur et celle de la résistance dans un mouvement rectiligne alternatif, converti en un mouvement de rotation continue, au moyen d'un balancier, d'une bielle et d'un volant. Principe d'après lequel on détermine les dimensions et le poids du volant.

Application de la théorie à un bateau flottant dans un fleuve et tiré en amont par une corde enroulée sur deux cylindres qui portent à leurs extrémités des roues à pales mues par l'action du courant. Longueur des arcs embrassés par la corde pour ne pas glisser lorsqu'elle est tirée et lovée en même tems par un homme pendant le mouvement. Vitesse que prend le bateau.

Relation entre la distance des centres des pales à l'axe de rotation et le rayon du cylindre pour que la quantité d'action soit un maximum.

Théorie
des engrenages.

Exposé des engrenages. Forme des dents de deux roues cylindriques. Des cames et des pilons. Engrenage d'une roue avec une crémaillère comprise entre deux plans parallèles.

Engrenage d'une roue conique avec une lanterne à fuseaux coniques. De deux roues d'angle à dents coniques.

Installation des rames dans les navires.

Des avirons à pointes et des avirons à couples; que les rames mues par des agens libres dont les efforts varient suivant leur volonté, produisent des accélérations et des retardations alternatives, mais qu'on peut mesurer le mouvement du navire par un mouvement uniforme. Qu'il n'y a qu'à-peu-près le tiers des efforts des rameurs employés à mettre le vaisseau en mouvement, et qu'ainsi ce n'est que le tiers des rameurs qui travaillent continuellement à pousser le vaisseau. Expression de la force d'un rameur et de sa quantité d'action. Equilibre entre la force d'un rameur, et de la résistance de l'eau sur la pale. Effort que supporte le point d'appui de la rame, force poussante; son égalité avec la résistance de l'eau sur la carène.

Théorie des rames.

Expression de la vitesse du navire. Relation qui doit exister entre la partie intérieure de la rame et la partie extérieure. Grandeur de la surface choquante qu'on doit admettre par chaque rameur. Effet utile, et effet accessoire et indispensable employé à donner du mouvement aux eaux. Total de la perte de force vive. Cas où la mer serait parsemée de points fixes.

Application à la rame de Bernouilli, suspendue à la manière d'un pendule, c'est-à-dire aux rames obliques dont le mouvement est alternatif. Effet peu sensible de ces rames dans la pratique. Des roues à pales, mues par un manège dont l'action est continue. Comparaison avec la force de traction à la cordelle.

Ce que deviennent les formules quand le bâtiment est mu en amont et en aval dans un fleuve dont la vitesse du courant est connue.

Expression de la quantité d'action du moteur appliquée à un manège pour donner à un navire une vitesse déterminée, en

ayant égard au frottement des arbres dans les boîtes. Rapport de cette force à celle qu'il faudrait appliquer à la cordelle pour donner au navire la même vitesse.

Machines à vapeur. Précis historique des machines à vapeur.

. Etude des machines à simple et à double effet, à basse et à haute pression.

Des parties essentielles des machines. 1.° La chaudière; 2.° le cylindre à vapeur; 3.° le régulateur; 4.° le condenseur où se fait l'injection d'eau froide; 5.° la pompe à air; 6.° la pompe alimentaire; 7.° la pompe qui fournit l'eau; 8.° le balancier et le volant; 9.° enfin, le manomètre et la soupape de sûreté, qui dans les machines à haute pression est chargée d'un poids considérable.

Description des chaudières parallépipédiques de Charenton. De la chaudière cylindrique placée dans un cylindre excentrique à celui de la chaudière. Des chaudières cylindriques où le feu est au centre, et des chaudières composées de plusieurs cylindres présentant le plus de surface possible à l'action du feu.

Moyens de connaître la hauteur d'eau dans la chaudière. 1.° Par un flotteur surmonté d'une tringle passant à l'extérieur par une boîte à étoupes, et tenant par son extrémité supérieure à un levier qui porte un poids suffisant pour vaincre le frottement de la tringle dans la boîte à étoupes; 2.° par deux robinets placés l'un un peu au-dessus du niveau que l'eau doit avoir, et l'autre un peu au-dessous. Défaut de ces deux moyens; 3.° par deux ajutages courbés, placés l'un au-dessus, l'autre au-dessous du niveau, de manière que leurs ouvertures extérieures se regardent et soient distantes d'environ 1 décimètre. Ces deux ouvertures reçoivent un fort tube de verre de petit calibre assujetti solidement avec du mastic. C'est le meilleur moyen connu.

Les machines à basse pression étant presque toutes à double effet, et ne différant que par la disposition des diverses parties qui les composent, on fait étudier aux élèves une de ces machines; le régulateur à tiroir, principe qu'on leur fait transformer, comme exercice, en diverses manières.

On donne des exemples de quelq' autres régulateurs. Par exemple, un robinet double; on fait sentir la nécessité de le rendre conique, en ouvrant le cône de plus en plus, on obtient un plateau qui tourne sur un autre, soit à mouvement de rotation continue, soit à rotation alternative.

Cette disposition du plateau peut être regardée comme une modification du principe des tiroirs, dans lequel on a remplacé le mouvement rectiligne alternatif par un mouvement circulaire: cette modification est due à Olivier Evans.

On explique le régulateur de la machine à haute pression de M. Frimot établie dans les bassins du port de Brest, et on fait voir comment on pourrait remplacer les pistons par un seul.

On fait sentir la supériorité de ces régulateurs sur les soupapes dont on se servait à l'origine, et l'on fait remarquer surtout la simplicité des moyens de transmettre actuellement le mouvement aux régulateurs sur la multitude d'arrêts et de contre-poids qu'on employait autrefois.

De la quantité d'action de la vapeur sur le piston, que le poids du piston est positif dans la montée et négatif dans la descente, et qu'on peut par conséquent le négliger. Que la force vive absorbée par le piston depuis le commencement de sa course, jusqu'au moment où sa vitesse est maximum, est rendu à l'effet qu'on veut obtenir dans l'intervalle de ce maximum au bout de la course, en supposant qu'il n'y a point de percussion.

Machine à haute pression d'Olivier Evans, en profitant de l'extension de la vapeur. Son installation sur le bateau l'Etna ; on suit la description que donne M. Marestier dans son ouvrage, p. 93.

La machine de Wolf, où l'on applique le même principe, mais en se servant de deux cylindres.

Emploi de la force centrifuge pour établir un modérateur servant à régulariser le jeu de la machine dont le mouvement rectiligne alternatif est converti en mouvement de rotation continu.

Description et usage du parallélogramme de Watt. Autre moyen de faire la conversion du mouvement rectiligne alternatif en mouvement circulaire, en attachant directement la bielle à la tige du piston, on prend pour exemple le chancellor Livingston, cité par M. Marestier, pages 64 et 81.

Machine à rotation immédiate, ou cylindre de Verzy. Calcul de l'effet de cette machine, en ayant égard au frottement.

On fait étudier la machine à rotation immédiate du bateau La Surprise, décrite dans l'ouvrage de M. Marestier, page 108, et les calculs, page 230 ; on y substitue une surface annulaire.

Machine à colonne
d'eau.

La pompe à épuisement, dont le piston est sur la même tige que celui du cylindre à vapeur, suivant le procédé de M. Frimot.

Cette machine travaille à vapeur perdue, et se trouve débarrassée de tout l'attirail du condenseur, de la pompe à air et de la pompe à eau froide.

Calculs.

Calcul du parallélogramme de Watt.

La tension d'une chaudière est égale à la pression qui est exercée sur un arc du cercle osculateur égal au rayon.

Calcul de l'épaisseur nécessaire à une chaudière cylindrique pour une tension donnée.

Principe de Dalton, d'après lequel un kilogramme de vapeur naissante reste toujours à l'état de vapeur naissante, quel que soit le volume qu'on lui fasse occuper : d'où il résulte qu'à toutes les températures possibles, un kilogramme de vapeur renferme la même quantité de chaleur qu'à 100°, c'est-à-dire, $666 \frac{2}{3}$ fois autant de chaleur qu'il en faut pour élever un kilogramme d'eau de 1° du thermomètre centigrade, ou $6 \frac{2}{3}$ fois autant qu'il en faut pour élever un kilogramme d'eau à 100°.

Principe de Dalton.

D'où il résulte que si une quantité de chaleur représentée par 1, porte un mètre cube d'eau à 100° de température, pour que tout le mètre cube passe à l'état de vapeur, il faudra $5 \frac{2}{3}$ de chaleur qui deviendra latente, par conséquent il faudra $1 + 5 \frac{2}{3} = 6 \frac{2}{3}$ pour étendre un mètre cube d'eau en vapeur d'une tension égale au poids de l'atmosphère dans un espace d'environ 1695 mètres cubes.

On en déduit que la précipitation de cette vapeur mettra à disponibilité une force vive, capable d'élever 1695 mètres cubes d'eau à 10 mètres de hauteur ou 16950 à 1 mètre.

Si l'on élève la température de la vapeur qui a un volume V à 100° au-dessus de 100°, la vapeur se dilate uniformément, et pour chaque degré, sous la pression de l'atmosphère, sa dilatation est égale à $\frac{1}{266 \frac{2}{3}}$ de son volume à 0°, d'après la loi reconnue par Gay-Lussac.

Dilatation.

Un volume V de vapeur à 100°, étant porté à la température T , devient $V + \frac{V(T - 100)}{266 \frac{2}{3} + 100} = V \frac{(T + 266 \frac{2}{3})}{366 \frac{2}{3}}$.

Loi de Gay-Lussac.

Le même volume à la température T devient $V \frac{(T + 266 \frac{2}{3})}{366 \frac{2}{3}}$ sous la même pression. Maintenant si l'on désigne par P la force de la vapeur sous la densité D et la température T , et par P' la

Loi
de Mariotte.

force élastique sous la densité D' et la température T' , on aura
suivant la loi de Mariotte $\frac{P}{P'} = \frac{D}{D'} \frac{(T + 266 \frac{2}{3})}{(T' + 266 \frac{2}{3})}$.

On en déduit que les forces élastiques croissent dans un plus grand rapport que les quantités de combustibles.

Lorsque l'air est mêlé avec de la vapeur aqueuse, la force élastique du mélange est égale à la tension de la vapeur dans le vide, plus celle de l'air sec, prises séparément. (Physique de Biot.)

On rappelle ce principe sur la vapeur, qu'un espace donné ne peut contenir qu'une certaine quantité d'eau en état de vapeur, tant que sa température reste la même; que si l'on ajoute de la même vapeur, ou ce qui revient au même, si l'on retrécit cet espace, la tension de la vapeur n'augmentera pas; mais l'excédant de vapeur au-delà de ce qui est nécessaire pour maintenir la tension au même degré se condensera; principe démontré par l'expérience. De la force élastique de l'air humide comprimé de manière à le réduire à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, etc. de son volume, et de la chaleur latente qui devient sensible dans la compression de l'air renfermé dans un cylindre.

Poids de l'unité de volume de cette vapeur sous la pression de $0^m,76$ de Mercure, $0^k,00059$.

Relation entre la température t et la tension de la vapeur exprimée empiriquement par $0,76. 10^{0,30103 \frac{t}{10}}$ suivant M. Marestier, et par $0,76. 10^{0,0154547 t - 0,0000625826 t^2}$, suivant M. de la Place, t étant compté de l'ébullition, et t' est le nombre de degrés dont la température doit augmenter pour que la force de la vapeur devienne double. Enfin, $0,76. 10^{0,001364734 t}$ selon M. Christian.

Forces élastiques de la vapeur d'eau correspondantes aux degrés du thermomètre centigrade, depuis 0 jusqu'à 165°, rapportées par M. Navier.

Table des forces élastiques de la vapeur, présentée au gouvernement par une commission de l'Institut en 1825.

Températures auxquelles différentes vapeurs supportent 0^m,76.

Des chaleurs spécifiques des gaz, et de la chaleur nécessaire pour faire passer l'eau à l'état de vapeur, mesurées par les poids respectifs de glace à zéro qu'elles font passer à l'état liquide.

Que la chaleur spécifique des corps pour un poids constant croît avec le volume.

Tableau des résultats obtenus par MM. Désormes, Clément, Delaroche et Berard. Que la capacité de l'air atmosphérique sous la pression de 0,76 est à-peu-près le $\frac{1}{4}$ de celle de l'eau liquide, et que par conséquent 1 de chaleur élève à 100° 1 mètre cube d'eau, et que pour 1 mètre cube d'air il faudrait $\frac{1}{77,04}$. Que si l'on pouvait échauffer l'air en grand, on obtiendrait par sa dilatation ou sa condensation cinq fois plus d'avantage qu'avec la vapeur.

Suivant ces physiciens, si l'on désigne par C et C' les chaleurs spécifiques de l'air sous les volumes V et V' , on a $\frac{C'}{C} = 1 + 0,4 \frac{(V-V')}{V}$ pour les variations dans les limites des expériences.

On envisage la quantité de chaleur produite par la combustion sous deux points de vue.

1.° La quantité de chaleur utilement employée pour l'effet qu'on veut obtenir suivant les divers appareils de combustion.

Les expériences de MM. Clément et Désormes font connaître qu'à une température de 10 à 15° de l'atmosphère, 1000 kil. de charbon de terre avec l'appareil de Wolf peuvent vaporiser 8000 kilo. d'eau à 100°, ce qui produit sous la pression de l'atmosphère un volume de 8.1695, ou 13560^m cubes, d'où résulte que, si l'on fait agir cette vapeur par la précipitation, on pourra élever 13560^m cubes d'eau à 10.^m3 de hauteur, ou 139668 à 1 mètre.

Dans les anciennes machines de Watt, 1 kil. de charbon ne vaporise que 6 kil. d'eau. 2° La quantité de chaleur absolue, telle qu'on l'obtient par le calorimètre, d'après les expériences des physiciens précités; 1 kil. de combustible élève en brûlant, la température d'un kil. d'eau liquide, comme il suit :

Charbon de terre.	7000°
Tourbe, environ.	3000°
Bois.	3000°
Charbon de bois.	7050°

Principe de l'extension.

Formule de la quantité d'action produite pendant que la vapeur se dilate librement et que la température passe de t à t' sans recevoir de nouvelle quantité de chaleur. Calcul approximatif de cette quantité d'action par MM. Clément et Désormes pour le cas où la vapeur formée à une température de 165°, sous une pression de cinq atmosphères, ou 3^m,8 se dilaterait jusqu'à ce que la température fût devenue de 12° et la tension 0,011. D'où il résulte 115000^k à 1^m pour 1 kil. de vapeur.

Maximum théorique de la quantité d'action d'un kil. de vapeur à 165°.

Il suit de là que si 1 kil. de charbon élève 1 kil. d'eau à 7000°, en prenant l'eau à 30° pour produire de la vapeur à 165°, d'après le principe de Dalton, la formation de la vapeur équivaldra à une élévation de température de $566^{\circ} \frac{2}{3} + 135^{\circ} = 701^{\circ} \frac{2}{3}$,

Maximum théorique de la quantité d'action que produit 1 kil. de charbon à 165°, la vapeur comptée à partir de 30°.

et que par conséquent 1 kil. de charbon produira $\frac{7000}{701 \frac{2}{3}} = 9^k,98$ de

vapeur. Or, 1 kil. de vapeur donne 11500^k à 1^m, donc 9^k,98 fournissent 1147700 de quantité d'action. C'est le maximum théorique qu'une machine ne peut pas dépasser sous une pression de cinq atmosphères. Les machines sont d'autant plus parfaites qu'elles en approchent d'avantage.

Dans les machines à basse pression, la vapeur agit sur le piston avec une force un peu au-dessus de l'atmosphère; le volume de 1 kil. de vapeur sous cette pression est $\frac{0,001}{0,00059} = 1^m,695$, la hauteur de la colonne de Mercure 0,76, et sa pesanteur spécifique 13568^k, donc la quantité d'action produite par 1 kil. de vapeur dans ces machines est 13568. 0,76. 1,695 = 17478^k,297 à 1^m; c'est environ la sixième partie de ce qu'on obtient à 165°. Nous avons établi les calculs sur le nombre 566[°] $\frac{2}{3}$, comme dans la chimie de Thenard; les physiciens adoptent ordinairement 550°.

Le volume de 1 kil. de vapeur à 100° étant de 1^m,695, ce volume à la température de 165° devient 1^m,695 $\left(\frac{266\frac{2}{3} + 165}{266\frac{2}{3} + 100} \right) = 1,995$ sous cinq atmosphères. La quantité d'action théorique que pourrait produire ce kil. de vapeur serait donc 13568. 0,76. 1,995 = 20572^k à 1^m; nombre qui est entre le cinquième et le sixième du maximum théorique.

Résultat d'expériences, que dans les machines à basse pression de la force moyenne de 10 chevaux : 1.° 1 kilogramme de charbon donne 6 kil. de vapeur au plus. 2.° 6 kil. de charbon produisent une force équivalente à celle d'un cheval pendant une heure, ou 3600, 80 kil. = 288000 kil. à 1 mètre, par conséquent 1 kil. de charbon produit 48000 kil. à 1 mètre, et 1 kil. de vapeur fournit 8000 kil. à 1 mètre.

Des machines dites à détente, apportées en France par M. Atken, et des machines de Wolf.

On a observé, dit M. Navier, qu'on y brûlait 2 kil. 5 de charbon, pour obtenir la force d'un cheval, ou 288000 kil. à 1 mètre pendant une heure. Un kil. de charbon produit donc 115200 kil. à 1 mètre, résultat plus que double de celui des machines de Watt. Dans la machine de Wolf, 1 kil. de charbon donne 8 kil. de vapeur, ainsi 1 kil. de vapeur fournit $\frac{115200}{8} = 14400$ de quantité d'action.

Calcul de M. Marestier, de la somme des effets de la vapeur, à compter du point où elle agit sur le piston. Valeurs numériques du coefficient de la formule pour diverses températures.

L'effet théorique de la machine à basse pression et diminué par la raison que le vide n'est jamais parfait dans le condenseur, et qu'on perd de la force pour la pompe à air, on arrive à ce résultat :

1.° Que dans une machine à basse pression, il y a une perte d'au moins 23 pour 100, sans compter aucun frottement quel qu'il soit; cette même perte devient négligeable dans une machine à haute pression.

2.° Dans une machine à haute pression, on peut appliquer le principe de l'extension, soit à la machine d'Evans, soit à celle de Wolf, et aussi au moyen de la machine à *détente*.

On rappelle pourquoi on obtient d'une machine à haute pression 1 $\frac{1}{2}$ à 2 fois plus d'effet que d'une machine à basse pression, et même plus de deux fois, comme nous l'avons dit plus haut. De plus, le cylindre et la chaudière sont rendus dix fois moindres.

Méthode de M. de Prony, pour mesurer la quantité d'action d'une machine.

Comment on reconnaît que la chaudière est assez forte pour résister à la force expansive de la vapeur, et comment on sait

quand cette force est équivalente à 8 atmosphères. Usage de ces machines dans la navigation, comment on les installe sur les navires. On fait étudier aux élèves le bateau américain le Levingston et le Savannach, et les bateaux destinés pour les ports de France.

Application des calculs précédens à ces bateaux. Calcul de la vitesse que peut prendre un bateau déterminé, étant mu par une machine dont la force est donnée.

Machine soufflante à un cylindre dont le piston est mu par une roue à denture interrompue fixée à l'arbre de la roue hydraulique. Machines à deux cylindres dont les pistons sont mus par des cames adaptées à l'arbre de la roue hydraulique. Méthode de M. Bérard pour tracer ces sortes de cames. Machine soufflante à régulateur du Creusot. Calcul de ces machines suivant les principes établis précédemment. Ces calculs consistent à déterminer : 1.° La force vive que perd le moteur pour mettre la machine en mouvement, et celle qui lui reste en abandonnant la machine, par conséquent, la partie de la force vive qu'il développe et qu'il communique à la machine. 2.° La perte de force vive que cause le choc des cames contre les mentonnets. 3.° La dépense qu'il faut faire pour vaincre les forces passives, telles que le frottement et l'adhésion. 4.° L'inertie. 5.° Enfin la résistance ou l'effet utile.

Machines
soufflantes.

D'où résulte que dans les machines mues par l'eau contre des palette planes, la force vive développée par le moteur dans certaine machine est huit fois plus grande que celle qu'il communique à la machine, et que quand il y a choc des cames contre les mentonnets, l'effet utile n'est qu'environ la 16.° partie de la force vive développée par le moteur.



DEUXIÈME PARTIE.

Machines tractoires , composition des plans , pratique des chantiers et ateliers.

Préparation des
chanvres.

TRAVAIL du chanvre , espadage , peignage , filage et goudronnage. Description du plantage , de la passoire , et du tube dans lequel on comprime le faisceau de fils de caret. De la *jauge* , ou distance de la passoire à l'entrée du tube. De l'angle que forment les hélices de la couche supérieure du toron avec l'axe. Expression de la longueur qui sort du tube à chaque révolution du toron , et expression des angles de toutes les couches , à partir de l'axe jusqu'à la couche supérieure du toron , en fonction de l'angle que forment les hélices de cette dernière.

Plantage et dispo-
sition pour tirer les
faisceaux de fils sous
une tension déter-
minée.

Expression analytique du rayon de chaque couronne de la passoire , en fonction du diamètre du fil de caret , de la jauge , et du diamètre de la couche de fil à la surface du toron. On en déduit : 1.° Que les couronnes de trous sur la passoire sont à des distances égales entr'elles , à partir du centre. 2.° Que la même passoire convient aux torons de toutes grosseurs , quand ils sont fabriqués avec le même fil , et qu'on fait varier la jauge dans le même rapport que le diamètre du toron , l'angle de l'hélice supérieure restant le même.

Construction de
la passoire.

Du nombre de trous que doivent avoir les couronnes : 1.° Suivant la théorie : 1, 6. 12. 18. 24. etc. 2.° Suivant l'observation , à-peu-près : 1. 1 + 7. 1 + 2. 7. 1 + 3. 7. etc.

Expression des forces de torsion et de traction en fonction des fils à la sortie du tube et des angles des hélices sur les couches.

On fait remarquer que quand les bobines du plantage n'ont qu'un mouvement de rotation, ce procédé opère la détorsion des fils et qu'ils peuvent arriver dans le tube à l'état de chanvre non tordu, et on fait voir le procédé qu'il faudrait adopter pour rendre la torsion aux fils de caret.

Les tensions des fils à la sortie du tube étant d'autant plus grande que la compression est forte, et la force de torsion dépendant de ces tensions, il en résulte que la force de torsion augmente avec la compression; que les fils ayant été pliés et comprimés les uns sur les autres par couches, si on laisse le toron élongé après avoir été tiré, les fils restent dans les directions de leurs hélices. Maintenant si l'on continue de tordre le toron ainsi élongé, et après l'avoir chargé d'un poids, il est clair qu'il faut une force d'autant plus grande qu'il a été plus comprimé: que cette force croît en raison du raccourcissement qu'on veut faire subir au toron pour lui donner de l'élasticité. Après avoir ainsi ajouté de la torsion, supposons qu'on abandonne le toron à lui-même, il se détordra et reviendra à l'état où il était en sortant du tube. La force avec laquelle il revient à cet état est une *force élastique*, et l'augmentation de torsion qu'on a donné au toron est ce qu'on appelle *supplément de tors, ou élasticité du toron*. Cette force est destinée à faire équilibre à la force d'assemblage dans le commettage, c'est-à-dire à la torsion en sens contraire qu'il faut donner au cablage. Il suit de là, que la compression dans le tube donne de la rigidité au toron et qu'elle lui fait opposer plus de résistance au supplément de tors jusqu'à faire rompre les fils de la couche supérieure; mais on ne doit pas considérer ce plus de résistance comme la force qui provient du raccourcissement et qui doit faire équilibre à la force d'assemblage en sens contraire, parce que le cordage après avoir travaillé n'aurait plus assez de force perpendiculaire à l'axe pour faire équilibre au cablage et que par conséquent

Supplément de
tors, ou élasticité
des torons.

il s'ouvrirait au point qu'on pourrait tirer la mèche dehors, ce qui est rigoureusement prouvé par l'expérience. C'est donc sur le raccourcissement donné aux torons par le supplément de tors qu'il faut porter son attention.

On fait connaître aux élèves les chariots que MM. Lair et Hubert ont fait exécuter pour la fabrication des torons, et les avantages de chacune de ces machines. Celle de M. Lair est à deux moteurs et le chariot de M. Hubert à un seul moteur.

Chariot à crémaillères décrit dans un mémoire sur les machines tractoires que l'auteur a présenté à l'Institut en 1821.

Les élèves étudient ensuite les machines tractoires décrites dans un mémoire que j'ai présenté à l'Institut en décembre 1821 : ces machines sont propres à la confection des torons, des aussières et des grelins. Elles consistent : 1.° En un chariot engrené dans deux crémaillères disposées de façon à l'empêcher d'être soulevé et de sortir des crémaillères. Ce chariot peut tirer jusqu'à cinq torons à la fois, et il peut servir à exécuter le commettage en aussières et en grelins. On fait connaître divers chariots à une et à deux crémaillères, à une et à deux roues d'angle. 2.° Une machine à traction établie à l'une des extrémités du local, sert à tirer le chariot au moyen d'une corde passée dans une poulie de retour, et qui vient s'enrouler sur deux cylindres qui tournent en sens contraire. On fait voir comment on pourrait disposer la corde pour la faire agir à la manière des cordes sans fin, et donner au chariot un mouvement de va-et-vient.

Machine à tirer le chariot.

De l'emploi de plusieurs cordes dans les fortes tensions.

Détermination des engrenages pour que les cylindres se meuvent à la manière des corps libres. On fait remarquer que ce procédé ne serait pas le plus favorable, à cause des pressions sur les arbres des roues qui transmettent le mouvement aux deux cylindres ; mais qu'on doit adopter les points d'engrenage trouvés par le même calcul. Le mouvement peut être donné, soit par une

machine à vapeur à piston, soit par une machine à rotation immédiate; cette dernière offrirait des avantages, si on pouvait la perfectionner. Calcul de la force motrice.

3.° Une machine à commettre est établie auprès de la machine à traction où est le moteur : elle consiste en un plantage de trois tourets renfermés dans des châssis mobiles autour d'un axe, et dont chacun a un mouvement autour de cet axe qui est une des arêtes de la pyramide triangulaire dans laquelle ils sont établis; les tourets ont deux mouvemens de rotation, ces mouvemens de rotation sont transmis par des roues d'engrenage calculées d'après le principe du cablage : c'est-à-dire, qu'ils donnent de l'élasticité aux torons et rendent en même tems la détorsion opérée par le cablage. Les torons qui sortent des châssis se réunissent dans une passoire, ou sur un toupin, passent ensuite dans un écrou taraudé intérieurement, suivant des surfaces hélicoïdes propres à mouler le cordage, et placé à une distance du toupin égale à la jauge; le faisceau de torons sorti du moule est attaché à un crochet du chariot engrené avec les crémaillères, ce chariot effectue le commettage.

Plantage
des tourets
chargés de torons
ou d'aussières, et
disposition de la ma-
chine à commettre.

Equation de condition à laquelle il faut satisfaire pour donner le supplément de tors et effectuer le cablage au moyen de cette machine.

On fait connaître les machines tractoires à double mouvement de rotation traitées dans le mémoire précité. Dans ces machines, les masses varient avec le tems du mouvement, elles augmentent dans les unes de ces machines et diminuent dans les autres, en sorte qu'en représentant par $m, m', m'',$ etc., les masses variables avec le tems t , et par $u, u', u'',$ etc., leurs vitesses, leurs forces vives sont $m u^2, m' u'^2,$ etc., et au bout du tems $t + dt$, ces forces vives deviennent $m u^2 + 2 m u du, m' u'^2 + 2 m' u' d' u,$ etc.; mais dans l'instant dt , les masses étant augmentées de $dm,$

Application du
principe de la con-
servation des forces
vives aux masses
croissantes par ag-
glomération.

dm' , etc., qui prennent les mêmes vitesses que m, m' , etc., et acquièrent dans cet instant les forces vives $u^2 dm, u'^2 dm'$, etc. Donc l'augmentation de force vive produite par l'action des forces est $2m u du + u^2 dm + 2m' u' du' + u'^2 dm'$ etc. ; or, la moitié de cette somme est égale à la somme des produits de chacune des forces par sa vitesse virtuelle, ce qui donne $\Sigma \left(m u du + \frac{u^2 dm}{2} \right) = \Sigma P ds$, et en intégrant $\Sigma m u^2 - \Sigma m u'^2 = 2 \Sigma \int P ds$. (*)

Calcul de la machine à filer de M. Hubert.

D'après ce principe, on détermine l'équation du mouvement de la machine à filer de M. Hubert, ingénieur des constructions navales, en ayant égard à tous les frottemens et à la résistance de l'air sur le volant. La grandeur de la force motrice, et celle de la surface du volant, la relation qui doit exister entre toutes les parties de la machine pour une torsion uniforme ; comment l'intensité du moteur doit varier dans le passage d'une couche de fil à celle qui s'applique dessus, et comment l'effet du volant rend le fil régulier et sa tension constante pour un certain nombre de couches sur le touret, en sorte qu'on ne peut travailler qu'avec un petit touret ayant un gros cylindre. L'analyse fait voir combien cette machine est ingénieuse.

Machine anglaise de M. Huddart.

La même équation s'applique à la machine à tirer les torons, de M. Huddart, en Angleterre.

Cette machine est décrite dans le tome 22 des arts et manufactures, mais avec cette différence, que nous substituons une vis sans fin aux roues de côté qui donnaient à un levier un mouvement de va-et-vient pour diriger le toron sur le touret, à l'aide de deux demi-spirales, et que nous établissons deux cylindres de manière à tirer sous une forte tension ; les vis de pression qui font cueillir le touret également pendant le mouvement, tiennent lieu du volant de M. Hubert.

(*) Nous avons déjà employé cette équation au calcul des pompes exposé plus haut.

On donne les trois équations de condition auxquelles il faut satisfaire dans l'exécution de la machine.

On prend trois tourets chargés de chacun un toron, on les place dans des châssis qu'on établit ensuite dans une cage qui consiste en un prisme vertical ayant pour base un exagone; cette cage tourne autour de l'axe vertical élevé par le centre de la base. A une hauteur convenable, l'arbre se divise en trois branches qui forment une lanterne, et il est creusé dans toute la partie supérieure: on place dans la lanterne un moule taraudé en hélice, pour mouler le cordage. Les châssis qui portent les tourets sont creusés aux points d'appui, et les torons sortent par ces ouvertures, passant sur des poulies, et vont s'assembler dans le moule; des roues d'engrenage sont établies pour donner le supplément de tors et la torsion du cablage. Le cordage est cueilli par en haut, au moyen de deux cylindres mus par le même moteur, et va se lover de lui-même en magasin.

Machines à commettre dans un petit local, décrites dans le mémoire sur les machines tractoires.

Equations de condition qui doivent être satisfaites pour donner le supplément de tors et opérer le cablage.

Du supplément de tors, du commettage des aussières et des grelins.

Des roues changeantes pour fabriquer les aussières et les grelins de toutes grosseurs.

On donne de même la description avec le calcul d'une machine à tordre les torons et les commettre en aussière par une seule opération.

La machine à tordre neuf torons et les convertir en un grelin par deux commettages opérés en même tems, renferme trois équations de condition qui doivent être satisfaites pour des torsions et des supplémens de tors donnés à volonté.

Qualité des chanvres susceptibles d'être admis en recette.

Epreuves des chanvres.

De l'espadage, du peignage et du filage en 1.^{er}, 2.^e et 3.^e brin. Déchet qu'éprouve le chanvre par ces opérations. Commettage en

quarantenaire de $0^m,0474$, ($1^p \frac{2}{7}$); poids que les quaranteniers de 1.^{er} et 2.^e brin doivent supporter, d'après le marché.

Machines à rompre
les cordages.

Balance et cabestan pour rompre le cordage. La romaine de M. Hubert est plus exacte.

Projet d'une machine à rompre les gros et les petits cordages : cette machine se compose d'un cylindre renfermant un piston dont la tige pousse un châssis qui tire le cordage, et d'un piston mu par une presse hydraulique. Autre machine pour le même objet et pour éprouver les chaînes en fer.

Machines
à percussion.

Description des machines à percussion usitées dans les ports. Rapport théorique de la force de percussion à la pression, quand le corps tombe librement. Expériences de Bernoulli, Camus et Soyer, sur la percussion. Expériences de M. Rondelet. Percussion sur les corps qu'on enfonce dans du bois.

Sciage
des bois.

De la quantité d'ouvrage exécuté par trois scieurs de long pendant 12 heures. Que deux hommes travaillant avec la même scie font les deux tiers du travail de trois hommes pendant le même tems suivant M. Hassenfratz. Que trois hommes donnant 50 coups de scie par minutes dans une étendue de $0^m,8$, scient en une heure une pièce de chêne encore vert de $3^m,60$ de long sur $0,3$ de large, il évalue l'effort moyen de chaque homme à 13 kilogrammes.

M. Navier pense que cet effort est beaucoup trop fort, il le réduit à $6^k,5$ et il établit la quantité d'action nécessaire pour un trait de scie d'un mètre carré de surface dans le chêne vert, à 4333 kil. à 1 mètre.

On fait l'application du mouvement de rotation continu converti en mouvement rectiligne alternatif au sciage dans les scieries à manèges, à vent et à vapeur. On expose les scies circulaires de M. Brunel et les scies propres à donner une double courbure au bois, décrites dans le traité des machines de M. Borgnis.

Nota. Nous rangeons ces machines dans la 2.^e partie qui est l'objet du travail de la 2.^e année, parce qu'elles font partie de la composition des plans.

*De la composition des plans, du tracé à la salle
et de la pratique des chantiers.*

C'est d'après le nombre des canons de la première batterie qu'on fixe la longueur d'un bâtiment et par conséquent les dimensions principales de la carène, en ayant soin toutefois d'établir la hauteur de batterie au-dessus de la flottaison ainsi que nous l'avons dit au commencement, alors on marque le creux au milieu et aux extrémités, et l'élançement de l'étrave. Quant à l'étambot on ne lui donne plus de quête depuis quelques années ; on ne voit pas en effet de raisons valables pour incliner cette pièce en dehors de l'arrière du navire.

On calcule ensuite tous les poids qui doivent entrer dans l'armement.

Savoir : le poids de la mâture, agrès et rechange, celui de l'artillerie, de l'eau et des vivres d'après le nombre d'hommes d'équipage pour un tems donné, le poids de la coque et celui du lest.

Le tableau qu'on trouve dans le mémoire de M. Tupinier, les devis de campagne et une foule de documens que possèdent les directions des constructions navales, sont bons pour cet objet et pour s'assurer de l'exactitude des calculs. Nous y joindrons la détermination de la quantité de poudre et la grandeur des soutes que nous déterminons de la manière suivante.

Nous observons d'abord que la soute de l'arrière doit renfermer toutes les poudres en barils et environ le tiers de l'apprêté, renfermé dans des caisses, le reste est mis dans la soute de l'avant.

Un baril contient 50 kil, sa longueur est de 63 centimètres et son grand diamètre 43.

Supposons qu'on veuille avoir la quantité de poudre que doit prendre une frégate de 30 canons de 30, 28 caronades de 30, 2 canons de 18, 8 pierriers et 8 espingoles. D'après le règlement on aura :

Calcul de la grandeur de la soute aux poudres de l'arrière.

CALIBRES.	NOMBRE des pièces.	NOMBRE de coups par pièce.	CHARGES.	PRODUITS.	NOMBRE des caisses.	NOMBRE des gargousses dans chaque caisse.	POIDS de la poudre en gargousse.
30	30	70	4 ^k 90	10290 ^{kil.}	74	9	3273 ^k 40
30	28	60	1 59	2671 20	24	27	1030 32
18	2	70	2 94	411 60	3	18	158 76
Pierriers.	8	40	0 18	57 60	„	„	„
Espingoles.	8	40	0 05	16 „	„	„	„
				13446 40			4462 48
			Pour les déchets.....	896 43			
				14342 83			
			Pour les salves et exercices.....	850 „			
			TOTAL.....	15292 83			
			A retrancher.....	4462 48			
			RESTE à mettre en barils.....	10830 35			

à 50 kilogrammes il faut 217 barils.

En donnant à la soute 4^m,98 de longueur, 3,68 de largeur et 2,48 de hauteur, on peut placer cinq antennes de neuf barils dans le sens de la largeur et cinq sur la hauteur, ce qui fait deux cent vingt-cinq ; il reste donc de l'espace pour huit barils dans la dernière antenne, et de plus 1^m,83 sur la longueur ; cette espace est pour faire l'apprêté au milieu devant le fanal. On met les caisses qui renferment les gargousses sur les côtés.

La soute de l'avant ne devant loger que de l'apprêté renfermé dans des caisses dont les dimensions sont réglées de concert avec la direction d'artillerie, il est aisé d'en établir la grandeur.

On détermine aussi la grandeur de la cale au vin et de la cale à l'eau pour mettre un nombre exact d'antennes dans la longueur de chacune d'elle, la soute au charbon, l'emplacement du magasin général, et les soutes à biscuit.

Pour prévenir les difficultés qu'on peut rencontrer dans le cours d'une construction, et éviter les inconvénients qui peuvent résulter, soit lorsqu'on est obligé de couper des couples pour percer les hublots, les dalots et placer les orgues, de déplacer des baux, etc., on suit les préceptes suivans qui sont les résultats de l'expérience.

1.° On trace le maître couple qu'on juge le plus convenable au bâtiment qu'on veut construire; ensuite la quille, l'étrave et l'étambot sur le plan diamétral; on trace aussi la projection de la flottaison, supposée horizontale, sur ce dernier plan, et on abaisse des perpendiculaires des extrémités de cette ligne sur la quille, ensuite on fixe la position du maître sur la quille, et on trace la ligne de flottaison sur le plan horizontal.

2.° On fait perpendiculairement à la quille une suite de sections verticales équidistantes entre les perpendiculaires abaissées des extrémités de la flottaison en dehors des bordages sur la quille, le bâtiment supposé en charge. Le nombre de ces sections qui ne doivent servir qu'au tracé du projet et aux calculs est arbitraire; il est impair si on fait les calculs par la méthode des arcs de paraboles. La distribution doit toujours être faite de façon qu'une section passe par le milieu de la flottaison, afin de calculer le déplacement de l'avant et celui de l'arrière séparément.

3.° On construit une suite de sections horizontales équidistantes entre la flottaison et l'arête inférieure de la râblure de la quille: ces lignes d'eau sont hors des membres; on porte les points de ces sections sur le vertical.

4.° On établit les lisses obliques sur le plan du maître, et on les construit suivant leur véritable grandeur dans leurs plans rabattus sur le plan horizontal ; on trace aussi les projections de ces lisses, et on les met d'accord avec les lignes d'eau.

5.° On forme l'accastillage en donnant une tonture convenable au fort et au premier pont sur le plan médial, et on trace les projections de la lisse de plat-bord. Entre le fort et la lisse de plat-bord, on place deux lisses au carré, et davantage pour un grand vaisseau, c'est à volonté, mais il ne faut pas faire une dépense inutile ; on trace ces lisses sur le vertical et on détermine leurs projections sur les plans horizontal et médial, on rapporte les points sur le vertical et on corrige le tracé. On fait de même pour le livet du pont et les lisses à double courbure, de façon que la surface soit continue. On fait aussi dans la carène des sections parallèles au plan diamétral ; elles donnent les équerrages des barres.

6.° On marque la hauteur de la batterie au milieu, et on mène une ligne parallèle au livet du pont ; cette ligne indique le can supérieur des seuillets de sabords. On marque les hauteurs des entre-ponts d'après les épaisseurs des baux et des barots, et on trace tous les ponts parallèlement au premier.

7.° On marque les préceintes sur le maître, et on fait la division des virures de bordages qui diminuent à leur can d'en bas de 6 à 7 mill. à partir de la troisième virure de préceintes, jusqu'à ce que l'épaisseur soit réduite à celle du bordage du fond ; on marque les aboutissemens de tous ces bordages depuis la flottaison jusqu'à la râblure de la quille, sur les râblures d'étrave et d'étambot, sur la feuillure de la lisse d'hourdi, ou sous les préceintes, si le bâtiment est à poupe ronde ; ensuite on détermine par une opération graphique bien simple les sections faites en dehors des bordages. On les marque seulement par des tirets sur les sections transversales dans le plan des lignes d'eau.

8.° On fait le relevé des ordonnées en dehors des bordages, et on calcule le déplacement de la partie avant, celui de la partie arrière, la différence et la somme, puis on corrige le tracé, selon qu'on a trop ou pas assez de volume, et d'après les principes exposés précédemment. On cherche la position du centre de carène, celui de la flottaison et la stabilité par les méthodes exposées dans la première partie, et on juge si le tracé est bon et si l'ensemble est conforme aux principes que nous avons établis.

9.° On fixe la position des mâts et leur grandeur, ainsi que la voilure, d'après ce qui a été dit dans la première partie sur la position du centre de voilure et la stabilité sous voile.

10.° La division des sabords et la distribution des chaînes de haubans doivent être faites de manière que les sabords soient en échiquier.

11.° Les cans des sabords devant être ceux des couples, la distribution des couples de levée est déterminée ainsi que celle du boisage : c'est-à-dire, que cette distribution est liée à celle des sabords.

Distribution des couples.

12.° On distribue les emménagemens du faux pont conformément au règlement du mois d'avril 1825, arrêté par le Roi, et on marque la position des hublots qui doivent correspondre au milieu des chambres, ou un peu sur le côté; celle des dalots dans la batterie, de manière qu'un dalot ne soit pas au-dessus d'un hublot et qu'on ne soit pas obligé de couper dans les couples de levée, on marque aussi la position des orgues; il y a quatre ou cinq hublots de chaque côté, et un dans la gatte.

13.° On marque la grandeur de l'archipompe, l'emplacement du four, des écoutilles, de la drome, de la cuisine, des cabestans et des bittes, et on fait la distribution des baux en ayant encore égard aux courbes naturelles, d'assemblage ou à taquet qu'on veut

Distribution des baux.

employer et les faisant porter sur des couples pour avoir du chevillage, les sabords devant toujours être parés, c'est-à-dire que les courbes ne doivent point gêner les crocs et la manœuvre, et qu'on doit éviter d'avoir recours aux courbes dévoyées, du moins en partie autant que faire se peut.

14.° Si le bâtiment est à poupe carrée, on trace la lisse d'hourdi sur les trois plans rectangulaires, la face supérieure formant seuillets de sabords dans les vaisseaux. Dans les frégates, corvettes et autres petits bâtimens on la met au-dessous du pont de manière à laisser l'espace nécessaire au passage de la barre de gouvernail entre la lisse d'hourdi et le dessous des baux.

Il est bon de renverser le bouge de la lisse d'hourdi dans ces derniers bâtimens, afin d'élever d'avantage les hanches et les bouteilles sans tonturer trop le bâtiment. L'estain de projection étant déjà tracé, on trace celui d'exécution ou *l'estain vrai*, la voûte et les bouteilles.

Lorsque le bâtiment est à poupe ronde, on trace deux apôtres qu'on fixe de chaque côté de l'étambot, au moyen d'entailles et de chevilles. Tous les couples de cette partie doivent être dévoyés et former les cans des sabords de l'arrière, on les dispose en éventail.

15.° A l'avant on marque les écubiers, de façon qu'ils aient leur can inférieur à la hauteur des seuillets de sabords, l'élançement de la guibre, et on trace le taille-mer, les jotteraux, la capucine et la grande herpe. Cette dernière doit être fixée sous le bossoir, à une distance de la muraille qui permette l'établissement d'une latrine. On marque les ouvertures pour le passage des lières de beaupré. Les conduits des latrines de la poulaine doivent passer entre les lières, afin de moins salir l'avant du bâtiment.

16.° On marque la soute à poudre de l'avant, le magasin général, la soute à charbon, la cambuse, les cales à l'eau et au vin, la

soute aux poudres de l'arrière, les soutes à farine et à biscuit et les soutes à légumes, on fixe la répartition du lest et l'arrimage des caisses à eau de manière à ne pas avoir d'espace perdu.

Ces conditions principales étant satisfaites on arrête le projet et on en fait le devis.

Tracé à la salle.

Le bâtiment étant plus fin dans ses fonds à l'arrière qu'à l'avant, on le met en chantier la poupe du côté de l'eau, afin que dans le lancement cette extrémité ne soit pas trop soulevée avant que l'autre flotte, ou que celle-ci ne s'appuie que le moins possible sur l'avant-cale, de manière à ne pas fatiguer les liaisons du navire.

En plaçant ainsi la proue sur la partie la plus élevée de la cale, il est évident que c'est par elle qu'il faut commencer la construction, parce qu'en allant de l'étrave à l'étambot, les couples sont plus faciles à traverser et à monter, et les bigues plus aisées à mouvoir.

Il est rare que la longueur de la salle des gabarits permette de tracer un vaisseau entièrement, ce qui oblige à diviser l'opération en deux. En commençant par la proue, on trace d'abord le maître et on place les lisses obliques sur le vertical.

On trace ensuite l'étrave et la quille qu'on prolonge au-delà du milieu du vaisseau autant que la salle le permet. On fait la distribution des couples, et on trace les lisses obliques dans leurs plans rabattus sur le plan horizontal; les projections horizontale et verticale de la lisse du fort, de la lisse de plat-bord, du livet du pont et des lisses au carré; puis on rapporte les points de ces lignes sur le plan du maître, et on trace les couples au moyen de lattes flexibles.

On trace aussi les lignes d'eau sur le plan horizontal, et on marque sur le même plan les sections transversales qui ont servi aux calculs de déplacement et de stabilité, on construit graphiquement les épaisseurs des bordages, et on fait le relevé des ordonnées en dehors des bordages.

Pour ménager les échantillons des bois le plus qu'on peut, on dévoie les couples des extrémités : c'est-à-dire, tous ceux qui ont de l'équerrage. Pour cela, on fait tourner le plan du couple perpendiculaire à la quille autour de la verticale élevée tangentielle-ment au gabariage de ce couple, à la hauteur du seuillet de la 1.^{re} batterie, jusqu'à ce qu'il devienne normal à une lisse moyenne prise de manière à exiger des bois de la plus petite grosseur pour fournir le couple et à envoyer le talon sur la quille. On construit ensuite ce couple dans son plan suivant sa véritable grandeur.

Lorsque le tracé de l'avant est achevé, on relève les équerrages, et on fait les gabarits des couples et du bout de l'avant des lisses. On doit avoir soin de rectifier les lisses à double courbure du fort et de plat-bord, afin que les points des couples marqués sur les gabarits des lisses correspondent bien aux couples lorsque ceux-ci seront montés et les lisses mises en place. Faute de ce soin, on sent que les gabarits exécutés sur la projection horizontale de ces lisses les rendraient trop courtes. On doit aussi prendre l'équerrage de la tête de chaque lisse, afin qu'elle joigne bien dans les râblures de l'étrave et de l'étambot.

Ce travail fait, on peut commencer la construction en même tems qu'on trace la partie de l'arrière.

Construction.

Lorsque les gabarits de l'étrave, de l'étambot, des couples et des lisses sont achevés, que les planches d'ouvertures sont faites ;

que les équerrages des pièces qui entrent dans la structure du vaisseau sont relevés sur des tablettes et que les devis des échantillons et de main-d'œuvre sont approuvés, on rassemble sur le terrain les matériaux nécessaires à la construction.

On observe aux élèves combien il importe de reconnaître la solidité du terrain qui doit supporter l'édifice, et de sonder le fleuve, ou la mer, dans la direction que le bâtiment doit suivre afin d'être sûr d'avoir assez d'eau. On leur fait connaître les cales exécutées en France et celles que la marine française a construites à Anvers : neuf rangs de longuerines, réunies par des écarts et chevillées, sont élongées sur le terrain dans toute la longueur de la cale dont la pente est d'un douzième de la longueur, et sur une largeur de six mètres environ ; ces pièces sont recouvertes par des transversales entaillées à épaulette et placées à un mètre de distance de centre en centre ; sur ces dernières on place un lit de longuerines parallèles aux premières, et on applique par dessus des transversales entaillées à épaulette avec les longuerines et chevillées avec le système. On place sur les côtés des listeaux entaillés et cloués sur les transversales, et soutenus en dehors par des taquets, leur distance intérieure est égale à la largeur du berceau. On met ensuite du bordage de 11 centimètres d'épaisseur sous les anguilles. Quand on construit sur une cale neuve, les listeaux et les bordages ne sont mis qu'un peu avant la mise à l'eau.

Si le fond est dur, il suffit d'un lit de longuerines et un de transversales.

On fait connaître les cales établies sur trois murs parallèles ; la distance que doivent avoir ces murs auxquels on donne ordinairement un mètre d'épaisseur, afin que les anguilles portent sur ceux de côtés. On distingue la cale de construction qui supporte le vaisseau jusqu'au moment du lancement, de l'avant-cale sur laquelle

il doit glisser pour aller à la mer, et on fait voir comment on peut terminer le mur du milieu en arrière de l'extrémité de l'avant-cale, afin de former une petite cunette qui empêche le talonnement du brion contre la dernière transversale lorsque la marée ne monte pas assez, le lancement se faisant sur un berceau ; que le bâtiment s'appuyant sur les colombiers qui sont à la proue lorsque la poupe est soulevée, une longue cunette est inutile pour prévenir le talonnement, et qu'elle rend le remontage du bers très-difficile : de plus elle a l'inconvénient de ne pas permettre le remontage des bâtimens sur le chantier,

Chaque mur est recouvert par trois rangs de longuerines dans toute sa longueur, chevillées avec des billots établis dans les murs et liées par des chevilles qui les traversent horizontalement aux écarts.

L'établissement des chantiers sur les transversales se fait de manière que celui d'en bas laisse à peine toucher par l'eau l'extrémité de la quille ou le talon de l'étambot, à la mer haute ; les chantiers sont à deux mètres de distance de centre en centre, ils sont composés de plusieurs pièces, la pièce supérieure s'appelle *tin*, elle est sciée en dessous par le milieu en travers jusqu'à la moitié, afin d'être facile à fendre quand on veut la retirer. On pourrait mettre les tins supérieurs en coin, ou prisme quadrangulaire, dont un bout serait tenu par un listeau, le tin du chantier suivant étant en sens contraire, ils ne tendraient pas à glisser. C'est ainsi que l'ont pratiqué les hollandais.

La quille est composée de plusieurs pièces réunies par des écarts travaillés de façon à réduire à un tiers de la hauteur l'extrémité de chaque pièce, la longueur de chaque écart, qui est de 1,70 à 2,25 mètres, ne doit être fixée rigoureusement que d'après la longueur des pièces qu'on peut se procurer, afin qu'une petite différence n'exige pas l'emploi d'une pièce de plus. Lorsque l'échan-

tillon des bois ne peut donner à la quille toute la hauteur qu'elle doit avoir, on place sur la face supérieure une contre-quille qui fournit une partie de la râblure. Ce travail se fait sur les chantiers.

On travaille en même tems le brion, pièce qui est partie rectiligne et partie curviligne, et qui finit la quille et commence l'étrave.

Les râblures et les écarts étant confectionnés, on retourne ces pièces sur les tins, on lève le brion, et on fait l'assemblage au moyen de bridoles ou roustures, après avoir mis de la peinture et du goudron dans les écarts, et de la frise si l'on veut. Ensuite on met à chaque écart trois chevilles en cuivre dont la tête est en bas et goupillées sur virole en haut, et un clou en cuivre à chaque extrémité de l'écart.

On place par-dessus la quille la contre-quille, elle est composée de plusieurs pièces d'épaisseurs différentes posées bout-à-bout et croisant les écarts de la quille. Ces pièces sont tenues par des clous et des gournables; celle qui est à l'avant s'écarve avec le bout d'en bas de la contre-étrave.

Le doublage en cuivre devant envelopper la quille, lorsque le bâtiment ne doit pas entrer dans un bassin, ni être viré en quille, on met sur la face inférieure de la quille, avant de la monter, des feuilles de cuivre qu'on replie sur les faces latérales et on place la fausse quille, alors la carlingue, les varangues et la quille sont traversées par des chevilles à grille en cuivre à pointe perdue; mais si le vaisseau doit entrer dans un bassin, il est mieux de river sur virole les chevilles sous la quille, et encore mieux sur la carlingue, du moins autant que faire se peut; alors on ne met ni doublage ni fausse quille, cette opération est faite au bassin. C'est le procédé qu'on suit maintenant à Brest.

Quand on ne trouve pas de brion, on fait à l'extrémité de la quille une mortaise, et à l'étrave un tenon pour s'y loger, et

on consolide la liaison de ces deux pièces par deux plates blandes en cuivre entaillées dans leurs faces latérales et traversées par des chevilles en cuivre (on ne met jamais du fer en contact avec du cuivre dans l'eau, car il devient mou comme de la pâte); on met ensuite dans l'intérieur du navire une courbe qui sert de brion.

L'étrave est comme la quille, composée de plusieurs pièces qui se travaillent et s'assemblent de même par des écarts dont la longueur est entre les $\frac{2}{3}$ et les $\frac{3}{4}$ de ceux de la quille, suivant les pièces; elle a ses râblures; ses faces latérales sont dans deux plans verticaux parallèles; et les faces extérieure et intérieure sont des surfaces cylindriques données par le gabarit du tracé. En dedans on met une contre-étrave formée de plusieurs pièces qui croisent les écarts de l'étrave, et qui se réunissent par des écarts moins longs que ceux de l'étrave; elles sont liées à l'étrave par des chevilles en fer et des gournables; les chevilles qui sont au-dessous de la flottaison, au nombre de cinq à six, ne sont là que provisoirement, plutard on a soin de les retirer et de les remplacer par des chevilles de cuivre frappées par dehors et rivées en dedans; cette opération se fait quand on met le taquet et le taille-mer.

On applique les apôtres sur les faces latérales, on les goujonne avec l'étrave, puis on fait la levée du système d'étrave sur la quille et on l'accore de chaque côté, en dehors et en dedans. Il y a des ports où l'on ne place point les apôtres sur l'étrave avant sa levée, et c'est le plus grand nombre, on les met avec le boisage des écubiers.

Toutes les pièces des couples de l'avant sont mises en chantier; chaque couple est composé, comme nous l'avons dit au commencement, d'une varangue plate, acculée ou d'assemblage,

d'une demi-varangue *ou* oreillers, deux genoux, deux premières alonges, deux deuxièmes alonges, etc., jusqu'au plat-bord, arrangées sur deux rangs parallèles. L'assemblage se fait sur des chantiers ou billots horizontaux au moyen des planches d'ouvertures faites sur le tracé à la salle. On confectionne les oreilles et les épaulettes *ou* entailles à margouillet du talon de chaque couple à varangue plate ; on place des dés entre les varangues d'assemblage *ou* les fourcats et leurs oreillers, puis on façonne un tenon au talon et une mortaise dans la contre-quille ; les dés remplacent les assemblages à pate-de-loup. Les alonges qui ont un point d'inflexion sont appelées *alonges de revers*.

Les varangues, demi-varangues, genoux et alonges, sont tenues ensemble par des gardes placées sur les joints, sur les faces latérales et sur la face extérieure ; ces gardes sont fixées par quatre à cinq clous à taquet sur chaque pièce de membrure, on met un sabot au talon. Les lisses sont en même tems confectionnées suivant leurs gabarits et leurs équerrages.

L'assemblage des couples étant fait ainsi, et l'ingénieur ayant fait la vérification tant de leur équerrage que de leur symétrie, il fait enfoncer trois chevilles en fer carré appelées *goujons* à chaque bout des pièces d'en bas, jusqu'à la deuxième alonge inclusive-ment ; attacher la première planche d'ouverture sur la face arrière ou avant de la deuxième alonge, selon que la varangue est en avant ou en arrière, sa place étant déterminée d'après la position des sabords, qui exigent que les alonges n'aient pas de joint dans la longueur du can de sabord. Les autres alonges réunies par des gardes sont détachées du couple pour l'alléger dans la levée. Souvent on ne monte pas la demi-varangue avec le couple, c'est dans le but de diminuer le poids et de faciliter la levée ; on monte la demi-varangue après, et on fait le perçage plus ou moins obliquement à la quille, selon la distance des couples ;

puis on met trois goujons à grille à chaque extrémité et trois au talon. Je crois qu'il vaut mieux cheviller cette pièce à terre et bien polir le dessous pour qu'elle porte exactement sur la contre-quille, le chevillage est meilleur et le couple est de suite perpigné.

Les couples 1 et 2 sont établis sur le maître ; quelquefois on ne met que deux couples de levée l'un sur l'autre, selon l'emplacement et le nombre des couples qu'on veut monter. Si l'on en met deux sur le maître, c'est 1 et 2, alors 3, 4 et 5 sont assemblés à part les uns au-dessus des autres, il en est de même de 6, 7 et 8, il faut avoir soin d'établir à tribord et à babord les lits des couples en face des lieux où ils doivent être montés. De cette manière on dit que l'assemblage des couples est suivant le travail *en gras*, ou sous un angle obtus, il est *en maigre* lorsque la demi-varangue est à l'arrière pour les couples de l'avant et à l'avant pour ceux de l'arrière. On doit éviter ce dernier arrangement parce que le travail est plus difficile.

Les couples dévoyés sont assemblés chacun à part, sur des chantiers dont les plus élevés correspondent au centre du couple ; c'est-à-dire, qu'ils sont vers le fort ou un peu au-dessous, ensorte que le talon et le bout de la dernière alonge de chaque côté, sont à la même hauteur.

On fait la distribution des couples sur la quille, ensuite on sépare les pièces composées des 3.^e, 4.^e, etc. alonges, liées par des goujons et des gardes, et on lève les couples qui n'ont plus que la première planche d'ouverture comme nous venons de le dire. On commence par l'avant et on fait aller les bigues vers le milieu.

Lorsque les couples de levée sont en grand nombre et par conséquent éloignés entr'eux de la largeur d'un sabord, on ne les traverse pas sur la quille : on les fait glisser sur un plan incliné qui repose sur elle et on les lève et traverse en même tems. On

retire ensuite le sabot qu'on a mis au talon du couple, on goudronne les entailles à margouillots *ou* le tenon avec l'entaille de l'oreiller et la mortaise, puis on fait descendre doucement le couple dans son entaille.

On fait le balancement et le perpignage, on accore et on présente les lisses; elles doivent passer par les points marqués sur les gabarits à la salle, et par suite sur les couples. On met des traverses pour tenir les couples à égale distance de chaque côté; on accore ensuite sous les lisses après qu'elles sont attachées. Les bigues sont ensuite transportées vers l'avant; on traverse les pièces d'alonges, savoir: celles qui doivent être placées à tribord sont traversées à bâbord, leur extrémité supérieure sur la quille, et celles de bâbord ont leur bont supérieure sur la quille à tribord. Elles ont toutes leur face intérieure en haut. On monte ces pièces. (*)

Les couples de l'arrière sont mis en chantier comme ceux de l'avant, mais avec cette différence: que les bigues devant continuer de courir du milieu vers l'arrière, le couple 1 est sur le couple 2, le 3 sur le 4 et ainsi de suite, afin que la demi-varangue soit en dessus et que le travail soit en gras, alors la levée s'effectue en faisant tourner les couples. Les couples dévoyés sont assemblés chacun séparément, le dernier, ou les estains sont sur les barres d'écusson.

L'étambot, le contre-étambot intérieur, la barre d'hourdi, les barres d'arcasse et de pont, les barres inférieures nommées *barres d'écusson* et le fourcat, sont travaillés en même tems, et toutes les pièces d'arcasse sont assemblées et chevillées sur le chantier. Tout ce système de pièces nommé *l'arcasse*, est monté sur la quille, et s'unit à elle au moyen d'un tenon et d'une mortaise, on le balance et on l'accore. On place ensuite une courbe nommée courbe d'étambot; elle a une de ses branches sur la contre-quille

Assemblage
des estains et gardes
d'estains avec les
barres d'écusson
et d'hourdi.

(*) Si la demi-varangue n'est pas avec le couple, il faut la monter et la chasser à coup de masse dans l'entaille carrée de la contre-quille.

et l'autre sur la face du contre-étambot ; cette dernière monte jusqu'au fourcat , ensorte que la courbe lie la quille avec l'arcasse. La levée des couples de cette partie du bâtiment peut aussi se faire en commençant par l'arrière lorsque l'arcasse est en place , c'est à volonté.

Dans les bâtimens à poupe ronde , on met deux apôtres entaillés à leur pied avec l'étambot et chevillés transversalement.

Après avoir balancé et perpigné avec soin , on arrête les lisses et on met les accores. On monte les alonges en commençant par l'avant ; (*) on tend pour cela une chaîne en fer pour les tenir depuis l'étrave jusqu'à l'étambot ; des traverses les lient entr'elles et les maintiennent à égale distance des deux côtés. On place les planches d'ouvertures et on met les goujons qui doivent lier les 2.^{m^es} et 3.^{m^es} alonges : trois à chaque bout d'alonge. Ordinairement les alonges de la partie de l'avant sont montées aussitôt que les accores sont en place , et celles de l'arrière le sont après la levée de l'arcasse et des couples.

Lorsque les pompes doivent aller sur le bordage de la carène , on met aux varangues où elles doivent aboutir , des gournables au lieu de goujons ; on fait la même chose aux alonges à la hauteur des ponts , afin de ne pas rencontrer de fer dans le perçage des fourrures de gouttières.

Maintenant on présente toutes les lisses depuis la deuxième alonge jusqu'en haut ; on suspend des plombs à des cordes qui passent par le milieu des planches d'ouvertures et qui descendent sur le milieu de la carlingue , on s'assure du balancement et du perpignage et on arrête ces lisses.

Des échafauds à plusieurs étages sont en même tems établis autour du vaisseau ; ils facilitent la mise en place de diverses pièces. Ces échafauds sont soutenus par des pièces de menues mâtures nommées *demoiselles* dont le nombre est à-peu-près égal à celui

(*) Si les alonges de l'avant sont déjà en place on continue , du milieu à l'arrière.

des sabords ; des traverses attachées aux demoiselles et sur les couples soutiennent les planchers. Ils doivent être solides pour prévenir les accidens.

Le vaisseau est soutenu par les chantiers et par trois rangs d'accores dont chacun est composé d'un nombre égal à celui des sabords. On en met quelquefois d'avantage, cela dépend du fond.

Vers le milieu du navire, du côté du chantier, on laisse une ouverture pour entrer dans le bâtiment et y passer toutes les pièces de l'intérieur. Cette ouverture commence au bout de la varangue et va jusqu'à la 3.^e alonge ; on démonte les 1.^{re} et 2.^e alonges d'un des couples de levée qui se trouve dans cette partie et on établit un plan incliné qui repose d'un bout sur le terrain et de l'autre sur le bout des varangues. On place les pièces démontées et qui restent liées par des gardes sous le plan incliné pour y demeurer pendant la construction.

On fait la distribution des couples de remplissage : ce sont des couples composés comme les couples de levée ; on les assemble sur la contre-quille et les lisses, ils sont goujonnés sur le côté, c'est-à-dire, presque diagonalement. On marque la position des écubiers en plaçant leur can d'en bas à la hauteur des seuillets de la première batterie.

Dans les frégates et les petits bâtimens on met souvent au lieu de couples de remplissage composés de deux rangs de membrure, un seul rang de pièces formé d'une varangue et d'alonges posées bout à bout, avec des clés aux écarts.

Il convient ici de parler de l'arrière. Lorsque le bâtiment est à poupe ronde, les remplissages de cette extrémité sont façonnés comme ceux de l'avant, la courbe d'étambot étant mise en place ; mais quand le bâtiment est à poupe carrée il faut que la courbe d'étambot aille jusqu'au-dessous du fourcat ou de son oreiller,

et que sa branche horizontale soit comme pour la poupe ronde, et qu'elle joigne avec la contre-queue ; que sur le massif gournablé sur cette branche on fasse reposer les talons des couples de remplissage mis entre le dernier couple de levée et l'estain et que d'autres massifs soutiennent le fourcat par des branches placées comme les couples. On fait le boisage entre le dernier couple de levée et l'estain, et on met les alonges de cornières.

Sur les extrémités de la lisse d'hourdi, on place les jambettes de voûte ou quenouillettes de côté qu'on cloue avec les lisses prolongées, puis à la hauteur du deuxième pont, dans les vaisseaux, on met à l'angle de la voûte une corniche ; on en met de même à la hauteur des ponts supérieurs. Ces corniches ont deux bouges, l'un vertical suit celui des baux, l'autre horizontal détermine la convexité de la saillie de la voûte ; elles sont prolongées de chaque côté de toute la largeur des bouteilles.

On place les jambettes de voûte et les quenouillettes de tableau, intermédiaires à celles de côté, en marquant les cans des sabords de la poupe et on fait le remplissage suivant le système de boisage adopté, tant à la poupe qu'entre l'alonge de cornière, la jambette et quenouillette de côté, tribord et bâbord.

Trois goujons qui traversent la jambette de côté sont clavetés dans la maille sur le dernier couple de levée ou sur celui de remplissage, les jambettes intermédiaires sont chevillées avec les deux baux de l'arrière.

Ce travail fait, le bâtiment est monté en bois tors. On le laisse sécher sur le chantier. Avant d'abandonner ainsi le bâtiment nous pensons qu'il serait bon de présenter les fourrures dans les défournis ; de travailler et de présenter aussi les cinq rangs de clés qu'on doit enfoncer entre les membres, savoir : un rang au milieu, un rang à l'extrémité des varangues, de chaque côté, et un rang à mi-

distance du plan diamétral et du bout des varangues dans les bâtimens dont le fond n'est pas rempli; de travailler et de présenter les pièces de remplissage en dedans et en dehors des membres des bâtimens dont le fond doit être rempli, afin que ces bois puissent sécher en même tems que la membrure : on enfoncerait ces pièces en reprenant le travail de l'intérieur. Ces remplissages qui sont de deux pièces frappées les unes par dedans, et les autres par dehors jusqu'à se joindre, seront calfatées après le parage et on mettra du brai sur les coutures, tant en dedans qu'en dehors, afin d'empêcher l'eau de pénétrer.

Toiture mobile qui couvre le vaisseau depuis la levée des couples jusqu'à la mise des mâts en place.

Lorsque le bâtiment n'est pas construit sur une cale couverte, aussitôt que les couples sont montés et que les lisses et les planches d'ouvertures sont en place, on le met à l'abri des intempéries des saisons en établissant par-dessus sa charpente une toiture mobile : cette toiture consiste en une faîtière horizontale située dans le plan diamétral et supportée par des montans placés à environ 3 mètres de distance. On les appuie provisoirement sur les planches d'ouvertures, qu'on a soin d'étaçonner, en attendant que les ponts soient en place; la faîtière est à 5 mètres de hauteur au-dessus des gaillards.

Toiture mobile.

Sur les alonges des couples, en dehors, on cloue des taquets sur lesquels reposent, au moyen d'une entaille, des montans éloignés entr'eux de 2^m, 92 à 3^m tout autour du vaisseau. Ces montans vont jusqu'à 2^m, 6 au-dessus des gaillards; ils supportent une lisse de contour sur laquelle des chevrons de 11 centimètres carrés sont entaillés à mi-bois, le bout d'en haut de chaque chevron, est entaillé sur la faîtière. Chaque chevron dépasse la lisse de 1^m, 63 pour former un abat-vent tout autour du bâtiment.

La distance entre ces chevrons est de 50 centimètres de centre en centre ; on met à leur extrémité en dehors une seconde lisse de contour , puis on lace sur cette lisse et on cloue par-dessus la charpente de la toile forte , et on y applique de la peinture ensorte que l'eau ne pénètre point à travers.

A deux mètres au-dessous de l'abat-vent , on place tout autour du vaisseau des auvens qui sont un peu plus inclinés que ceux d'en haut , ils ont une saillie de 3^m, 50 et sont soutenus par une lisse clouée sur le bâtiment et sur une autre lisse attachée à des pieds droits ou sur les demoiselles.

Tous les montans du faitage et de la charpente d'en haut doivent être déplacés les uns après les autres dans le cours de la construction , à la fin de la construction ceux du milieu reposent sur l'hiloire du milieu des gaillards , et ceux de côtés sur des taquets cloués sur le bordage à la hauteur des seuillets de sabords des gaillards.

Ce système de couverture est fort avantageux à l'état sous le rapport de l'économie. D'un autre côté, les ouvriers ne sont point gênés pour la levée d'un grand nombre de couples comme sur une cale couverte où l'on ne pourrait en lever autant ; puis le vaisseau étant lancé avec sa toiture , reste à couvert jusqu'à ce qu'il soit mâté , avantage précieux.

Travail
de l'intérieur.

Lorsque le bois est séché sur le chantier et qu'on reprend le travail du vaisseau , c'est par l'intérieur qu'il faut commencer. Nous avons dit que les fourrures devaient être mises dans les défournis et les clés présentées avant de suspendre la construction. Si ce travail n'a pas été fait il faut le faire en vieux bois sec , pratiquer les entailles dans les membres pour recevoir les clés dans les mailles. On répète d'abord le balancement avec soin et lorsque les clés du milieu sont présentées , on les fait battre avec des masses en donnant trois volées d'au moins trente coups chacune ,

et on les repasse jusqu'à ce qu'elles soient au refus. Des *lumières* ou *anguillères* sont pratiquées dans la partie inférieure de ces clés pour permettre l'écoulement de l'eau d'un bord à l'autre. On place ensuite les clés de côté et on les bat toutes ensemble par trois volées de trente coups. Elles ont aussi des lumières.

On met cinq
rangs de clés.

Si le fond doit être entièrement rempli, il n'y a que trois rangs de clés, sans lumières; on enfonce des pièces de bois bien sec dans les mailles en dedans et en dehors de manière que les deux pièces de la même maille viennent se toucher; (*) on coupe les têtes des clés et on répète le balancement général de tous les couples de levée, après quoi on fait le parage de l'intérieur de la cale. Voici comment se fait cette opération.

Les membres sont à leur point aux différentes lisses du moins au gabariage, car ailleurs on laisse quelque chose pour le parage. Sur les faces intérieures des membres qui correspondent à la lisse du fond ou à l'extrémité des varangues, par exemple, on assujettit une corde en suivant le contour de la lisse, on fait dans les membres des coches assez profondes pour les réduire à leur épaisseur, en ayant égard toutes fois, de laisser vers les cans quelque chose pour le parage extérieur, ce qui est indiqué par la lisse qui est appliquée exactement sur les membres, ce n'est qu'entre deux lisses qu'il peut y avoir du parage à l'extérieur.

Parage
de l'intérieur.

Lorsque la corde repose dans les encoches, elle doit avoir en tous sens une courbure bien uniforme et bien suivie; on marque avec du blanc le fond des coches et on partage proportionnellement les distances de la lisse sur chaque couple de levée au plan diamétral; par les points de division on fait passer une corde et on creuse des coches de manière à laisser aux membres une épaisseur

(*) En conservant tout l'échantillon qu'ont les pièces brutes sur le droit, les fourrures auront moins d'épaisseur, mais il faudra peut-être mettre cinq rangs de clés.

moyenne entre les points de la membrure sur la quille et au bout de la varangue ; la corde ayant comme la précédente un contour suivi , on marque de même avec du blanc le fond des coches , on fixe de même des cordes qui suivent le contour des autres lisses et on établit proportionnellement à leur distance à l'extrémité de la varangue , sur chaque couple , l'épaisseur moyenne entre les épaisseurs au bout de la varangue et au fort ; le fond des coches étant marqué , on enlève à l'herminette le bois intermédiaire et on rend la surface le plus unie possible. On s'assure du balancement.

Carlingue
et Marsouins.

On trace la carlingue et les marsouins qui sont sur le prolongement. La carlingue est composée de deux rangs de pièces parallèles réunies bout-à-bout , les écarts d'un rang croisent les écarts de l'autre ; autrefois on la faisait entrer dans des entailles de 8 à 9 centimètres dans les fausses varangues , massifs et bouts de genoux ; et on l'entailait elle-même pour enchâsser les varangues. Aujourd'hui on ne l'entaille plus afin de lui conserver toute sa force.

Les pièces de chaque rang , à-peu-près carrées , sont attachées à la quille par de fortes chevilles à grille en cuivre qui traversent les varangues d'une seule pièce , ou les oreillers , et vont se perdre à environ 8 centimètres au-dessus du dessous de la quille. Nous avons dit précédemment , qu'à Brest , on a commencé depuis peu à faire traverser les chevilles entièrement pour les river sur virole ; qu'on les chasse par-dessous la quille autant que l'espace le permet , ce système s'accorde bien avec la suppression des entailles de la carlingue , il s'oppose d'avantage à la flexion du bâtiment.

Des dés
sous la carlingue ,
les goujons hori-
zontaux sont inutiles.

Les deux rangs de carlingue sont , quelquefois , traversés horizontalement par des goujons vers les écarts au-dessus des membres et de distance en distance , de manière à être bien liés : ce travail se fait avant qu'on ait enfoncé les chevilles dans la quille. En conservant ainsi toute la force de la carlingue , je pense qu'il serait bon d'ajouter des dés en bois entr'elle et la membrure.

En allant vers les extrémités la carlingue se rétrécit dans les façons, on la travaille suivant des gabarits pour qu'elle s'ajuste bien dans les fourcats; elle se termine à l'avant et à l'arrière par des pièces courbes qu'on nomme *marsouins*; ces pièces croisent les extrémités de la carlingue quelquefois par un grand écart; chaque marsouin est ordinairement composé de deux pièces, les branches qui montent le long de la contre-étrave et du contre-étambot intérieur ne doivent être chevillées qu'après la mise en place du taille-mer et du contre-étambot extérieur, après qu'on a retiré les chevilles en fer qui liaient provisoirement une partie de ces pièces. Le diamètre des chevilles en fer au gros bout, est ordinairement entre le 12.^e et le 13.^e de l'épaisseur des bois dans lesquels on les enfonce; quand on les retire on agrandit le trou en même tems qu'on perce les pièces ajoutées et on passe par dehors des chevilles en cuivre dont le diamètre au gros bout est entre le 11.^e et le 12.^e de l'épaisseur du bois, le cuivre étant moins fort que le fer: ces chevilles sont rivées sur viroles. On donne les dimensions et les proportions des chevilles dans des états établis pour chaque rang de bâtiment.

Marsouins
appliqués sur
les extrémités
de la carlingue.

On fait le tracé des *serres d'empâtures*: ce sont des files de trois virures de vaigres plus épaisses que les autres, et qui croisent le bout de la varangue ou le milieu du genou, tribord et bâbord. On trace aussi les virures de *vaigres de fond* depuis les serres d'empâtures jusqu'à la carlingue, et quelques virures au-dessus des empâtures.

Serres d'empâtures.

Les pièces de vaigres doivent avoir leur face inférieure appliquée exactement sur la membrure, les faces supérieures formant la surface de la cale; elles sont terminées à chaque extrémité par un *plan de joint* normal à la surface intérieure des membres. Le vaigrage de fond se fait en plein dans les bâtimens dont les mailles sont remplies; mais dans ceux où elles ne le sont pas, on laisse de chaque côté de la carlingue des virures ou planches volantes

Vaigres de fond.

Des paracloses. qu'on lève à volonté pour nétoyer les mailles et les *lumières* ou *anguillers*. Ces vaigres volantes se nomment *paracloses*.

Anguillers
sous les vaigres.

On place les accotards ou clés entaillées légèrement dans les membres au-dessus de la virure supérieure des vaigres d'empâtures. Dans les bâtimens qui ont leurs mailles remplies, on place dans un certain nombre de ces mailles, au-dessus des accotards, des seuillets inclinés de dehors en dedans et légèrement entaillés dans les membres, afin que l'eau qui vient d'en haut sorte et coule sur les vaigres. On pratique ensuite des lumières sur la face intérieure des membres, à la hauteur du dessus des seuillets dont nous parlons, à l'avant et à l'arrière, par ce procédé l'eau des mailles où il n'y a pas de seuillets se rend dans celle où il y en a, et va au pied des pompes.

Les clés qui sont aux joints des membres à un seul rang au-dessus des seuillets ont des lumières qui permettent à l'eau de descendre.

Les vaigres de moindre épaisseur sont des pièces droites qui ont leurs cans travaillés suivant les équerrages pris sur la membrure dans l'espace que chacun doit occuper. On les applique sur les membres de façon à les faire toucher dans toute leur étendue, en les faisant plier à l'aide de bridoles et de coins disposés en sens contraire. Les pièces qu'on ne peut pas faire plier, telles sont les pièces de tour qui ont une grande flèche, sont confectionnées suivant des gabarits. Aussitôt que les serres d'empâtures sont en place, on fait au milieu et aux extrémités la distribution des virures de vaigres de fond et celles des côtés, depuis les serres d'empâtures jusqu'à la sous-bauquière du faux pont. Les virures qui deviennent trop étroites vers les extrémités sont réunies deux à deux par un crochet de façon à n'amener qu'une partie des virures vers les extrémités du bâtiment. On doit, pour la plus grande économie, régler les virures d'après le bois débité qu'on a à sa

disposition, de manière à n'avoir que le moins possible à enlever. On a soin de placer les joints des vaigres sur la membrure et de les faire croiser d'une virure à l'autre, de manière que ce ne soit qu'après un certain nombre de virures qu'un autre joint se trouve sur le même membre.

Chaque virure étant terminée par deux cans, deux plans de joints normaux à la surface intérieure des membres et deux surfaces dont l'une qui est convexe s'applique sur celle des membres et l'autre qui est concave fait partie de la surface de la cale. Voici comment on travaille une pièce d'après l'espace qu'elle doit occuper. Supposons que ce soit une virure qui ne puisse pas être pliée : les traces des plans de joint étant marquées comme il vient d'être dit, on plante deux broches ou deux clous aux points où doit aboutir l'arête inférieure du can supérieur de la virure, à l'un des bouts est un charpentier qui tient une ligne tendue sur les deux broches et vers le milieu un autre charpentier pose sur la membrure une équerre à angle droit de manière que l'une des branches rase la ligne et il marque le sommet de l'angle de l'équerre. Si l'on imagine un plan mené par la ligne tendue et par la normale au point qui vient d'être marqué, ce plan va couper la surface intérieure des membres suivant une courbe que les deux charpentiers déterminent aisément : ils posent sur les membres des fausses-équerres dont l'une des branches rase la ligne, ensuite l'un d'eux dispose ces branches de façon que celui qui est au bout de la ligne les voie toutes dans le plan mené par la ligne et la normale. Ils marquent sur les membres le sommet de l'angle de chaque fausse-équerre, tracent la courbe et relèvent sur une planche légère les distances des points où les fausses-équerres ont été posées et les angles formés par les branches ; ensuite ils font le gabarit de la courbe qui indique le contour de la face convexe de la pièce. Les quatre arêtes sont déterminées comme il suit : on prend une latte bien flexible

Détermination des arêtes d'une pièce de tour placée entre deux autres.

et on la place sur les membres dans le lieu que doit occuper la virure, on la fait fléchir sans la gêner jusqu'à ce qu'elle s'applique exactement sur les membres, et après l'avoir assujettie pour l'instant, on mesure la distance du can supérieur de la latte à l'un des cans de la virure en différens points, ceux qu'on a déjà marqués, ensuite on prend les largeurs de la virure aux mêmes points et les équerrages des deux cans lorsque la virure est placée entre deux autres qui sont déjà en place.

Tout cela fait, les charpentiers retirent la latte et la transportent, avec le gabarit du contour et la planche sur laquelle sont les distances des joints et les équerrages, sur la pièce brut; ils tracent avec de la craie le contour du gabarit et marquent les équerrages du can supérieur en faisant des coches, puis ils travaillent la pièce sur le tour; c'est-à-dire qu'ils forment les faces convexe et concave. Ensuite ils appliquent la latte sur la face convexe et l'y assujettissent sans la tourmenter, et ils marquent les arêtes des cans de la virure d'après les ordonnées et les équerrages déterminés.

Les virures de vaigres moins épaisses et qu'on peut plier, se déterminent facilement au moyen de la ligne à buquettes dont nous parlerons à la mise en place du bordage extérieure. Ces pièces pliées sur les membres avec force ne s'opposent nullement à la flexion du vaisseau, au contraire elles tendent à se redresser, de sorte que celles du fond agissent pour faire arquer le vaisseau; elles sont fixées aux membres par deux clous en fer à chaque extrémité et un sur chaque membre intermédiaire. C'est ici que les étuves cylindriques à vapeur présentent une grande économie, on peut plier toutes les vaigres du fond et même les pièces de tour en élevant la vapeur à une forte tension et en les pliant sur des moules, au moyen de machines disposées à cet effet. Le port de Lorient a déjà donné de bons résultats, et celui de Brest qui vient de construire une étuve à l'instar de celle de Lorient, en obtient

Avantages des
étuves cylindriques
à vapeur.

déjà sous le rapport de l'économie et de la facilité d'avoir des liaisons qu'on n'obtenait qu'en coupant le fil des bois de grandes dimensions. Les expériences qu'on trouve dans le traité de la conservation des bois de Duhamel sont en faveur des étuves. Dans ce tems la caisse était parallépipédique, et avait par conséquent le défaut de laisser dissiper la vapeur par les joints des bordages. MM. les ingénieurs des constructions navales à Lorient, ont obvié à ce principal défaut, en construisant des étuves cylindriques en bois bien cerclé et en les fermant par un procédé qui ne laisse rien à désirer; ils ont de plus installé ces étuves de façon à pouvoir être transportées d'un lieu dans un autre selon les besoins du service, perfection qui me paraît offrir des avantages immenses.

On fait connaître ce système d'étuve avec détail, et les précautions à prendre pour plier les pièces en sortant du cylindre; qu'une grosse pièce ne doit être mise à l'étuve qu'après avoir été travaillée suivant les dimensions qu'elle doit avoir en place et garnie sur sa face convexe d'un feuillet, de bois d'orme, si l'on veut. Lorsque la pièce est pénétrée par la vapeur à forte tension et qu'on vient à la faire plier, les fibres ligneuses ayant perdu leur adhérence entr'elles par la fusion de la matière gélatineuse, glissent les unes sur les autres et reprennent leur cohésion dans la position où elles se trouvent après la flexion, à mesure que la substance se solidifie, et la pièce ne fait plus aucun effort pour se redresser. Que c'est en construisant des moules propres à donner tous les contours des vaigres et des bordages extérieurs et des machines à plier, qu'on parviendra à remplacer une grande quantité de bois courbes par des bois droits qui en prendront les formes. On continue le parage des membres jusqu'au-dessus de la hauteur du premier pont.

Machines
à plier les bois.

Les points du livet du pont ont été relevés à la salle, ils sont marqués sur l'étrave, l'étambot et les couples; mais comme la charpente peut s'être affaissée, on ne doit pas compter sur ces

Tracé du livet
du pont.

points. On vérifie le balancement, le creux au milieu et aux extrémités et on force les accores s'il est nécessaire, puis on tend une ligne horizontale transversalement au milieu, et par tous les points marqués sur les couples on fait passer des règles appliquées bout-à-bout sur l'intérieur des membres, le can supérieur étant au livet du pont; on s'assure avec soin du creux, et que la ligne tendue est parfaitement horizontale. Ensuite on tend une seconde ligne dans le plan du gabariage d'un couple quelconque sur le can supérieur des règles, et on la rend horizontale au moyen de la première, en regardant ces deux lignes et variant les hauteurs de la seconde jusqu'à ce qu'elle soit dans un même plan que l'autre, puis on élève ou descend les règles suivant qu'elles l'exigent pour toucher la seconde ligne. On fait la même opération au gabariage de chaque couple, alors les règles se trouvent placées de façon que si l'on fait mouvoir sur leur can supérieur une droite horizontale perpendiculaire au plan diamétral parallèlement à elle-même, elle engendre une surface cylindrique dont l'intersection avec la surface intérieure de la muraille est le *livet du pont*; ainsi les règles marquent le dessus des baux à bord. La ligne du dessus des baux dans le plan diamétral est donnée par les points du livet à l'étrave, l'étambot ou à la barre de pont, et par le bouge du maître bau qu'on a tracé à la salle au moyen d'un cercle décrit d'un rayon égal au bouge. C'est sur ce bau dont on a fait le gabarit à la salle qu'on détermine le bouge des autres baux.

Le livet est le dessus des baux à bord.

Détermination du bouge des baux.

Le bouge du maître bau doit être assez grand pour que l'écoulement de l'eau se fasse du milieu vers les côtés, et la tonture du pont doit être établie de façon que le bâtiment supposé naviguer avec la différence qu'il doit avoir, les eaux de l'avant et de l'arrière coulent de chaque côté vers le milieu pour sortir par les dalots.

A une distance du livet égale aux $\frac{2}{3}$ de la hauteur des baux, et en contre-bas du livet, on trace sur la muraille une ligne

parallèle à ce dernier ; cette ligne marque le can supérieur d'une ceinture qu'on nomme *bauquière*, et on entaille les baux dans cette pièce, de $\frac{1}{3}$ de leur hauteur ; ces entailles sont à queue d'aronde. Les bâtimens ayant de la rentrée, exigent que les baux soient en place avant la *bauquière*. Pour cela, on établit sur la muraille une file de tringles en bois qui ont leur can inférieur placé au ras de la ligne du pont, l'angle des deux faces dont l'arête est sur le livet est aigu. Ces tringles ont environ 8 centimètres d'écartement.

Tracé
de la *bauquière*.

On marque à bord la position des mâts, des écouteilles, des cabestans, du four, de la cuisine et des bittes, et on fait la distribution des baux qu'on marque avec leur largeur au-dessous des tringles. On observe que les baux du cabestan à rouage doivent être plus espacés que ceux du cabestan ordinaire. On relève la longueur des baux, en tendant une ligne d'un bord à l'autre, et on prend les équerrages de leurs extrémités. La virure qui est au-dessous de la *bauquière* est appelée *sous-bauquière*, on trace son can d'en bas parallèlement au livet.

Distribution
des baux.

Le travail des baux, *bauquières* et *sous-bauquières* se fait à terre, d'après les équerrages et les gabarits. Les pièces de *bauquières* s'assemblent quelquefois bout-à-bout, d'autres fois par des écarts dont les plans de joint sont verticaux ou horizontaux en crémaillère, c'est à volonté. Quelquefois les *bauquières* et *sous-bauquières* sont adentées : dans tous les cas les écarts ou les joints de l'une doivent croiser ceux de l'autre. On a soin de les goudronner comme on a fait pour ceux de la quille, l'étrave et les margouillots et tenons des couples.

Les baux sont composés, les uns d'une seule pièce, les autres de deux et trois pièces qui se réunissent par des écarts dont les plans de joint sont verticaux. Lorsque le bau est en deux pièces, l'écart a une longueur égale au $\frac{1}{3}$ de celle du bau ; il est fait avec

adent ; et afin de conserver aux pièces le plus de force possible, l'adent est fait de façon que la face latérale de l'une des pièces déborde celle de l'autre de 6 à 10 centim. environ, ce qui forme les oreilles du bau. Lorsque l'assemblage est fait, on lie les pièces sur les écarts par des goujons rivés et repartis convenablement, à environ 34 mill. de distance les uns des autres et enfoncés alternativement, l'un par la face avant, l'autre par la face arrière. Les baux du premier pont sont ordinairement en chêne, parce que ce bois résiste mieux au chevillage que le sap. Cependant on admet quelques baux de sap dans les petits bâtimens, mais on a soin de ne pas les placer dans le voisinage des mâts, des cabestans, des bittes, et de la grande écouteille. Les baux étant assemblés, on rapporte à leurs extrémités les équerrages.

Tracé du faux pont.

Tandis qu'on fait ce travail, on trace le livet du faux pont parallèlement au premier, la bauquière et la sous-bauquière ; on fait la distribution de ces pièces comme celle du pont, de manière que les joints ou écarts soient sur les membres et se croisent d'une virure à l'autre, et que les cans supérieur et inférieur soient perpendiculaires aux membres. On confectionne les pièces de tour, les guirlandes et leurs alonges, et on met toutes ces pièces en place ; les guirlandes s'appliquent sur les pièces de tour.

Les vaigres et les pièces appliquées dessus sont tenues par des clous en fer, en attendant le chevillage extérieur.

Je dis une fois pour tout, que toutes les chevilles frappées par dehors du bordage extérieur de l'œuvre vive sont en cuivre ; qu'il n'y a à la flottaison et au-dessous que les serres, sous-serres et les pièces de vaigres, qui soient attachées avec des clous en fer. Si l'on a mis provisoirement des chevilles de fer, comme dans la liaison de l'étrave avec la contre-étrave, on les retire pour en substituer d'autres en cuivre.

Un échafaud placé à 1^m.70 au-dessous du faux pont règne tout autour du bâtiment, intérieurement, on le descend à volonté. Lorsque les bauquières et sous-bauquières sont clouées, on

fait la distribution des virures de vaigres de la cale depuis les sous-bauquières jusqu'à la virure de dessus les serres d'empâtures où l'on s'est arrêté. On laisse une maille de la largeur d'une virure dans l'étendue des cales à l'eau et au vin , puis on met deux virures , ensuite on laisse une maille et l'on remet deux virures et ainsi de suite , jusqu'en bas , à partir de la sous-bauquière les vaigres diminuent de 6 millimètres à leur can d'en bas jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la vaigre de point.

On fait la distribution des baux du faux pont , en ayant soin de mettre d'accord avec ceux du premier pont , les baux des mâts , des principales écouteilles , des cabestans et des bittes , et en ayant égard à l'épaisseur et aux entailles de ces dernières , et aux épontilles à marches. On marque la place du gouvernail de rechange , du cable en fer et du four en avant de l'archipompe , la place de l'écouteille aux cables du premier pont en avant de la cuisine qui est placée de manière à ne pas gêner la drome et le petit cabestan dans les frégates. On met ordinairement à ce pont des baux en chêne vers les mâts , à la grande écouteille , au grand cabestan et aux bittes , et quelquefois à toutes les écouteilles principales , les autres baux sont en sap.

Baux du faux
pont.

Les baux du faux pont étant terminés à terre , on les hisse à bord le long d'un plan incliné qui passe par l'ouverture laissée au-dessus des empâtures des couples du milieu , et lorsqu'ils sont à côté de la place qu'ils doivent occuper , on façonne les queues d'arondes : ce sont des tenons à oreilles aux extrémités ; on fait dans la bauquière une entaille pour recevoir la queue d'aronde de manière que le bau descende de $\frac{1}{3}$ de sa hauteur dans la bauquière dont le can supérieur est , comme nous l'avons dit , aux $\frac{2}{3}$ de la hauteur du bau au-dessous du livet. On met le bau à sa place , ses extrémités touchent les membres. Tous les baux étant ainsi placés et étançonnés à faux frais , chacun suivant son bouge , en attendant les épontilles , on monte les baux du premier pont.

Ceinture
du faux pont.

Par-dessous les baux du faux pont, on applique sur la bauquière une ceinture dont l'écarrissage est presque égal à la hauteur du bau, elle est entaillée dans les baux et chevillée avec eux et la muraille. Cette ceinture, qui règne tout autour du bâtiment, tient lieu de courbes.

Baux du 1.^{er} pont.

Mise en place des
bauquières du pre-
mier pont.

Nous avons déjà marqué au-dessous de la file de tringles formant un listeau posé sur la muraille au-dessus du livet du pont, la place des baux du pont; il n'y a plus qu'à les conduire aux lieux qu'ils doivent occuper, c'est ce qu'on fait, et on les y assujettit au moyen de deux arcs-boutans placés à chaque extrémité sur les faces latérales et cloués sur elles et sur les couples, puis on les étançonne sur les baux du faux pont, au milieu et vers les bouts, afin de les soulager pendant qu'on met les arcs-boutans et qu'on les tient à leur bouge. Les bauquières sont également montées à bord et placées au-dessous de la face inférieure des baux de façon à permettre de travailler aux entailles et aux queues d'arondes, les baux s'enfoncent d'un tiers de leur hauteur dans la bauquière. Lorsque les queues d'arondes et les entailles sont achevées on les goudronne, et on soulève les bauquières avec des crics jusqu'à les faire joindre avec les queues d'arondes des baux et les y serrer au moyen du listeau qui porte sur la surface supérieure des baux.

Vaigrage
de l'entre-pont.

Guirlande et
courbes d'écusson
ou écharpes.

Les guirlandes et leurs alonges doivent être mises en place en même tems à l'avant et à l'arrière. Dans les vaisseaux à poupe carrée on met à l'arrière, et de chaque côté, une courbe horizontale qui lie la muraille latérale avec la barre du pont. On place la sous-bauquière et on achève le vaigrage de l'entrepont en diminuant l'épaisseur des virures de 6 à 7 millimètres à leur can d'en bas, à partir de la sous-bauquière jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la vaigre de point. Ce travail doit être achevé avant de pouvoir commencer celui des courbes, parce qu'il faut des gabarits. On place sur le vaigrage la guirlande à mi-hauteur entre le pont et le faux

(III)

pont perpendiculairement à l'étrave, et on prolonge ses branches par des alonges; les courbes d'écusson et leurs alonges, pièces qui croisent en écharpe les barres d'écusson, les couples et les vaigres.

On ôte le listeau du premier pont et on place entre les baux, contre les membres, une file d'entremises entaillées de manière à remplir les oreilles des queues d'arondes, et qui, reposant sur les bauquières, ont la même épaisseur qu'elles. Ces entremises ont leur can supérieur au-dessous de la face supérieure des baux d'une quantité égale à l'entaille de la fourrure de goutière dans le bau, et elles sont évidées en dessous afin de donner de l'air à la membrure; mais ce vide est inutile à celles qui sont coupées par les hublots.

Entremises.

Pour lier les baux avec la muraille, on place à chacune de leurs extrémités sur l'une des faces latérales, une courbe en bois d'une seule pièce, ou une courbe d'assemblage, à adent ou à lames. La courbe naturelle est préférable à cause de sa force, de sa légèreté et de son élasticité qu'elle conserve, tandis que les courbes d'assemblage la perdent bientôt par le retrait et par le travail de la charpente dans les grands mouvemens qui produisent des refoulemens dans le bois, les pièces ayant leurs fibres dans des directions différentes; de plus les courbes à lames, dont nous avons parlé page 57, ont l'inconvénient de pourrir promptement dans les lames. Ces courbes sont consolidées par des lattes en fer chevillées avec les deux branches et fixées aux baux par quatre goujons horizontaux en fer carré, et à la muraille par cinq chevilles frappées par dehors et rivées en dedans; elles sont attachées à la muraille par des clous en attendant le chevillage.

Courbes naturelles
et courbes artificielles.

Au lieu de courbe, on met quelquefois contre la muraille un taquet de même largeur que le bau sous lequel il est appliqué, et on ajoute de chaque côté une pièce en fer formée de quatre bandes dont l'une est sur la face latérale du taquet et sur celle

Taquet et lattes
en fer.

du bau , l'autre sur la même face du bau , et la troisième sur la bauquière et l'entremise , disposée de manière à ne pas gêner l'ouverture des hublots , enfin la quatrième latte fait arc-boutant entre les deux premières branches. On prolonge pour plus de solidité la branche horizontale du côté du bord , on l'arrondit et la termine pour recevoir un écrou taraudé et on l'enfonce dans la muraille , elle est fortement serrée par l'écrou en dehors du bordage (*) ; les lattes sont chevillées horizontalement avec le taquet et avec le bau. Ce système est solide , mais il est d'un poids considérable , le taquet seul pèse presque autant qu'une courbe naturelle.

On voit dans les planches de Chapman (marine militaire) , que les Suédois ne mettent point de taquet , ils se contentent de deux bandes et de deux tîrans en fer. Des officiers de la marine suédoise à qui j'en ai parlé m'ont dit qu'ils trouvaient cette liaison suffisante ; j'ai remarqué qu'en effet leur bâtiment n'avait pas souffert aux extrémités des baux.

Lorsqu'on a à sa disposition des courbes naturelles , il faut en mettre aux baux des mâts , de la grande écouteille , du grand cabestan et des grandes bittes. Les vaisseaux et les frégates de premier rang ayant deux paires de bittes , il faut mettre de bonnes courbes aux baux voisins des secondes bittes , parce qu'on est quelquefois obligé d'avoir recours à ces bittes. On met aux autres baux des courbes d'assemblage suivant le système qu'on juge le meilleur.

Les baux du faux pont et du premier pont étant bien étançonnés suivant leur bouge , on met au milieu de chacun d'eux une hiloire renversée au-dessous des baux entaillée carrément , et une hiloire au-dessus entaillée de même. On place ensuite les épontilles à marches et celles du faux pont ; les premières vont au premier pont et les autres sous l'hiloire du faux pont. Elles

(*) Au bout de six mois , le fer est tellement rouillé qu'il faut briser le bois pour couper le bout de la branche : il vaut mieux river sur viroles.

sont toutes perpendiculaires à la quille , et leur pied est assujéti sur la carlingue par quatre taquets formant un carré. Les épontilles des écoutilles majeures sont entaillées dans les baux du premier pont de manière à former une oreille qui saille sur la face du bau , en dedans de l'écoutille ; elles sont fixées chacune par un étrier en fer dont chaque branche est attachée sur le bau par trois clous et une cheville rivée derrière le bau , puis une cheville intermédiaire qui traverse l'oreille de l'épontille et le bau ; et pour soutenir le bau correspondant du faux pont , on place au-dessous un taquet entaillé et goujonné dans l'épontille qui est aussi goujonnée avec le bau. Les épontilles qui se terminent au faux pont s'assemblent à tenon et mortaise dans l'hiloire renversée , et des étriers en fer les lient avec l'hiloire et les baux.

On fait le parage des baux à l'herminette au moyen de cordes tendues de l'avant à l'arrière , au milieu , à tribord et à bâbord , et qui reposent dans des coches qui réduisent les baux à leur épaisseur.

On distribue de chaque côté deux files de traversins *ou* tringles qui ont un écartement un peu plus grand que l'épaisseur du bordage du pont ; ils sont entaillés dans deux baux consécutifs. Leur but étant de soutenir les faux baux des écoutilles et étambrais et les barotins placés entre les baux , et de s'opposer au rapprochement de ces derniers dans les grands mouvemens de tangage , on dirige ces files parallèlement au plan diamétral. La première file doit être assez éloignée du bord pour ne pas gêner le perçage qui doit être fait avec de longues tarières dans les gouttières , la fourrure , la membrure et le bordage extérieur ; la deuxième file est à mi-distance entre la première et le plan diamétral. On entaille à queue d'aronde avec les baux les traversins des écoutilles et des étambrais de mâts et du grand cabestan ; ils ont leur surface supérieure à l'uni de celle des baux. Ces traversins ont une hauteur qui est à-peu-près la moitié de celle des baux.

Traversins entaillés
à queue d'aronde.

Faux baux des
étambrais et écou-
tilles.

Les grands barotins ou faux baux qu'on met entre les baux ont la même largeur que ces derniers, et une hauteur environ du $\frac{1}{4}$; ils sont entaillés à queue d'aronde avec les entremises et les traversins, et ils reposent sur les tringles avec lesquelles ils sont quelquefois légèrement entaillés. On peut donner à ces barotins moins de largeur et en augmenter le nombre.

Petits barotins
ou lattes.

Les petits barotins ou *lattes*, qu'on met entre les autres baux, sont de plusieurs pièces entaillées dans les traversins et les entremises ; leur épaisseur est à-peu-près la même que celle du bordage ; en les faisant carrés, on en met un plus grand nombre afin que le calfatage soit bien soutenu.

Jonction des four-
rures de goutières.

On place ensuite les *fouurrures de goutières*. Ces pièces s'entaillent à queue d'aronde sur les baux, les courbes et les grands barotins ; elles se joignent généralement bout-à-bout sur le milieu d'un bau ; mais quand le bau est dans le travers d'un sabord, il faut placer le joint ailleurs, en face d'un membre si la pièce ne va pas jusqu'à une courbe voisine ; ainsi quand les pièces qu'on a à sa disposition ne permettent pas de mettre le joint où l'on veut, il faut le placer sur le talon d'une courbe, ou sur un membre pour avoir un bon clouage. Ceci n'a lieu que très-rarement. Il faut néanmoins avoir soin de croiser les joints avec ceux de la bauquière, d'après la règle que nous avons déjà établie. Ces pièces sont assujetties à leurs extrémités par deux clous sur le bau et deux sur la membrure, puis un clou sur chaque bau intermédiaire et un sur le membre, après avoir marqué la place des dalots, afin qu'on ne rencontre pas de fer en les perçant.

Les joints des
goutières sur les
baux croisent ceux
des fouurrures.

A côté de la fourrure, on place sur les baux les deux virures nommées *goutières* ; elles sont entaillées carrément sur les baux, les courbes et les barotins qu'elles emboîtent dans toute la longueur de la muraille ; leurs joints croisent ceux des fourrures. Le

tracé des étambrais des mâts est fait en même tems, et on forme l'octogone de chaque mât, et le passage des pompes établies autour du grand mât avec des traversins entaillés, et des pièces nommées mouchoirs. Etambrais des mâts.

On place les bittes des cables, deux paires dans les vaisseaux et les grandes frégates ; la première est à l'arrière du mât de misaine, et la deuxième à l'arrière du septième ou huitième bau en arrière de ce mât. Chaque paire est composée de deux montans, dont le pied est entaillé à la face avant du bau du faux pont, et la face avant de ce montant est entaillée dans la face arrière du bau du pont ; ces entailles sont à épaulettes. Chaque montant est chevillé dans chacun des baux par deux goujons rivés sur viroles sur les faces des baux, opposées aux montans. On les arc-boute à leur face avant par de longues pièces appelées *taquets de bittes*, entaillés dans les baux. Ces taquets doivent être assez longs pour porter sur quatre baux au moins ; ils sont chevillés avec les baux par des chevilles frappées par dessus et goupillées en dessous. Les autres pièces sont : le traversin, qui est soutenu par deux taquets cloués sur la face arrière des montans avec lesquels ce traversin est entaillé ; le coussin, pièce de sap placée à l'arrière du traversin. Ces deux pièces sont tenues contre les montans par quatre crochets, et elles dépassent les bittes de chaque côté d'environ deux fois le diamètre du cable. Des montans, taquets et traversins de bittes.

Pendant que ce travail s'exécute sur le pont et le faux pont, on fait le parage de la muraille jusqu'au plat-bord successivement ; on trace les seuillets et les sommiers de sabords et les ponts supérieurs, tous parallèlement au livet du premier. On place les bauquières du deuxième pont ; il n'y a pas de sous-bauquières, parce que la distance du sommier au livet de ce pont ne donne que la largeur de la bauquière. Dans tout le contour du deuxième pont, on place un listeau, comme au pre- Tracé des ponts supérieurs et des gaillards.

mier pont, si la rentrée l'exige ; on fait la distribution des baux de manière que ceux des étambrais, de la grande écouteille, des écouteilles aux vivres et de la cale au vin, aient chacun une face à l'aplomb de celle du premier pont auquel ils correspondent, c'est-à-dire, que ces baux doivent former les mêmes ouvertures, excepté quelques écouteilles particulières qui ne doivent pas se correspondre. Les baux, les bauquières, les guirlandes et leurs alonges, tout est monté comme les pièces du premier pont ; on fait de même pour le pont supérieur ou les gaillards. Les baux des gaillards étant des poutres plus petites que celles des ponts, se nomment *barots*.

Les baux et barots diminuent de hauteur avec leur portée.

Pour alléger autant que possible le vaisseau dans les hauts, on met plusieurs baux et barots en sap, à partir du deuxième pont ; ce n'est qu'aux étambrais et aux principales écouteilles qu'on doit les mettre en chêne. On donne plus de largeur aux baux et barots en sap qu'à ceux en chêne ; du reste, la hauteur de toutes ces pièces est calculée d'après la loi de la résistance des bois exposée plus haut, c'est-à-dire, que les plus courts ont moins de hauteur.

Les bauquières, les baux et les barots étant en place ainsi que les seuillets et les sommiers, on place au-dessus des fourrures les vaigres nommées *serres-goutières* ou *vaigres bretonnes*, elles sont en chêne ; les vaigres d'entre-sabords sont en sap dans les endroits où il n'y a pas de crocs de sabords. On place les courbes qui lient les baux à la muraille dans chaque entre-pont, ensuite on met les entremises, les traversins, les barotins et les fourrures de goutières, ainsi qu'on l'a fait pour le premier pont. On met aussi au-dessous des écubiers une guirlande sur le vaigrage.

Maintenant que les plus grosses pièces sont à bord, on peut distribuer les ouvriers partout et leur tracer de l'ouvrage. Conti-

nuons le travail du premier pont : les mêmes objets de détail se retrouvent aux ponts supérieurs, avec cette différence qu'on leur met un plus grand nombre de files de traversins et plus de barotins assemblés, de façon que les faces inférieures soient sur la même surface et qu'on les polit et leur pousse des moulures.

Dans les vaisseaux, le pied du mât d'artimon est sur le pont, son emplanture est sur une carlingue entaillée horizontalement à épaulettes dans les baux, et qui descend jusqu'à l'hiloire renversée et s'élève de plusieurs mill. au-dessus du bordage. Dans les frégates, cette carlingue est sur le faux pont.

Continuation
du premier pont.

On place des lattes, ou bien on tend une ligne de chaque côté de la grande écouteille, en lui faisant prendre un contour uniforme depuis la guirlande jusqu'à la barre de pont, et la conduisant de manière que sa distance à l'hiloire renversée soit à-peu-près le tiers de la distance de celle-ci aux goutières sur la guirlande et la barre de pont, ainsi que sur les baux. La ligne ainsi tracée indique le can intérieur de la première virure du premier rang d'hiloires, le deuxième rang s'obtient en divisant, sur chaque bau, la distance entre le premier rang et les goutières en deux parties égales. Chaque rang est composé de deux virures dont les joints sont croisés, ces virures sont en chêne.

Tracé des hiloires
de pont.

On place les montans de flasques de beaupré à l'avant du bau avant de l'étambrai de misaine. Lorsque le vaisseau est à deux batteries, le chambrage de ce mât est dans la première batterie. Les montans sont entaillés aux baux du premier et du deuxième pont ; de fausses flasques entre lesquelles est une ouverture circulaire pour le passage du mât sont aussi entaillées avec les baux du premier et du deuxième pont, un coussin est établi sous le pied de ce mât et une ouverture carrée pratiquée dans les flasques reçoit le tenon qui termine le mât. Pour avoir le lieu de ces deux

Flasques et chambrage du mât de beaupré.

ouvertures , on établit l'inclinaison que doit avoir le mât et on trace la direction de son arête inférieure , en la faisant passer sur le can supérieur de la fourrure du deuxième pont : ce qui détermine l'emplanture , le chambrage et la surface suivant laquelle l'étrave et les apôtres doivent être coupés , on se sert d'un gabarit pour exécuter ce dernier travail.

Bordage du pont.

On fait la distribution des virures de bordage en faisant croiser les joints , et on borde en chêne sous les affûts , les autres bordages sont en sap du Nord. Ce travail doit être fait avec soin , il faut visiter les cans des bordages , faire ôter l'aubier et faire bien serrer les virures. On ne doit pas clouer les bordages qui avoisinent les goutières , ce n'est qu'après le travail des préceintes , lorsque le perçage sera fait , et que les chevilles venant de dehors seront rivées sur le can intérieur des goutières , qu'on pourra arrêter à demeure le bordage de cette partie. Lorsque le pont est bordé et qu'on a fait le parage , on travaille aux traversins et aux surbaux des écoutilles , aux vassoles et à leurs feuillures , aux panneaux pleins et à caillebotis. Ces encadremens étant faits , on les cheville avec les baux et on a soin de cheviller et de clouer en cuivre dans un rayon d'environ deux mètres autour de l'habitacle.

Hiloières renversées aux ponts supérieurs.

On met des hiloières renversées aux ponts supérieurs , excepté à celui qui est formé par les gaillards lorsqu'ils sont réunis : parce que sur celui-ci , il y a une file de panneaux à caillebotis au-dessus du parc à moutons et des cages à poules , dont les longis , ou traversins , en tiennent lieu ; les longis sont au nombre de quatre dans toute l'étendue de la chaloupe dont la quille se loge entre deux de ces pièces , ainsi l'hiloière renversée devient inutile.

Épontilles des entre-ponts.

Les épontilles des entre-ponts sont travaillées au tour , on les met en place après le bordage , plusieurs sont fixées , celles qui sont dans les environs du grand cabestan ont une charnière à leur

(*) Les traversins et surbaux des écoutilles sont aussi nommés *hiloières*

bout supérieur et se relèvent pour permettre aux barres de tourner, on met des épontilles en fer et en cuivre dans la partie de l'arrière.

Les bordages placés entre les hiloires du faux pont sont en sapin ainsi que ceux qui sont entre les hiloires et les goutières, mais ceux-ci ne seront cloués qu'après que les chevilles frappées à l'extérieur seront rivées au can intérieur des goutières.

Bordage
du faux pont.

Le vaigrage est fait, il y a des mailles entre les vaigres doubles dans l'étendue de la cale à l'eau et de la cale au vin; l'intérieur de la cale est calfaté lorsque le fond est rempli. On distribue les porques et on remplit les mailles des vaigres dans l'espace où elles doivent être posées. Les porques qui sont placées dans l'étendue où les couples ont une demi-varangue, sont composées d'une varangue, une demi-varangue, deux genoux, deux premières alonges et deux secondes alonges, etc., jusqu'à la ceinture du faux pont, les autres qui sont dans les façons n'ont point de demi-varangues; le deuxième rang d'alonges a son joint au milieu de la carlingue, on met des dés entre les deux rangs et on lie les pièces entr'elles par des goujons. Autrefois qu'on ne mettait pas de ceinture sous les baux du faux pont, on entaillait les porques dans les fourrures de goutières et on les faisait monter jusqu'au pont. Ces porques sont comme on le voit des couples posés sur les vaigres entaillés avec la carlingue et les serres d'empâtures, elles seront chevillées par dehors et rivées en dedans après le bordage de la carène.

Intérieur de la cale.

Porques.

La caisse ou l'emplanture du grand mât est formée de deux varangues, l'une nommée varangue de porque parce qu'elle fait partie d'un couple de ce nom, l'autre varangue *morte*, ou varangue *sèche*, toutes deux entaillées dans la carlingue du vaisseau; de deux flasques placées l'une à tribord et l'autre à bâbord, et entaillées dans les varangues de manière à diverger en partant de la paraclose dont elles tiennent lieu dans l'espace qu'elles occupent, par

Carlingue
du grand mât.

conséquent ces flasques posent sur les membres et contre la carlingue dans les bâtimens qui ont des mailles , et sur les vaigres dans ceux qui ont leurs mailles remplies ; elles saillent au-dessus des varangues par deux tenons qui y sont entaillés et avec des pièces posées sur les varangues après avoir placé la carlingue du mât. Afin que le pied du mât pose sur plusieurs points d'appui et dans une grande étendue , on place sur la carlingue du vaisseau , une longue pièce de carlingue qui règne depuis l'épontille de l'avant de l'écoutille de la cale au vin jusqu'à l'arrière de l'épontille avant de la grande écoutille , la prolongation jusqu'à cette dernière épontille sert en même tems à faire buter le lest dans l'embarquement. Cette pièce de carlingue est entaillée à épaulette dans les deux varangues entre lesquelles on l'évide en dessous d'environ 20 centimètres , qui est alors la distance de sa face inférieure à la carlingue du vaisseau ; on place par-dessus les varangues deux fourrures et deux traversins qui encastrent la carlingue et qui s'entaillent sur les bouts des flasques , ils se terminent en console sur les côtés ; sur ces traversins on applique encore des pièces dont la face supérieure est arrondie et qui sont entaillées avec les tenons des flasques. Les flasques sont soutenues , chacune par un taquet placé sur le côté , il a même largeur que les varangues et il est posé sur les vaigres sur lesquelles il se prolonge et se termine en console comme la varangue sèche. Ce système d'encaissement se nomme *carlingue du grand mât* : c'est une carlingue élastique qui était demandée depuis long-tems. (*)

Les flasques sont chevillées chacune par quatre chevilles en cuivre frappées par dedans et rivées en dehors ; après que le bordage est en place , on met sur les traversins , au-dessus des varangues , deux chevilles en fer qui vont se perdre dans les varangues des couples , et sur chaque taquet trois chevilles en cuivre , dont deux sont rivées en dehors des bordages et l'autre en dedans du taquet.

(*) Si l'on pose la carlingue du mât sur celle du vaisseau , on met alors les fourrures sur les vaigres et les varangues par-dessus.

On fait dans les membres les ouvertures du pied des deux pompes royales à l'avant du mât, et celles des pompes à double piston en arrière ; les axes sont aux quatre angles d'un quadrilatère. On établit les montans du tambour nommé *archipompe*, et ceux du puits placé à l'avant pour loger le cable en fer qui est à tribord, et le gouvernail de rechange à bâbord ; on fait les cloisons, et on borde tout le tambour extérieurement.

De l'archipompe.

La carlingue du mât de misaine est établie comme celle du grand mât ; mais elle n'est pas élastique ; le pied du mât repose sur le marsouin, et il n'y a pas d'archipompe.

Carlingue
du mât de misaine.

Les deux guirlandes de l'avant, au-dessous du faux pont, sont mises en place sur le vaigrage perpendiculairement à la contre-étrave et clouées seulement. A l'arrière, on met une guirlande au-dessous des baux du faux pont ; elle suffit dans les bâtimens à poupe ronde ; mais dans les vaisseaux à poupe carrée, elle croise mal les barres d'écusson, ensorte que, dans les plus grands bâtimens, il faut ajouter une écharpe de chaque côté. Les montans des cloisons des soutes et les barots sont travaillés et ajustés en place ; mais les barots ne doivent être fixés qu'après le gour-nablage et le chevillage.

Guirlandes.

On remet en place les pièces d'alonges qui sont déposées sous le plan incliné, et on achève le vaigrage qui a été interrompu par l'ouverture destinée à l'entrée des bois. Toutes les pièces entreront maintenant par les sabords d'en haut.

Clôture de l'entrée
de la cale.

A l'extérieur, les échafauds qui ont servi aux travaux précédens sont d'abord visités pour s'assurer de leur solidité, afin de prévenir des malheurs ; d'autres sont établis, ensorte qu'on a plusieurs étages pour travailler l'extérieur du bâtiment. On met des fourrures dans les défournis et des remplissages sous les porte-haubans, et on ôte la lisse du fort. Ensuite, on tend des cordes

Parage
de l'extérieur.

sur la surface des membres en les faisant poser sur l'arête du gabariage de chaque couple de levée, et on les fait entrer dans des coches pratiquées dans les endroits où il y a du bois à enlever pour réduire partout les membres à l'épaisseur qu'ils ont au gabariage et de manière à former une surface bien suivie. Les contours de ces cordes doivent présenter des tontures agréables à l'œil ; on fait le parage avec soin.

Tracé des
1.^{res} préceintes.

Les grandes préceintes sont tracées au moyen de règles dirigées parallèlement au livet du pont, et par conséquent aux seuillets de sabords de la batterie ; si leur tracé exige quelque correction pour rendre leur tonture agréable, on les dirige à l'œil en se plaçant en dehors dans un lieu élevé. Le lit de préceintes est formé de trois virures. Le can de la virure supérieure est en contre-bas du can supérieur des seuillets d'environ 25 centim. Ce qui permet de mettre au-dessus de la préceinte une virure de bordage vers laquelle on fait joindre le seuillet. Les joints des seuillets avec la virure de bordage doivent être calfatés avec soin après que les ravalements sont faits. Par ce procédé, on n'affaiblit pas cette virure qui est nécessaire, surtout aux frégates, parce que c'est sur elle qu'on place les ferrures des mantelets de sabords.

Nécessité de mettre
la guibre en place
avant de border.

Avant d'aller plus loin il convient de tracer la guibre, d'en assembler les pièces principales et de les mettre en place sur la face cylindrique extérieure de l'étrave, afin de clouer sur les faces latérales de ces pièces de forts taquets allongés et capables de serrer les extrémités des bordages dans les râblures de l'étrave : ces bordages devant être pliés sur la surface du vaisseau par de grandes forces à leur sortie de l'étuve. Les pièces principales de la guibre sont : le taquet et son alonge qui va jusqu'au-dessous de la fausse quille, la fourrure qui élargit ce taquet, la gorgère, le taille-mer et son alonge qui va aboutir sous la chaise. Toutes ces pièces sont assemblées par des adents carrés. Par l'extrémité supérieure de ces

pièces réunies, on pose dans le sens de la longueur du bâtiment deux ou trois pièces superposées avec des adents, elles forment le *digon*, on place dans l'angle que fait l'étrave avec le digon une courbe nommée *capucine*, la branche qui porte sur le digon a une alonge, et l'autre s'applique sur l'étrave, mais le digon et la capucine sont mis en place plutard, nous en parlerons quand le vaisseau sera bordé.

Ancien système
de guibre.

Dans ces derniers tems on a composé la guibre d'un autre système de pièces; on a supprimé les pièces de digon et on a formé le taille-mer de deux pièces réunies par un écart placé au-dessous de la flottaison et croisant ceux de l'étrave; on a substitué à la gorgère une mèche qui part du haut de la chaise et va se terminer le plus loin possible au-dessous de la flottaison, entre le taille-mer et l'étrave; et à la hauteur de la gorgère on a mis entre la mèche et l'étrave quatre à cinq fourrures prolongées en dessous, suivant que l'exige la largeur de la guibre. L'assemblage de toutes ces pièces étant toujours fait par des adents carrés, leur système est préférable au premier. La face de la guibre qui s'applique sur l'étrave a même largeur que cette dernière sur le droit, cette épaisseur de la guibre va en diminuant jusqu'à se réduire environ aux deux tiers au taille-mer.

Système actuel.

La guibre étant ainsi assemblée à terre et les surfaces gauches latérales bien parées d'après l'épaisseur déterminée, on cloue sur ces faces latérales des gardes pour tenir les pièces liées entr'elles; on place un faux beaupré à bord, on retire les chevilles en fer qui sont dans l'étrave, puis on monte la guibre et on la fixe à l'étrave par des chevilles en fer rond au-dessus de la flottaison et des chevilles en cuivre au-dessous.

Maintenant on met de chaque bord les trois virures de préceintes en établissant leurs joints sur le milieu des couples et les croisant d'une virure à l'autre ainsi que nous l'avons dit pour le vaigrage.

Clouage
et chevillage des
préceintes.

La première virure se termine à l'arrière sur l'extrémité de la barre d'hourdi et les deux autres en mouchoirs sous cette barre. Lorsque le bâtiment est à poupe ronde, les préceintes passent sur les apôtres de l'étambot et forment une ceinture. On met deux forts clous à chaque extrémité des pièces et une cheville sur le même couple ou sur le membre voisin, ensuite une cheville de 3 en 3 mètres de distance environ pour les vaisseaux et frégates, et de 2 en 2 mètres pour les autres bâtimens, et sur les couples où il n'y a pas de chevilles on met deux clous. Dans les grands vaisseaux, les préceintes étant fort épaisses la partie du clou qui est dans le membre est effilée et n'a pas assez de tenue, il est mieux de remplacer les deux clous par deux chevilles rivées sur viroles en dedans. Ces virures sont encore chevillées avec les goutières et les courbes des baux.

Bordages
de diminution.

En descendant l'échafaud, on peut continuer le parage et faire la distribution des virures de *bordage de diminution* : ainsi appelé, parce qu'à partir du dessous du lit de préceintes, les virures diminuent de 6 à 7 millimètres d'épaisseur à leur can d'en bas jusqu'à ce que leur épaisseur soit réduite à celle du bordage de fond. On fait les mouvemens d'accotes avec précaution.

On trace aussi les préceintes des ponts supérieurs et la lisse de plat-bord, de manière à laisser la place d'une virure étroite, s'il est nécessaire, vers les sommiers des sabords de la batterie pour y placer les gonds des mantelets. Les plats-bords étant parallèles aux premières préceintes, toutes les virures de préceintes et de bordages ont même largeur dans toute leur longueur.

Les lisses d'exécution ayant été bien établies, elles servent, ainsi que les premières préceintes, à régler les directions des virures des bordages de diminution et celles du fond. On en fait la distribution sur le maître, sur l'étrave, sur la râblure de la lisse d'hourdi et sur celle de l'étambot, et l'on reconnaît si les

virures deviennent trop étroites vers les extrémités ; dans ce cas on en réunit plusieurs deux à deux par un crochet de façon à n'amener qu'une partie des virures à la râblure , mais avant il faut , dans les bâtimens dont les mailles du fond ne sont pas remplies , creuser les *anguillers* ou *lumières* au-dessus du milieu de la deuxième virure : c'est une rigole de 45 à 50 millimètres de profondeur pour conduire les eaux aux pompes. En allant du milieu vers les extrémités où il y a de l'acculement les mailles vont en s'élevant , ensorte que le canal qui est sous la première virure de ribords ne serait pas assez élevé , on le fait communiquer avec les mailles par d'autres canaux plus élevés. On place ensuite les gabords , bordages qui vont de l'étrave à l'étambot et qui sont logés dans les râblures de la quille. Les joints des virures placées sur les canaux , ou anguillers , sont sur des plaques de fer appliquées sur les membres , afin que le calfat ne remplisse pas la maille d'étoupe ; on met des garnitures de chêne de 60 millimètres d'épaisseur sur les joints des bordages , et par-dessus une plaque en fer dans les mailles où aboutissent les pompes ; elles sont enchâssées dans les membres entaillés à cet effet. Ces placages sont là pour empêcher les pompes de super l'étoupe des coutures. Nous avons parlé à l'article vaigrage des anguillers des bâtimens dont les mailles du fond sont remplies.

Anguillers au-dessus
des ribords.

Les deux premières virures voisines de la quille étant placées , elles font connaître s'il est nécessaire de réunir deux à deux des virures de bordage pour n'en conduire qu'une aux extrémités , parce que cela dépend de la largeur qu'on donne aux virures voisines de la quille vers les extrémités ; j'ai vu dernièrement border une frégate de premier rang sur laquelle on a fait aller toutes les virures de l'avant à l'arrière sans en réunir par des crochets , en employant les pièces telles qu'elles venaient du sciage , c'est-à-dire , sans éprouver un plus grand déchet qu'avec des crochets.

Bien border un bâtiment est une opération très-importante, en voici la description succincte. On appelle *franc-bord* tout le bordage depuis la virure inférieure du lit de préceintes jusqu'à la quille. On désigne les virures de ce bordage, d'après la place qu'elles occupent, comme il suit : celle qui est vers la quille est nommée *gabord*, et les suivantes jusqu'au joint du genou avec la demi-varangue *ribords* ; les virures placées sur les genoux se nomment *bordage de fleurs* et celles qui sont au-dessus des fleurs jusqu'aux préceintes *bordage de carène*. Parmi ces anciennes dénominations la dernière est impropre, elle ne peut venir que des bâtimens qu'on faisait caler jusqu'aux préceintes.

Il faut distinguer l'œuvre vive, ou la carène, de l'œuvre morte ou l'accastillage, partie qui est au-dessus de l'eau ; les bordages de ces deux parties ne doivent pas être attachés de la même manière, et leurs liaisons avec les pièces de l'intérieur ne sont pas de même nature.

Des écarts des bordages.

Les virures de bordage doivent être écarvées, c'est-à-dire que quand deux virures ont un joint sur un couple, ce n'est qu'après cinq à six virures qu'on place de nouveau un joint sur le même couple.

Les bordages de franc-bord se composent : 1.° Des pièces de virures qui situées aux extrémités, c'est-à-dire aux épaules et aux hanches du bâtiment, ont du dévirage et une grande courbure dans le sens de la longueur, et qui par leur grande épaisseur ne peuvent être pliées sur la surface du bâtiment en sortant de l'étuve ; par conséquent ils doivent être travaillés comme les pièces de tour.

2.° Des pièces qui peuvent être pliées après avoir été chauffées à la vapeur de façon à s'appliquer exactement sur les membres, elles forment une partie du bordage de diminution et tout le bordage du fond,

En supposant qu'on n'ait pas de moule pour plier les gros bordages qui sortent de l'étuve, il faut pour faire ce travail sur le bâtiment, fixer une des extrémités de la pièce dans la râblure de l'étrave et la contenir avec des taquets cloués sur les faces latérales de l'étrave et du taille-mer, et la forcer avec des palans, des bridoles et des coins jusqu'à ce qu'elle porte exactement sur la membrure.

Le tracé des bordages doit être, autant que possible, tel que si on appliquait une latte droite et flexible sur le tracé d'une pièce de virure, un de ses cans tomberait sur tous les points de la trace; mais les bordages de diminution qui sont aux épaules et aux hanches, vers les extrémités de la lisse d'hourdi, ne sont pas dans ce cas là : à cause de leur dévirage. Pour déterminer les contours de ces pièces, deux charpentiers plantent normalement à la membrure, aux extrémités de l'espace que doit occuper la pièce, deux broches sur lesquelles ils attachent une ligne tendue, et éloignée à volonté de la membrure; à-peu-près au milieu de cette ligne ils déterminent une normale à la surface et ils tracent à l'œil l'intersection d'un plan mené par la ligne et la normale, puis ils font le gabarit de cette intersection; et pour avoir les largeurs en différens points marqués, ils posent sur la ligne d'intersection une latte flexible de manière que son can supérieur tombe sur cette ligne, et ils marquent au-dessus et au-dessous les distances des deux cans de la virure; ils prennent ensuite les équerrages en plusieurs points du can qui doit joindre la virure qui est déjà en place, l'autre can reste au carré. Transportant ensuite sur la pièce en chantier, le gabarit, les largeurs et les équerrages de la virure, ils travaillent cette pièce comme nous l'avons dit page 103. Lorsque la pièce est terminée, ils la transportent à la place qu'elle doit occuper et la fixent par deux clous à chacune de ses extrémités et un sur chaque membre. Il en est de même des autres virures placées entre les préceintes et la flottaison. Les clous sur les

Travail des bordages et pièces de tour.

Clouage et chevillage des virures au-dessus de la flottaison.

membres intermédiaires aux extrémités de la virure sont quelquefois remplacés par des chevilles rivées sur viroles, comme aux préceintes, il vaut mieux les assujettir ainsi que de mettre des écroux en dedans, parce que le fer venant à se rouiller, il faut briser le bois pour couper le bout de la cheville qui tient l'écrou, lorsqu'on veut visiter les membres. Le chevillage se fait comme celui des préceintes.

Ouverture des hublots.

On perce les hublots qui sont déjà marqués, ainsi que nous l'avons prescrit dans le tracé, et on dispose les joints des bordages convenablement à la solidité et à l'économie.

Travail des gros bordages.

Les bordages de la carène qui peuvent être pliés sur la membrure en sortant de l'étuve, sont déterminés par la méthode déjà indiquée plus haut; c'est-à-dire qu'on tend une ligne sur deux broches plantées aux deux extrémités de la pièce sur la surface convexe ou concave à recouvrir, par cette ligne on mène un plan normal à la surface des membres, ce plan coupe cette surface suivant une courbe. Si l'on imagine par tous les points de cette courbe une suite de plans tangens, les intersections de ces plans vont se trouver sur une surface développable qui est celle de la virure. Traçons sur la surface des membres une suite de perpendiculaires à la courbe d'intersection du plan normal, et regardons cette courbe comme les abscisses des joints des cans supérieur et inférieur de la virure, puis prenons les longueurs des ordonnées nous aurons les largeurs et les contours de la virure.

De la ligne à buquettes.

Dans la pratique ces ordonnées sont relevées au moyen de petites *brochettes* ou *buquettes*, attachées à une petite corde posée sur l'intersection du plan normal. Il est évident que cette ligne ainsi armée de buquettes, dont les longueurs sont les largeurs de la virure, étant redressée et transportée avec les équerrages sur la pièce droite, les buquettes vont en indiquer les contours, ensorte que quand on pliera cette pièce, elle occupera la place voulue.

Les bordages de l'œuvre vive sont cloués à chaque extrémité par deux clous en cuivre, ceux qui correspondent aux courbes du pont sont de plus traversés par au moins une des chevilles du bas de la branche verticale de la courbe de chaque bau du pont, et les autres le sont par les chevilles de gouttière du faux pont et par celles des porques. Les virures sont de plus chevillées au moment de leur mise en place par une cheville en cuivre sur le membre du couple où est le joint, ou sur le membre voisin, et par des chevilles éloignées d'environ trois mètres dans les vaisseaux et les frégates, et de deux mètres dans les autres bâtimens, entre les deux extrémités de chaque virure. Ces chevilles se forment avec des barres de cuivre employées dans toute leur grosseur et coupées seulement de longueur; la tête est façonnée par les coups de masse qui enfoncent la cheville, on lui applique à cet effet, un instrument nommé *punch* ou *chasse-cheville*, à forme concave propre à arrondir la tête et prévenir les déchirures.

Clouage et chevillage au-dessous de la flottaison.

On fixe encore les virures de bordage de la carène par une gournable sur chaque membre avant que le calfatage soit fait, et après ce dernier travail, on double le nombre des gournables, ce qui fait quatre sur les couples à deux rangs de bois et deux sur ceux à un rang; les chevilles données pour les liaisons sont à déduire de ce nombre de gournables. Les têtes des clous et des chevilles sont garnies chacune d'une couronne d'étoupe au moment d'être enfoncées.

Gournablage.

Lorsque le bordage est terminé, que les perceurs ont enfoncé les chevilles et la moitié du nombre des gournables, on fait le parage de la carène; il est bon de se servir pour cette opération de lattes flexibles, et de passer le rabot, afin d'avoir une surface bien polie sur laquelle les feuilles de cuivre s'appliquent sans former de sinuosités. Cette opération étant faite, les calfats ouvrent les coutures et introduisent des filins d'étoupe jusqu'au refus; ils

Calfatage de la carène et des hauts.

enfoncent dans la tête de chaque gournable un fer dont la pointe est le sommet d'une pyramide quadrangulaire ; ils retirent ce fer, et chassent une épite de bois dans le trou ; ils font ensuite avec un ciseau sur la tête de la gournable trois enfoncemens formant un triangle équilatéral, et les remplissent d'étoupe de manière à serrer le bois autant que possible. Il est bon de faire commencer le calfatage par les coutures des environs des écubiers, sous les jotereaux, les bossoirs, et dans tout l'espace que doit occuper la poulaine, et de leur faire mettre les garnitures en plomb, afin que les charpentiers puissent placer les jotereaux, les herpes et faire la poulaine.

Le calfatage de la carène étant achevé, on place les dernières gournables de même qu'on a mis les premières ; les calfats repassent avec soin les coutures, les têtes de clous et de chevilles, et ils reconnaissent encore s'il y a des rombaillets à délivrer dans les bordages, puis avant de brayer les coutures, ils mettent de l'eau dans la cale afin de reconnaître s'il y a des endroits où elle peut pénétrer. Cette opération se fait au moyen d'une citerne remplie d'eau douce qu'on approche du bâtiment et de pompes qui placées sur le quai envoient l'eau dans des bailles mises sur le pont ; cette eau est chassée dans la cale par d'autres pompes placées sur les bailles. On fait ensuite sortir l'eau de la cale par des trous de gournables qu'on remet après, et les charpentiers peuvent travailler à l'établissement des plattes-formes des soutes.

Les ponts supérieurs et les gaillards sont établis comme le premier pont avant la clôture du fond du bâtiment. Il faut maintenant faire l'ouverture pour le passage de la mèche de gouvernail : cette ouverture se nomme *jaumière*. Nous ferons remarquer ici que la barre d'arcasse, qui croise l'étambot au-dessus de la jaumière à la hauteur des baux du second pont, de manière à former les sommiers des sabords de retraite, a au milieu de sa partie supérieure

Barre d'arcasse
remplacée par un
bau.

une entaille pour permettre le mouvement de la barre de gouvernail et un renflement au-dessous ; que cette pièce ayant un bouge horizontal, et étant d'un fort échantillon dont le fil du bois est coupé par l'entaille ; et le renflement laissé entre les deux sommiers, est maintenant supprimée et remplacée par un bau placé au-dessus de la barre de gouvernail ; ce bau est lié solidement avec les cornières et contre-cornières.

Dans les bâtimens à poupe ronde qui ont leur jaumière près de l'eau, lorsque la barre est sous le pont, afin de rendre cette jaumière plus petite, on dévoie la mèche de gouvernail de manière que la ligne menée par les centres des aiguillots des ferrures passe par le centre de la tête de cette mèche, et de façon à ne pas couper trop la fourrure de gouttière du pont en la prolongeant assez pour avoir une barre de combat sur le pont.

Mèche de gouvernail dévoyée.

Le tillac est le pont qui est au-dessous des gaillards, lorsque ceux-ci sont éloignés entr'eux d'une quantité égale à la longueur de la chaloupe. Aujourd'hui, on réunit les gaillards ; ce qui forme un pont continu. Sur l'avant du grand panneau, on établit des caillebotis dans un espace égal à la longueur de la chaloupe pour placer la drome. Les caillebotis sont formés de deux élongis de chaque côté ; les plus proche du plan diamétral sont éloignés assez pour recevoir la quille de la chaloupe ; on place des surbaux aux extrémités, et de chaque côté, et des vassoles avec feuillures pour recevoir vingt-deux panneaux à caillebotis. C'est au-dessous de ces caillebotis qu'on place le parc à moutons et les cages à poules. Au-dessous des barots, on établit deux plans inclinés formant une espèce de toiture qui fait couler l'eau sur les côtés du parc à moutons, sans intercepter l'air d'en haut,

Les murailles des gaillards règnent maintenant tout autour du bâtiment ; elles s'élèvent à 1^m,64 au-dessus du livet, l'épaisseur du plat-bord comprise ; celui-ci devant former les sommiers de

sabords des caronades , on rase les alonges , et on forme des tenons de distance en distance pour recevoir les pièces de plat-bord dans lesquelles on a pratiqué des mortaises à cet effet. On achève de border extérieurement , et on met les vaigres d'entre-sabords en sap. La largeur du plat-bord est égale à l'épaisseur des alonges plus l'épaisseur du bordage et des vaigres , et son épaisseur de 15 à 20 centimètres pour les grands bâtimens.

Massifs
des bossoirs.

Sur le couple coltis , on met au lieu de pièces de vaigres de forts massifs en chêne bien chevillés , et on pratique dans la muraille deux ouvertures inclinées pour recevoir les bossoirs suivant la direction qu'ils doivent avoir. Ces ouvertures sont garnies en plomb , et les bossoirs sont passés par dehors et enfoncés avec force ; ils sont maintenus dans la muraille par des chevilles et de forts étriers. La position des bossoirs doit être déterminée par le tracé du plan qui doit indiquer la place du couple coltis dévoyé dans cette partie , et dont les alonges sont dites *alonges de revers* , parce que la muraille doit renvoyer la lame ; les angles qu'ils forment avec le plan diamétral et avec l'horison doivent être tels que leur extrémité soit au moins à la hauteur du plat-bord , et que les pattes de l'ancre ne puissent crocher sous le brion , ni dans les sabords , ni sous les porte-haubans de misaine. Chaque bossoir est supporté en dehors par une courbe dont une des branches est appliquée sur la muraille ; quelquefois on met des arcs-boutans en fer qu'on recouvre avec des ornemens en bois sculpté.

Deux bittons pour
les bras de grande
voile et de grand
huniér , et deux de
bras de misaine et
de petit huniér.

Les barots des gaillards sont tenus aux murailles par des courbes proportionnées à leur échantillon , et à celui des fourrures de goutières , comme les ponts inférieurs ; on met des biloires pour les manœuvres : ce sont des bordages en chêne ; on borde en chêne sous les caronades , et partout ailleurs en sap ; on place deux bittons d'hune et de bras en avant du grand mât et du mât de misaine , et les râteliers de poulies tournantes en arrière de ces mâts.

La roue de gouvernail devant être en avant du mât d'artimon pour que le timonnier ne soit pas masqué, on la place entre ce mât et l'échelle ou le dôme, et lorsque le bâtiment a une dunette, elle est à l'entrée et couverte par cette dunette.

Dans les bâtimens à dunette, on arrête le plat-bord des gaillards au bau arrière de l'échelle d'artimon, et on ne coupe pas les alonges plus loin; on trace le livet de ce plancher; on met les bauquières, et on fait la distribution des barots convenablement pour les surbaux des claires-voies qui doivent recevoir les châssis vitrés au-dessus de la table de la salle à manger et de la chambre du conseil, et en ayant soin que des barots correspondent aux cloisons transversales de ces deux pièces et de la galerie. Ces barots, excepté les trois premiers, sont en sap. On place les entremises, les traversins formant l'étambrai du mât d'artimon, les files de traversins entaillés avec les barots et poussés de moulures, puis des petits barotins en sap travaillés proprement, et sur lesquels on a également poussé des moulures, sont entaillés moitié par moitié avec les traversins de manière que les faces inférieures des uns et des autres soient sur une même surface; on les tient assez rapprochés pour que le calfatage soit bien soutenu, et pour tenir lieu de courbes aux barots, on met en-dessous, contre le bord, des gouttières renversées travaillées avec soin et sur lesquelles on pousse des moulures, elles sont entaillées dans les barots et chevillées avec eux et avec la muraille.

Gouttières
renversées
de
la dunette.

On place des fourrures entre les alonges de tableau, la tablette destinée à recevoir les bouts de bordages de la dunette, les courbes horizontales de la tablette, les montans du sep d'écoute du perroquet de fougue, le râtelier des poulies tournantes du mât d'artimon, les courbes verticales, entaillées dans les barots et barotins, servant d'appui au fronton du couronnement. Enfin les gouttières et on borde en sap, puis on met le bourrelet de l'étambrai.

A l'avant de la dunette on met des montans qu'on lie par une tablette placée dessus, des courbatons et une frise sculptée sur la face avant du premier barot. On trace en même tems le couronnement et les plats-bords, puis on rase les alonges de tableau et des murailles en formant des tenons. Les plats-bords étant fixés à leur place, on met de chaque bord une console sculptée dans l'angle du plat-bord du gaillard avec la rabattue de la dunette, ensuite les lisses de gardes-corps.

A l'extérieure on s'occupe de l'accastillage, on place sur les joues de la guibre deux jotereaux de chaque côté; ce sont des courbes qui ont chacune une branche sur une des faces latérales de la guibre et l'autre sur les préceintes; elles maintiennent la guibre dans le plan diamétral dans les tourmentes causées par les coups de mer. Le can supérieur des premiers jotereaux est ordinairement à 325 millimètres au-dessous du bas des écubiers, afin de laisser assez de place aux coussins des cables qui étant faits avec du bois tendre doivent avoir de l'échantillon; les seconds se mette au-dessous des premiers à une distance convenable pour qu'on puisse pratiquer des ouvertures assez grandes pour le passage des lières de beaupré, au-dessous de ces derniers jotereaux la guibre doit avoir assez de bois pour percer les sous-barbes dans le taille-mer; il faut marquer la place des latrines du milieu de la poulaine et celles de leurs conduits afin de n'être point gêné après; ces conduits passent ordinairement entre la première lière et l'étrave, en les faisant passer entre les lières la proue du bâtiment sera plus propre. Les jotereaux ainsi placés ne donnent pas une guibre élevée, si on veut qu'elle le soit d'avantage, on peut placer les premiers jotereaux au-dessus des écubiers et les seconds au-dessous, en conservant la place nécessaire aux coussins des cables, et celle du bourelet du manchon destiné au passage du cable en fer. Ce bourelet ou garniture est à l'extérieure du 1.^{er} écubier à tribord,

On nomme *éperon* la partie de la guibre qui est au-dessus de l'eau. Les jotereaux sont composés chacun d'une courbe façonnée d'après un gabarit et les équerrages pris sur les préceintes sur lesquelles l'une de ses branches doit s'appliquer exactement, l'autre branche est sur la face latérale de l'éperon, et elle est prolongée par une alonge jusqu'à la chaise : c'est-à-dire qu'elle se termine sur le digon ; ils suivent à très-peu près la tonture des préceintes et en sont pour ainsi dire le prolongement ; leurs cans supérieurs et inférieurs sont marqués sur le gabarit de la guibre fait sur le tracé à la salle. Les branches appliquées sur l'éperon sont chevillées horizontalement, ensemble et avec la guibre, par des chevilles traversées en sens contraires et rivées sur viroles, et les branches appliquées sur les murailles par des chevilles frappées en dehors et rivées en dedans des vaigres ou sur la guirlande d'écubiers, lorsqu'il y en a une ; car, les écubiers peuvent être quelquefois trop bas pour permettre l'établissement de cette pièce, à cause que le calfat ne pourrait pas travailler les coutures des bordages qui sont au-dessous. Dans ce cas on pourrait mettre une courbe en fer si on le jugeait nécessaire d'après la force des guirlandes des ponts ; mais la portée des bois n'étant pas grande, ce n'est pas par le défaut de cette guirlande que le bâtiment peut manquer si les autres sont bonnes.

La courbe de capucine dont nous avons parlé page 123 est mise en place ainsi que son alonge, de même que les grandes herpes qui partent du colet des courbes de bossoir pour aller se réunir à l'extrémité supérieure de l'éperon, c'est-à-dire en haut de la chaise sur une courbe de réunion. Les petites herpes sont disposées de manière à donner de la grace, il en est de même des petites lisses qu'on nomme *boudins*, lorsqu'on en met, c'est suivant le rang du bâtiment. Le système de ces pièces se nomme la *poulaine*. On distribue les jambettes de poulaine, ou courbes de herpes

Des portes-lofs appuyés sur les grandes herpes, il vaudrait mieux les placer et les fixer en-dessous.

parallèles aux couples et les courbatons qui lient les barots avec les grandes herpes, et on les établit ainsi que les traversins de la poulaine, puis on met sur les grandes herpes des garnitures où l'on pratique des adents pour servir d'arrêt à des cordages dans certaines manœuvres et sur lesquelles on fixe les minots ou porte-lofs, pièces qui sont ordinairement chantournées, chaque porte-lof fait avec le plan diamétral un angle porté à 40° dans un réglement, et de $22^{\circ}, 30'$ à 15° dans quelques auteurs, mais on le détermine convenablement; il est posé sur la garniture et va d'un côté aboutir à la muraille sur laquelle est clouée un taquet à gueule destiné à contenir son pied, et il est prolongé en dehors de la herpe de la quantité qu'exige la bordure de la voile de misaine; un étrier ou lien en fer l'assujettit à la herpe, et il est encore consolidé par un piton qui le traverse ainsi que le premier barot d'éperon. On borde ensuite la poulaine et on établit les latrines de l'équipage et celles des maîtres. Ces dernières sont à l'avant des courbes de bossoirs, entre la herpe et la muraille quelquefois on borde la poulaine en dessous des barots sur les jambettes de poulaine; on met les lisses de garde-corps. Pour embellir cet accastillage, on place des ornemens entre les jotereaux et sur les jambettes, puis on raccorde les jotereaux inférieurs avec la surface du bâtiment avec des bouts de bordage chanfreinés.

Place des porte-haubans.

On place les porte-haubans au-dessous du can inférieur des seuillets de sabords des caronades des gaillards, ils sont tous alignés sur la même virure, de chaque côté. Ceux du grand mât et du mât de misaine sont soutenus chacun par quatre courbes ou courbatons en chêne et quatre courbes ou écharpes en fer placées sur la surface supérieure et contre la muraille. Les pièces qui composent les porte-haubans sont assemblées par des tenons mis dans des mortaises pratiquées dans leurs cans, et elles sont traversées par autant de chevilles en fer rivées en dedans sur viroles

qu'il y a de caps-de-mouton. On fait la distribution des chaînes de haubans et les entailles, en présentant les caps-de-mouton garnis de leur chaîne, puis on les recouvre d'un listeau appliqué sur les porte-haubans. On réunit les grands porte-haubans à ceux d'artimon par des claires-voies, et on les prolonge à l'avant par un panneau à caillebotis pour y placer une sentinelle. Le tout est entouré par le même listeau.

Lorsqu'on a bordé sur les quenouillettes, on trace le couronnement avec de grandes lattes flexibles, de manière à lui donner un beau contour en anse de panier. On marque la place des termes lorsqu'on veut en mettre; et on s'occupe des bouteilles.

Dans les vaisseaux de premier rang, les bouteilles sont à trois étages; elles sont à deux dans les vaisseaux de second rang. Pour exécuter ces bouteilles, voici ce qu'on fait :

1.° On trace le gabarit de la lisse d'appui de la première bouteille. Cette lisse est une corniche qui a deux feuillures pour recevoir les bouts de bordages du bas et du haut de la bouteille; elle est placée un peu en contre-bas des seuillets de la seconde batterie, et elle s'appuie par un de ces bouts sur le prolongement d'une des corniches de la poupe, et par l'autre sur la muraille. Sa longueur mesurée sur le bord est d'environ quatre mètres; elle doit circonscire un espace assez grand pour qu'un homme puisse se mouvoir dans la bouteille et s'asseoir sur un siège d'aisance placé à l'arrière.

Tracé
des bouteilles.

2.° Par le point d'aboutissement de l'avant de la face intérieure de cette corniche d'appui, on trace sur la muraille une droite parallèle à l'alonge de cornière, et par le point d'aboutissement de la même arête sur la corniche de la poupe, on trace pareillement sur les bordages de l'arrière une parallèle à cette ligne; ensuite on marque la position de la sole du jardin. Cette sole

formé le plancher supérieur de la bouteille du gaillard ou des logemens qui sont sous la dunette ; la longueur du périmètre de cette sole doit être égale à celle de la face intérieure de la corniche d'en bas donnée par le gabarit qu'on a mis en place. Le gabarit de la sole du jardin étant fait et mis en place, on pose sur les deux gabarits des lattes parallèles aux lignes tracées sur la muraille et sur les bordages de la poupe ; ces lattes indiquent les fenêtres et fausses fenêtres des bouteilles.

3.° On fait le gabarit de la première sole, et on le place en contre-bas du seuillet de l'entrée de la bouteille, c'est-à-dire, à l'angle de la voûte sur la première virure de préceintes, de manière à n'affaiblir que le moins possible les pièces de liaison. On donne à cette sole moins de largeur qu'à l'espace circonscrit par la lisse d'appui, afin de n'être pas obligé de mettre au-dessous un cul-de-lampe trop saillant. Des lattes qui partent de ce gabarit et vont se terminer à la surface du vaisseau indiquent la forme du cul-de-lampe ; les bordages sont cloués sur cette sole et sur la feuillure inférieure de la lisse d'appui ; on met par dessus une corniche à placage et le cul-de-lampe au-dessous.

4.° On fait les gabarits des soles intermédiaires ; celle des gaillards doit être un peu au-dessous du livet, afin de pouvoir river les chevilles en dedans.

Dans les vaisseaux, la première sole a environ 122 millimètres d'épaisseur à bord et 95 en dehors ; celle du jardin a 27 mill. de moins, et les autres ont même épaisseur que la première. Toutes ces soles sont formées de pièces de bordages réunies au moyen de tenons et mortaises ; ces tenons au nombre de quatre pour chacune, ont 160 à 165 mill. de largeur et 80 à 85 de longueur. Chaque sole est fixée à la muraille par 3 ou 4 chevilles rivées sur les vaigres, et elle est soutenue par deux courbes en fer

qui sont attachées à la muraille et à la sole. Cela fait , on borde les bouteilles et on met une couche de peinture sur le bois , ensuite le calfat garnit avec de la toile que l'on peint comme on veut. L'appui du jardin est déterminé par le contour du couronnement , il doit être peu élevé parce qu'on ne met sur cette sole qu'un bassin en plomb. On place les pilastres des croisées et fausses croisées , les balustres qui vont de la corniche de la deuxième sole à celle d'appui au-dessus , le deuxième rang de balustres dans les plus grands vaisseaux , les termes et toutes les pièces d'ornemens et enfin le nom du bâtiment entre les deux premières corniches de la poupe.

Les bouteilles des bâtimens à poupe ronde sont quelquefois dans l'intérieur , afin de faire usage de l'artillerie par les sabords des hanches. L'avantage qui résulte de celles qui sont à l'extérieur consiste à laisser voir les manœuvres par les croisées et à donner moins d'odeur dans les logemens. On peut les établir en dehors de manière à permettre l'usage des canons par tous les sabords de la poupe.

Supposons qu'on veuille accastiller ainsi une frégate à poupe ronde , on met le seuillet du sabbord de l'entrée de la bouteille à la hauteur du can supérieur de la première virure de préceintes et on trace la lisse d'appui à la hauteur des seuillets des autres sabords de la batterie , afin que la volée du canon passe au-dessus de la corniche , puis on met la sole en contre-bas du seuillet , et on ne lui donne que la largeur nécessaire pour qu'un homme puisse se retourner , ensuite on place les gabarits de la sole et de la lisse d'appui de la bouteille du gaillard , ainsi que celui de la sole du jardin à la hauteur du plat-bord , de manière que la face inférieure de cette sole soit à l'uni du dessous du plat-bord , le tracé se fait comme pour une poupe carrée. Les soles et les lisses d'appui étant placées , on applique le bordage sur la sole

Bouteilles
extérieures d'un
bâtiment
à poupe ronde.

de la bouteille d'en bas et sur la lisse d'appui, ensuite celui qui monte de cette lisse à la sole des gaillards, et enfin le bordage de la bouteille supérieure, tribord et bâbord, de façon que tous ces bordages puissent être enlevés dans un branle-bas de combat, les lisses à placage qui sont appliquées dessus n'étant pas difficiles à retirer. Les croisées sont à coulisses, elles glissent de l'arrière à l'avant, et leurs châssis sont tenus par des targettes, en sorte qu'il est facile de les ôter dans le branle-bas. Ces croisées étant à-peu-près dans la direction des sabords, on pourrait tirer en faisant glisser les pannaux de croisées et retirant les châssis; alors pour ne pas être exposé aux accidens du feu, il convient de garnir avec des feuilles de plomb laminé ou avec des feuilles de fer-blanc, les parquets des bouteilles et le bordage jusqu'à l'appui en-dessous de la volée.

Quelques nations étrangères ont admis un autre procédé pour accastiller une poupe ronde, il consiste à placer une sole de chaque bord vers l'arrière de la hanche du bâtiment et établir les bouteilles en forme de tourelles. Entre les deux tourelles, ils établissent une plate-forme sur des courbes en fer surmontée extérieurement d'une rampe en fer à hauteur d'appui, comme étaient autrefois les galeries extérieures. On va aux bouteilles par les sabords de retraite; la rampe doit avoir deux grilles qui s'ouvrent en face de ces sabords, afin de pouvoir tirer.

Des amures.

Taquets de tournage
pour
amures et écoutes.

Rouets
qui remplacent
les dogues
d'amures
extérieurs.

On confectionne les galoches dans la muraille pour les amures de misaine et les écoutes de plusieurs voiles, les taquets de tournage des amures et des écoutes. Les amures de la grande voile sont passées dans des poulies, dont la caisse tribord et bâbord, est sur le gaillard, et correspond au-dessous du taquet d'envergure de la grande vergue orientée au plus près; la caisse est entourée d'un estrope en fer qui traverse la gouttière et va crocher dans un fort piton planté dans la muraille. A l'arrière du couronnement

on met une vergue en travers pour servir de minots aux grands bras , et on place sur la dunette deux pièces qui traversent le fronton et saillent en dehors d'une quantité égale à la demi-largeur du canot. Ces pièces forment le *porte-manteau* d'un bâtiment à poupe carrée ; mais pour une poupe ronde on met pour les grands bras deux minots qui traversent la muraille et les bordages de l'arrière des bouteilles , les pièces de porte-manteau sont appliquées sur le plat-bord et fixées avec la muraille par des chevilles et des étriers. On place le contre-étambot extérieur et on fait mouler d'après des gabarits les roses de gouvernail et l'étrier de liaison de la quille avec l'étambot , et on met ces pièces en place. On fait aussi placer les marches contre le bord , au milieu , depuis la flottaison jusqu'au sabord d'entrée sur les gaillards. Enfin on fait percer en plein bois le robinet de cale à tribord , à la hauteur de la face inférieure des baux du faux pont et un peu en arrière du bau arrière de la grande écouteille , c'est-à-dire en avant de la cloison de la cale au vin. On fait percer de même les robinets de différentiètres à l'avant et à l'arrière , le premier à bâbord et le dernier à tribord , et on renferme ces robinets dans de petites armoires en bois de chêne , construites solidement et fermant à clef ; on confectionne les mantelets de sabords , les croissans au-dessus des sabords et des hublots et on les met en place ; on travaille aux soutes et aux emménagemens du faux pont et des batteries.

Roses de gouvernail et étrier de l'étambot.

Robinet de cale et de différentiètres.

Croissans au-dessus des sabords et des hublots.

De l'appareil de la mise à l'eau.

Le vaisseau étant construit sur le bord de la mer , et placé de manière que dans les hautes marées l'eau ne vienne qu'à l'extrémité de la quille , au-dessous du talon de l'étambot , il s'agit de le lancer à l'eau. Nous avons dit en parlant de l'établissement de la cale que les longuerines et les transversales étaient sur un terrain solide , ou sur trois murs parallèles entr'eux ayant de 10 à 12

Construction du berceau.

décimètres d'épaisseur, et éloignés entr'eux de 15 décimètres, ce qui donne à la cale une largeur de 60 à 63 décimètres. Ces murs, ainsi que les longuerines, règnent depuis l'extrémité la plus élevée de la cale jusqu'à la laisse de basse-mer, les longuerines qui recouvrent chaque mur sont composées de trois rangs de pièces écarvées et travaillées suivant les sinuosités des murs; leurs écarts sont croisés, elles sont traversées par des goujons horizontaux, les transversales sont éloignées d'un mètre de centre en centre, et sont entaillées à épaulettes sur les longuerines; et les chantiers qui supportent la quille sont à deux mètres de distance, ensorte qu'il y a une transversale entre deux chantiers. Ces pièces débordent les murs de côtés suffisamment pour clouer les taquets des listeaux.

On fait le nivellement avec soin, afin que la cale et l'avant cale soient dans le même plan et que les lignes transversales soient parfaitement horizontales; ensuite on trace de chaque côté sur les transversales, une ligne parallèle à la quille et éloignée du milieu de 254 centimètres, ce qui détermine les faces intérieures des deux listeaux auxquels on donne 20 à 22 centimètres de hauteur et 11 d'épaisseur. Ils sont entaillés avec les transversales et cloués par-dessus et ils sont soutenus extérieurement par des taquets cloués sur les transversales et terminés en consoles. Ces deux listeaux étant ainsi éloignés de 5^m,08, déterminent la largeur du *berceau* ou *ber*. Communément on fait cette largeur égale au tiers de celle du vaisseau.

On place ensuite intérieurement le long de chaque listeau trois virures de bordage de 11 centimètres d'épaisseur; les clous qui les attachent sont bien enfoncés, le bordage poli au rabot en partant du haut de la cale, et le can du joint du bordage qui suit un autre bordage est arrondi de manière que les pièces nommées *coêtes* ou *anguilles* puissent glisser sans engrener. La longueur de ces coêtes est égale à celle de la quille; si elles sont plus

longues, il faut les pousser vers la proue parce qu'alors elles s'opposent au talonnement du brion sur la dernière transversale lorsque le bâtiment quitte la cale, puis elles sont moins sujettes à buter contre le fond. On les lie l'une à l'autre par des traverses placées à leurs extrémités en dehors des tins, et pour leur faire conserver leur parallélisme, on met entre chacune d'elles et la quille des arcs-boutans de deux en deux mètres, entaillés à épau-
 lettes sur la coëte; et afin de les empêcher de s'écarter et de forcer sur les listeaux, on les arme de boucles dans lesquelles on passe des liens de cordages roidis par des vireveaux.

Dans la partie où les varangues du bâtiment ont le moins d'acculement, on applique au-dessus de chaque coëte une forte ventrière façonnée pour que sa face supérieure s'applique exactement sur le bordage de la carène, sa longueur est telle que ses extrémités sont éloignées de celles de la quille de $\frac{3}{4}$ de la longueur de la flottaison. Chaque ventrière est composée de plusieurs pièces travaillées suivant les gabarits et les équerrages pris sur la carène, et posées bout-à-bout : on les soutient d'abord par des massifs.

On fait la distribution des *colombiers* : ce sont des pièces droites entaillées à épau-
 lettes et clouées d'un bout sur la face latérale de la coëte et de l'autre contre la ventrière. Les colombiers qui ne sont pas sous les ventrières sont entaillés et cloués sur la coëte, comme les autres; mais leurs extrémités supérieures sont taillées de manière à s'appuyer contre le bordage de la carène. Tous ces colombiers sont établis symétriquement des deux bords, leurs faces extérieures portent des coches, ou adents, destinés à recevoir des tours de cordages qui les unissent deux à deux de tribord à bâbord, en passant sous la quille : ces liens de cordages se nomment *roustures*.

Entre les colombiers placés sous les ventrières, nous avons mis des massifs pour soutenir ces dernières, maintenant on retire le

billot supérieur de chaque massif et on lui substitue quatre coins de burin dont deux sont fixés sur le massif, les deux autres passés par dehors seront enfoncés plutard avec force. Il y a sous chaque ventrière autant de massifs que de colombiers moins un. Les colombiers qui portent sur le bordage de la carène sont soutenus par des arcs-boutans dont le pied repose sur les coêtes, on met aussi sur leurs faces extérieures deux rangs de traverses à-peu-près parallèles aux ventrières.

En arrière du milieu, vers le travers du grand mât, on attache sur la face latérale de la coête un taquet, tribord et bâbord, et un second taquet sur l'extrémité des transversales de la cale, de façon à faire embecqueter un levier pour donner du mouvement au berceau. Deux ancres de 7 à 8 quintaux, à une patte ou deux, servent d'appui à la manœuvre de ces leviers. On place ensuite de chaque bord quatre clefs : ce sont des arcs-boutans de 18 décimètres de longueur et 2 d'écarrissage, ils ont un bout appuyé sur les transversales entaillées à cet effet, et l'autre contre un taquet fixé sur le côté de la coête ; le joint de ce dernier bout est garni de fer-blanc. Ces clefs sont disposées de façon à être abattues d'un coup de masse, un morceau de bois dans lequel est passé une corde leur sert d'appui, ce morceau est retiré au moment d'abattre la clef. On place aussi un arc-boutant derrière le contre-étambot, son pied porte dans une entaille faite sur une transversale et son bout supérieur est appuyé contre deux coins retenus par la ferrure d'en bas du gouvernail. Le bout de chaque anguille est retenu par un taquet cloué sur le bordage et par un arc-boutant entaillé d'un bout dans le bordage et de l'autre sur l'extrémité de l'anguille, la tête de cet arc-boutant est garnie de fer-blanc ainsi que l'entaille dans la coête.

Leviers de côtés.

Clefs de côtés.

Clef de l'étambot.

Taquets et arcs-boutans du bout des coêtes.

Des béliers.

A l'avant du bout supérieur des coêtes, on établit une plateforme sur chevalet et on y installe deux béliers pour billarder les

coêtes par le bout, en cas de besoin. Ces béliers sont en bois de chêne de 7 à 8 mètres de long et 38 centimètres d'écartissage environ : ce sont de vieilles épontilles de vaisseau auxquelles on fait des trous pour y passer des cordes servant à la manœuvre. On place aussi sous l'étrave un arc-boutant de chasse disposé de façon que les coins du pied puissent être frappés après la chute des caliornes, lorsqu'on met des saisines.

Arc-boutant
de chasse.

On met un coussin de sap sur la face arrière du contre-étambot pour heurter contre une drome sans rien endommager ; on démonte les échafauds et on abat les demoiselles qui les soutenaient.

Le berceau étant ainsi préparé, on le démonte cinq à six jours avant le lancement, on retourne les anguilles, et les calfats y appliquent, ainsi que sur le bordage de la cale, un enduit de suif qu'ils mêlent quelquefois avec un peu de savon gras appelé savon noir, pour faire glisser d'avantage. On remet les anguilles en place et on remonte le berceau ; puis on ferme les coulisses par de petites planches nommées *paracloses*, posées et clouées sur les listeaux contre les coêtes, afin d'empêcher les corps nuisibles d'y pénétrer. Alors la direction du port fait passer les liens de cordage dans les boucles pour empêcher l'écartement, et les rousures, savoir : six à sept tours de cordage blanc dans les coches du bas des colombiers et cinq à six dans celles d'en haut, ces cordages sont roidis au moyen de vireveaux ; elle fait mettre aussi des saisines, grelins qui passent dans des bagues formées de plusieurs tours de cordages passés eux-mêmes dans une mortaise pratiquée au bout de chaque coête, ou dans un organeau ; ces grelins font retour sur des canons ou bittes, plantés dans le sol, ils font plusieurs tours et sont roidis par deux caliornes et par des bridures. Il est à remarquer que ces saisines sont plus embarrassantes qu'utiles, parce que ce n'est pas sur elles qu'on doit compter, mais plutôt sur les clef de côtés, la clef ou arc-boutant de l'étambot, et les

Des saisines.

taquets et arcs-boutans ou clefs du bout des coëtes. J'ai vu lancer beaucoup de bâtimens et j'ai dirigé moi-même le lancement de plusieurs, et je n'ai jamais reconnu l'utilité des saisines; mais j'ai reconnu qu'elles étaient encombrantes et qu'elles gênaient la manœuvre des béliers et de l'arc-boutant de chasse dont l'installation est quelquefois d'une grande utilité pour mettre le vaisseau en mouvement et le poursuivre dans sa course. L'appareil est gardé la nuit par un contre-maître et deux ouvriers charpentiers.

Lancement du
vaisseau.

Le jour de la mise à l'eau étant arrivé, l'ingénieur fait buriner, c'est-à-dire frapper les coins de burin de trois volées de trente coups au moins, données par les charpentiers, environ six heures avant le lancement; ensuite il fait ôter les accores du troisième rang qui nuisent et fait mettre les burins au refus, puis il les fait clouer. Des pompes sont établies pour donner de suite le premier mouillage, ce sont les mêmes dont on s'est servi pour mettre de l'eau dans la cale. On arrose fortement les coutures et les saisines (dans la supposition qu'il y en ait), alors on fait casser les chantiers intermédiaires dans le travers des ventrières, puis on arrose une seconde fois, si cela est nécessaire. On continue de casser les chantiers et on enlève le reste des accores du troisième rang. Les calfats suivent l'avant-cale à mesure que la mer monte.

On retire tous les chantiers à l'exception de cinq qu'on réserve, trois à l'avant et deux à l'arrière; on lève le deuxième rang d'accores, deux à la fois et par ordre, on casse deux des chantiers restans, puis on lève les taquets du bout des coëtes, ensuite les accores intermédiaires, marqués par les numéros pairs, en commençant par ceux des hanches et les faisant enlever successivement deux à deux, l'un à tribord et l'autre à bâbord. Cette opération doit être faite avec précision, les deux accores qui se correspondent des deux bords doivent être enlevés à la fois.

On fend les derniers chantiers de l'avant de manière qu'ils puissent cabaner et celui de l'étambot, et on fait retirer les autres de dessous la cale. Maintenant que la quille repose encore sur trois chantiers, on fait ôter l'échelle et les accores de la poupe; un contre-maitre et un aide-contre-maitre charpentier font la visite sous le bâtiment et s'assurent que rien ne peut nuire à sa marche, on détache les paracloses et on lève les accores de numéros impairs, en commençant toujours par ceux d'en bas; on ôte le chantier de l'arrière et ceux de l'avant si le bâtiment ne force pas; les paracloses sont levées en même tems et les coulisses visitées par les calfats, ensuite on ôte l'arc-boutant de l'étambot, puis les arcs-boutans des coêtes au moyen de leviers en fer. Enfin on bat les clefs de côtés toutes à la fois et on coupe les saisines; les leviers étant parés on force dessus et on fait billarder et forcer sur l'arc-boutant de chasse en même tems si le vaisseau n'est pas déjà en mouvement.

On a la précaution d'établir auparavant deux cables dont un des bouts de chacun est attaché aux bittes du bâtiment, ils sortent par les écubiers et sont lovés des deux côtés de la cale et fixés aux poteaux ou canons plantés et arc-boutés dans le sol, leur longueur est plus grande que la course que doit faire le bâtiment avant d'être arrêté; une partie de la longueur de ces cables est lovée sur le pont avec des bosses cassantes, mais il faut bien observer que la partie des cables lovée sur le pont ne doit se déployer que quand le navire a franchi son ber: parce que quand les cables font têtes, ils peuvent former des coques à leur entrée dans les écubiers et arrêter le bâtiment. Les bosses cassantes servent à ralentir le mouvement quand le bâtiment va buter contre la drome de vieux bois tendre placée en avant, à une distance moindre que la longueur des cables, et qu'il la pousse devant soi en perdant son mouvement acquis; elles préviennent, ainsi que la drome, un

Précaution
à prendre pour les
cables de retenues.

Drome placée dans
la direction
du bâtiment.

mouvement en sens contraire ou composé qui pourrait faire heuster le bâtiment contre quelque obstacle.

Orins de retenue
du berceau.

Bouées
qui ramènent le ber
à flot.

Gueuses en fer
pour enfoncer
l'avant des coêtes.

Deux orins fixés aux poteaux ou canons plantés à l'avant de la cale et aux bagues du berceau, sont destinés à retenir l'appareil lorsque le bâtiment l'abandonne dans l'eau; et plusieurs bouées sont amarrées au berceau par des cordes passées dans des boucles fixées aux coêtes, afin de le ramener sur l'avant-cale. Les colombiers n'étant pas fondriers, on place avant le lancement des gueuses en fer sur les coêtes depuis les ventrières jusqu'aux extrémités qui correspondent à l'étambot pour faire plonger la partie la plus avancée dans l'eau lorsque le bâtiment se relève. Ces gueuses, au nombre de 70 à 80 pour un ber de vaisseau, suivant la pesanteur spécifique des colombiers, sont réparties uniformément dans l'étendue que nous venons de dire.

Résumé de la manœuvre du lancement sur berceau.

1. Buriner les coins ensemble, trois volées de 30 à 36 coups chaque, les repasser et les mettre au refus.
2. Clouer les coins et enlever les petits accores.
3. Arroser les roustures et les saisines.
4. Casser et retirer les chantiers dans l'étendue des ventrières.
5. Arroser une deuxième fois s'il est nécessaire.
6. Lever les accores intermédiaires du deuxième rang.
7. Casser et retirer les chantiers intermédiaires de l'avant et de l'arrière des ventrières, en conservant les trois chantiers qui se suivent à l'avant et les deux de l'arrière.
8. Lever le reste des accores du deuxième rang par ordre.
9. Fendre les chantiers restans et les enlever, à l'exception des deux premiers de l'avant et de celui de l'arrière, les premiers devant cabaner; faire enlever l'échelle.

10. Lever les taquets du bout d'en bas des coëtes ; déchausser les accores de numéros pairs du premier rang.

11. Lever ces accores, deux à deux, par ordre.

12. Faire la visite sous le bâtiment ; lever les paracloses et visiter les coulisses.

13. Lever les accores de la poupe, et déchausser les accores de numéros impairs du premier rang, et ôter le chantier de l'arrière.

14. Lever les accores de numéros impairs par ordre, en commençant toujours par le bas, et retirer les chantiers de l'avant si le bâtiment ne force pas, et les laisser si le bâtiment paraît s'appuyer sur les clefs.

15. Lever la clef de l'étambot.

16. Faire dévirer les taquets des clefs du bout des coëtes, et enlever ces clefs.

17. Abattre les clefs de côtés ensemble et couper les saisines.

18. Billarder avec les béliers ; frapper les coins de l'arc-boutant de chasse, et forcer sur les leviers de côtés bien ensemble, si le bâtiment n'est pas déjà en mouvement.

Il est bon de faire faire aux ouvriers l'exercice des clefs avant le lancement ; en se servant d'un tambour la manœuvre se fait avec une grande précision.

Lancement d'un bâtiment sur les coëtes mortes.

L'appareil en berceau que nous venons de décrire est usité en France dans le lancement d'un vaisseau de ligne ; il exige une grande dépense de cordages blancs pour faire les roustures ; mais on ne saurait prendre trop de précaution pour prévenir la fatigue des liaisons d'un grand vaisseau lorsqu'il arrive à l'extrémité de l'avant cale. Le même berceau sert aussi au lancement des frégates. On employe quelquefois pour ces dernières, et pour les bâtimens

de moindre grandeur, l'appareil à *coêtes mortes*, usité dans quelques ports de commerce comme étant moins dispendieux : il consiste à faire glisser le navire sur sa quille placée dans une coulisse, en le soutenant de chaque côté sous ses flancs, par des ventrières appuyées sur les coêtes mortes ou tringles parallèles à la quille et prolongées jusqu'à l'extrémité de l'avant cale. M. Pestel, directeur des constructions navales, a mis cet appareil en usage à Brest.

La cale étant construite comme nous l'avons dit page 87, mais n'étant point bordée, supposons qu'on veuille lancer par ce procédé une frégate de 44. On tracera de chaque côté sur les transversales, et à une distance de 2^m,5 du milieu de la quille, une parallèle au plan diamétral, ce qui donnera aux coêtes 5 mètres de distance de dehors en dehors ; cette distance suffit. On donne aux coêtes 22 centimètres d'écartissage. Ces pièces sont établies sur des massifs dont les tins supérieurs sont entaillés pour les recevoir et qui sont élevés de manière que les coêtes étant posées dessus, il y ait entre leur face supérieure et le bordage du bâtiment vers le milieu un intervalle de 13 centimètres, afin de pouvoir placer des ventrières ; elles sont placées bout-à-bout et elles règnent depuis le travers de l'avant du cinquième sabord avant jusqu'à l'extrémité de l'avant cale. La face supérieure de chaque coête est parallèle au flanc du navire vers son milieu, et comme l'inclinaison de la cale est donnée, il en résulte que les faces supérieures des coêtes sont dans deux plans déterminés et qui coupent le plan diamétral suivant la même ligne. Les massifs sont composés de plusieurs billots de bois de tins en chêne mis en travers de la cale, et cloués et consolidés ensemble et avec la coête par des gardes, tribord et bâbord. Tout ce système de massifs et tringles est encore soutenu par trois espèces d'arcs-boutans, les uns qui s'opposent à l'écartement, les autres au

rapprochement, et les derniers arc-boutent en sens contraire de l'inclinaison de la cale.

Dans l'intervalle de 13 centimètres qu'on a laissé au milieu, entre la coëte et le flanc du navire, on met des ventrières qu'on applique sur le bordage; ce sont des pièces de bois de 10 mètres de longueur travaillées d'après un gabarit fait suivant le contour de la carène au-dessus de chaque coëte; leurs faces latérales sont planes et parallèles, et la face inférieure de chacune est dans le même plan que la face supérieure de la coëte sur laquelle elle doit porter. On laisse au plus 3 centimètres de jeu entre ces deux pièces pour le suivage et pour que le bâtiment ne porte pas des deux côtés à la fois. Lorsque le bâtiment n'a pas son doublage en cuivre, on assujettit les ventrières à la carène au moyen de courbés en bois qui ont une branche clouée sur le bordage et l'autre sur la face latérale extérieure de la ventrière.

Ventrières sous un bâtiment qui n'a pas son doublage.

Mais quand le bâtiment ne doit pas entrer dans un bassin, on le double en cuivre sur la cale, et alors il faut éviter le clouage des ventrières sur la carène. On y parvient en donnant aux ventrières la forme de coulisseaux renversés, c'est-à-dire qu'elles débordent les coëtes et les embrassent de chaque côté par un listeau qui descend d'environ 8 centimètres au-dessous de la face supérieure de la coëte. Le listeau extérieur fait partie de la ventrière, et celui qui est intérieur doit être cloué plutard sur cette pièce.

Ventrières sous un bâtiment qui a son doublage.

Afin de tenir les ventrières serrées contre le bâtiment sans les clouer, on perce à chacun des bouts un trou évasé et chanfreiné d'une face latérale à l'autre, pour passer des orins de 8 centimètres de grosseur; on passe par dehors dans le trou de l'avant de la ventrière un de ces orins qu'on éloigne en dedans sur le flanc du navire et on attache le bout à une boucle fixée à l'arrière de la ventrière, la grande partie de l'orin qui reste en dehors passe sur

la face extérieure, la serre en s'éloignant sur la carène, et va passer par un sabord de retraite, ou un hublot de la sainte barbe. Le second orin passe pareillement par le trou de l'arrière, il a un de ses bouts passé par en dedans fixé à la boucle de l'avant de la ventrière, et la partie de cet orin qui est en dehors passe sur la face extérieure de la même ventrière parallèlement au premier et va passer par un écubier. Ces orins sont roidis dans l'intérieur du bâtiment; plutard on met des crampes pour les maintenir sur les ventrières extérieurement et intérieurement.

L'établissement de la coulisse dans laquelle doit glisser la quille demande un grand soin; les tins sur lesquels elle repose exigent qu'elle soit formée de plusieurs pièces nommées *coulisseaux*. Nous avons dit que les tins sont éloignés de deux mètres, de centre en centre, traçons de chaque côté sur leur surface supérieure deux parallèles, la première éloignée de 25 millimètres de la face latérale de la quille, et la seconde à 135 millimètres, ce qui donne 11 centimètres d'épaisseur aux listeaux des coulisseaux, leurs faces extérieures étant sur les secondes parallèles. La hauteur de chaque listeau au-dessus du bordage de la coulisse est de 12 à 15 centimètres, et l'épaisseur du bordage 11. Chaque listeau placé entre deux tins a environ 1^m, 40 de longueur, afin qu'il reste entre ses extrémités et les tins environ 15 centimètres pour la manœuvre.

Les coulisseaux étant préparés et ayant un des listeaux de côtés cloué, on les présente sous la quille ou la fausse quille, si elle est en place, et on les appuie sur de bons massifs éloignés de 15 centimètres les uns des autres. On retire les tins supérieurs qui ont soutenu pendant la construction, et on les remplace par d'autres de bois sec et facile à fendre, après avoir poli le dessous de la quille et chanfreiné un peu les arêtes. Ensuite on prolonge la coulisse sans interruption depuis l'étambot jusqu'à l'extrémité de l'avant-caiel.

Parmi les accores du premier rang , on en met deux de chaque bord , l'un à 2^m, 50 en avant du milieu et l'autre à la même distance en arrière. Ces quatre accores servent de béquilles ; chacun d'eux est appuyé contre le bâtiment sous un taquet travaillé circulairement pour recevoir le bout arrondi de la béquille , afin qu'elle puisse tourner quand le bâtiment part , l'autre bout est serré sur une semelle par deux coins. On force tant qu'on peut les accores de l'arrière , jusqu'à soulever.

On applique de chaque côté quatre clefs , comme nous l'avons indiqué pour le berceau , à l'exception que celles-ci arc-boutent contre des taquets cloués sur les faces latérales de la quille , et on met de chaque côté un arc-boutant ayant un bout appuyé contre une galoche clouée sur la face latérale de l'étrave , et l'autre entaillé dans une transversale en arrière de l'angle du brion , le bout de cet arc-boutant qui porte sur la galoche est garni de fer-blanc , ainsi que la galoche travaillée convenablement pour le recevoir , de façon que ces deux arcs-boutans soient abattus en même tems , chacun par un coup de masse. Ces arcs-boutans sont capables de retenir le bâtiment ; ils tiennent lieu de saisines , ce sont les clefs de l'avant ; mais comme ces clefs , ainsi que celles de côtés et les leviers , exigent des taquets qui restent attachés au bâtiment , il en résulte qu'on ne peut appliquer ce procédé qu'aux navires qui ne sont pas doublés. On met à l'étrave un arc-boutant de chasse et à l'étambot un arc-boutant ou clef. On pourrait en mettre aussi aux ventrières.

Clefs sur les côtés et à l'avant pour la retenue d'un bâtiment non doublé.

Lorsque le navire a son doublage , si l'on craint que ces dernières clefs ne suffisent pas pour le retenir jusqu'au dernier moment , on met des saisines au lieu des clefs de côtés et de l'avant : pour cela , on ceint le bâtiment tout autour à la hauteur des premières alonges , par un cable d'au moins 55 centimètres , soutenu par des aussières qui passent par les sabords et les écubiers ;

Cas où le navire a son doublage en cuivre.

ce cable est fourré à l'arrière au-dessous de la jaumière contre une garniture en bois de sap, et transfilé vers l'étrave, de manière à former un amarrage solide qui porte une grosse moque dans laquelle on passe 30 à 35 tours de cordage neuf de 8 centimètres de grosseur formant une bague. Dans cette bague on passe plusieurs tours d'un grelin qui fait retour autant de fois en passant dans le double d'un bout de cable de 55 centimètres, amarré sur les canons dont nous avons parlé. Le grelin est fortement ridé au moyen de caliornes et de cabestans.

Mise à l'eau.

La veille ou le matin de la mise à l'eau, on retire les ventrières pour les suiver ainsi que les coêtes, puis on les remet en place et on les fixe suivant l'un des procédés indiqués. Si l'on a mis des saisines on les fait fortement arroser le matin de la mise à l'eau; on retire les coulisseaux et on les fait bien suiver, ainsi que le dessous de la quille, ensuite on les remet en place; mais on ne les pose plus sur les tins supérieurs des massifs, on supprime ceux-ci et on les remplace par de larges coins de burin dont les deux faces forment un angle très-aigu. Ces coins sont en chêne et ils sont disposés en sens contraire. On burine fortement et à plusieurs reprises, et on met les parties du listeau de côté qui doivent fermer les coulisseaux et on les cloue; on cloue aussi les coins avec les massifs dans toute l'étendue de la cale, à l'exception des deux derniers coins du coulisseau qui est vers le brion; ces coins devant être frappés après l'abattage des clefs. On remet en place les arcs-boutans et taquets des listeaux et on les cloue; et pour qu'il ne s'introduise rien de nuisible, tels que de petits copeaux et des clous, dans les coulisseaux, on les recouvre partout d'une ligne d'étope fine qui sert de paraclose et qu'on ôte au moment de la mise à l'eau. Les coêtes et la coulisse de l'avant-cale sont suivées à mesure que la mer monte.

On délivre les tins intermédiaires dans l'ordre que nous avons

dit à l'égard du berceau , puis on polit et on suivé le dessous de la quille. Il y a des ingénieurs qui fout casser les tins intermédiaires en commençant par l'arrière. Ces tins n'ont que 10 à 11 centimètres d'épaisseur et sont faciles à enlever.

Si le bâtiment n'a pas son doublage , les accores du petit fond et le deuxième rang sont encore en place ; mais s'il est doublé , ces deux rangs d'accores sont ôtés immédiatement après qu'on a mis les béquilles au-dessus de la flottaison lège , afin de mettre le doublage. Dans le premier cas on lève ces deux rangs d'accores comme ceux du berceau , puis on lève les accores intermédiaires du premier rang , marqués par des numéros pairs , et dans le second il n'y a que ces derniers à lever.

Dans les deux cas , aussitôt que les accores pairs du premier rang sont levés , on fend les chantiers restans à la réserve de deux à l'avant et un à l'arrière , on lève les accores des épaules et ceux de l'arrière ; on retire les chantiers et on lève ensuite les accores impairs du premier rang deux à deux à partir d'en bas et par ordre , puis la clef d'étambot ; et si le bâtiment ne force pas , on retire les deux chantiers de l'avant et celui de l'arrière qui sont déjà prêts à cabaner. On abat les clefs de retenue des deux côtés à la fois et de suite les clefs de l'avant ; on largue les béquilles , et si le bâtiment ne part pas , on burine les coins de l'avant qui n'ont pas été fixés et ceux de l'arc-boutant de chasse.

Si le bâtiment a son doublage , on coupe les saisines après que les clefs de l'arrière sont levées.

Toutes les circonstances du mouvement du vaisseau sur la cale sont déterminées par la théorie du mouvement d'un corps sur un plan incliné , en ayant égard au frottement , à l'adhésion et à la résistance de l'eau , et on détermine la grandeur des obstacles qui pourraient anéantir le mouvement en divers points de la cale ;

on compare leurs effets sur les gros et les petits bâtimens. On expose les précautions qu'il faut prendre de plus pour lancer les bâtimens dans les ports de la Méditerranée et que n'exigent point les ports de l'Océan qui ont de grandes marées.

Lorsqu'on ne met que du suif sous les anguilles du ber, le suivage étant fait six jours avant la mise à l'eau, l'adhérence devient considérable, elle est moindre lorsqu'on ajoute du savon gras appelé savon noir. Le dernier appareil ne restant que six ou huit heures sur son suif glisse presque toujours aussitôt l'abattage des clefs.

Le lancement sur des tringles de 22 centimètres exige un grand nombre de billots, on les remplace quelquefois par de fortes pièces élongées dans toute l'étendue de la cale, selon les bois qu'on a à sa disposition. Le berceau est préférable pour les grands bâtimens, il dure long-tems et il s'applique bien aux bâtimens qui ont leur doublage, ce qui est avantageux aux ports de la Méditerranée.

Relevé
des tirans d'eau.

Le bâtiment étant à l'eau, on relève de suite les tirans d'eau et la hauteur de batterie, tribord et bâbord, et on met aussitôt du lest dans la cale.

Peinture de
l'œuvre vive et
de l'œuvre morte.

Pendant la construction, on a soin de faire appliquer une couche de peinture à l'huile sur les baux, les vaigres des entreponts, sous les courbes et le bordage extérieur au-dessus de la flottaison, lorsque le bois commence à gercer en séchant et faisant son retrait. On peint aussi la carène, même avant le calfatage et la mise des dernières gournables, et on entretient ainsi le bâtiment lorsqu'il doit rester long-tems sur la cale.

Peinture des
bois en contact.

On préfère maintenant mettre de la peinture au lieu de goudron dans les écarts de la quille et des baux, de même que dans les entailles à margouillots et dans les assemblages à tenons et mortaises

avec la quille, et les entailles des baux dans les bauquières. On met de la frise goudronnée et de la peinture par-dessus ou du feutre mince dans les écarts de la quille et quelquefois dans les écarts des autres pièces de bois en contact. Le feutre imperméable est également bon entre le bordage et le doublage en cuivre. L'étrave, la quille et l'étambot sont peints au commencement de la construction.

Les élèves apprennent aussi la construction de la frégate la Surveillante, construite sur les plans de M. Boucher, Sous-Directeur de la division des ports, et d'après son mémoire.

On leur expose le carénage et la manière de faire le doublage, ensuite l'armement du bâtiment, et on leur fait étudier le traité de la mâture et de la voilure de M. FOREAÏT; le mémoire sur la voilerie, suivi d'un rapport sur les toiles à voiles, par M. O. DEGAY, Directeur des constructions navales.

On fait connaître aux élèves les épreuves qu'on fait subir aux matières et comment on juge qu'elles sont admissibles en recette; les devis estimatifs de la main-d'œuvre établis par M. le Baron ROLLAND, inspecteur général du génie maritime, et on leur fait déterminer le prix qu'on doit allouer à chaque pièce, d'après le nombre des journées de travail, et aussi les prix des pièces confectionnées d'après les matières employées.

J'ai exposé au tableau et j'ai donné par écrit à MM. les élèves, les démonstrations de toutes les propositions théoriques et les solutions des problèmes énoncés dans le présent sommaire.

J'ai omis à la page 49, de rapporter les expériences que M. le Baron LAIR a faites à Brest en 1821, sur des barres de fer forgé au martinet et de fer passé au laminoir et dont les pesanteurs spécifiques étaient 7, 7475 et 7, 9315. Ces barres ont été éprouvées

de trois manières : la première au moyen d'une machine qui leur donnait un mouvement de va-et-vient jusqu'à la rupture, la force était mesurée par un dynamomètre attaché de chaque côté à une corde qui était passée sur une jante et tirait la barre à l'aide d'un treuil ; la deuxième en plaçant les barres sur deux rouets d'appui éloignés de deux mètres et les chargeant jusqu'à porter la flexion à une flèche de 0^m,45, qui est le terme vers lequel quelques unes ont rompu ; et la troisième en soumettant des anneaux ouvrés avec l'un et l'autre fer à une force de traction.

En calculant la résistance des fibres et conservant la seconde puissance de la flèche pour les barres posées sur deux appuis, je trouve par millimètre carré,

Fer carré de 27 mill., forgé au martinet.	67 ^k 30
<i>idem</i> 23 <i>idem</i> ,	69 36
Fer rond de 27 mill. de diamètre <i>idem</i>	70 58
<i>idem</i> 23 <i>idem</i>	67 92
Fer carré de 27 mill. laminé.	66 40
<i>idem</i> 23 <i>idem</i>	61 73
Fer rond de 27 mill. de diamètre.	63 38
<i>idem</i> 23 <i>idem</i>	56 31

Ces résultats ne sont qu'approximatifs, parce qu'on n'a pas relevé les angles des barres avec la verticale sur les rouets d'appui.

Les pesanteurs spécifiques font présumer un mélange avec le minéral de fer ; en supposant que ce soit du manganèse, dans quelle proportion faut-il mêler ces deux minéraux pour obtenir le meilleur fer ?

CORRECTIONS ET ADDITIONS.

- Page j, titre, ligne 5, ber, il faut entendre un appareil en berceau dont la base est formée de deux pièces nommées *anguilles* ou *coêtes*, (on écrit aussi *côtes* et *couettes*.)
- iiij, ligne 4, en remontant, insérée, lisez insérées.
- vij, ligne 1, par rapport à, lisez pour.
- id., ligne 3, en remontant, divisée, lisez divisé.
- viii, ligne 9, en remontant, maximum, lisez minimum.
- xj, ligne 7, aux vitesses, lisez à la vitesse.
- xvj, ligne 2, le grand axe, lisez la route ne change pas de direction dans les petites oscillations : c'est-à-dire, que l'axe vertical du vaisseau soit un de ses axes principaux.
- xx, ligne 3, en remontant, plus tard, lisez plutard.
- 13, ligne 6, en remontant, pesanteur, lisez pesanteurs.
- 21, ligne 3, proue, lisez poupe.
- 46, ligne 5, situés, lisez situées.
- 77, ligne 12, passant, lisez passent.
- 83, ligne 5, en remontant, hublots, lisez dalots.
- 84, ligne 4, en remontant, latrines, lisez latrines du milieu.
- 93, ligne 3, en remontant, d'un tenon et d'une mortaise, lisez de deux tenons et deux mortaises.
- 95, ligne 14, liées par des gardes, lisez liées par des gardes et goujonnées.
- id., ligne 6, en remontant, clés, lisez clefs.
- 96, ligne 3, en remontant, et pages 98 et 99, clés, lisez clefs.
- 99, ligne 6, en remontant, encoches, lisez coches.
- 101, ligne 6, de deux pièces, lisez de deux pièces ayant leur empâture à croc.
- 106, ligne 11, dans un même plan que l'autre, lisez dans le même plan que l'autre; c'est-à-dire, que l'œil placé à une certaine distance de la première, voie les deux lignes sur le même rayon visuel en regardant au milieu, à tribord et à bâbord.
- id., ligne 13, après seconde ligne, ajoutez, et ainsi des autres lignes. On tend aussi une corde du milieu de l'étrave à celui de l'étambot, et on lui donne une courbure convenable à l'aide de poids légers suspendus en divers points de l'avant, afin d'obtenir la tonture déterminée à la salle des gabarits, et qu'on peut d'ailleurs rapporter sur la surface intérieure des membres, à l'aide de lignes transversales horizontales et d'un niveau placé sur une ligne droite menée de l'étrave à l'étambot; par conséquent, c'est de construire dans l'espace une courbe par abscisses et ordonnées.
- 114 et suivantes, goutières, lisez gouttières.

TABLE DES MATIÈRES.

Notions préliminaires et tracé des plans.	page	1.
Mesure des surfaces et des volumes, et calculs des centres de carène et de flottaison.		7.
De la stabilité.		8.
De la surface tangente aux flottaisons.		9.
Applications à la pratique.		13.
Résumé des calculs.		14.
Résistance des fluides.		16.
Roues hydrauliques.		27.
Mouvement du vaisseau dans deux milieux résistans.		30.
Oscillations du centre de gravité et autour de ce centre.		34.
De l'action du gouvernail et des voiles dans le mouvement de rotation autour de l'axe vertical.		35.
Résistance des solides.		37.
Des momens des batteries.		57.
Des machines.		58.
Théorie des rames.		61.
Des machines à vapeur.		62.
Des machines tractoires.		72.
De la Composition des plans.		79.
Tracé à la salle.		85.
Ordre à suivre dans la construction d'un vaisseau.		86.
Toiture mobile établie sur le vaisseau.		97.
Suite de la construction.		98.
De l'appareil de la mise à l'eau.		141.
Direction de la manœuvre du lancement sur berceau.		148.
Lancement sur les côtes mortes.		149.

5,00

~~_____~~
~~_____~~
~~_____~~

