

CONSIDERATIONS SUR L'OUTILLAGE DES CHANTIERS NAVALS.

Par M. Eug. M. J. GILLON,
Ingénieur naval.

20858

Quand, en 1858, Scott Russel construisit le « *Great Eastern* », Brunel, qui en dressait les plans, ne disposait que d'éléments de dimensions modestes, tels que les manufacturaient les fabricants de fer de l'époque.

Il eut recours à un système de structure longitudinale cellulaire, constitué de poutres en tôles de 1/2 pouce, formant double bordé, composé de tôles de 3/4 pouce d'épaisseur. Les rivets avaient un diamètre de 7/8" et étaient distants de 3 pouces; les cornières mesuraient 4" × 4" × 5/8".

Les barrots du pont supérieur étaient composés de tôles intercostales, mises dans le sens longitudinal, et les faces inférieures et supérieures de ces barrots étaient recouvertes de tôles, formant ainsi un double bordé de pont.

Le « *Great Eastern* » mesurait 692 pieds de longueur totale, 82' 2" de largeur et 58' 0" de creux au pont supérieur.

Son déplacement normal atteignait 27.000 tonnes; mais, quand il fut employé à poser des câbles sous-marins, il calait jusque 32.000 tonnes.

Si Brunel réalisa merveilleusement une construction de grande résistance, mais de poids très modéré, il veilla également à la grande sécurité du navire, en le pourvoyant d'un double fond continu. L'efficacité de celui-ci fut mise à l'épreuve quand le *Great Eastern* se fit une brèche de 80 pieds sur 10, sur les récifs de « Montank Point » — ce qui ne l'empêcha pas de poursuivre sa route sur New-York, sans que ses passagers se doutassent de l'accident !

Ce premier léviathan faisait 14 nœuds avec des machines de 8.000 HP disposant de 20 lbs de pression.

4.000 passagers pouvaient être transportés, répartis sur trois classes.

Laisant de côté la question du rendement et du résultat commercial, nous devons admettre que le *Great Eastern* retint souvent l'attention des constructeurs sur les idées de Brunel qui leur servirent par après — par exemple le double fond et la structure longitudinale.

Bien que les navires en fer fussent dotés de dimensions de plus en plus grandes, des années s'écoulèrent avant d'en arriver aux dimensions du *Great Eastern*.

Ce ne fut qu'en 1893 que le *Lucania* vint, avec 625 pieds de long et 19.000 tonnes de déplacement; puis en 1899, l'*Océanic*, 705', 32.800 tonnes; en 1901, le *Celtic*, 700' × 75' × 49', déplacement 37.700 T. Après le *Titanic*, l'*Aquitania* et le *Mauritania* (1914), 901' × 97" × 64' 6", déplacement 49.450 T., poids de la coque : 29.150 T., capacité : 46.150 G.T., l'*Impérator*.

L'émulation pour la détention du « Blue Ribband » eut pour conséquence la mise en chantier d'unités de plus en plus importantes et plus rapides — le *Normandie*, le *Queen Mary*, par exemple — pour arriver, actuellement, au *Queen Elisabeth*, lancé en septembre dernier et qui sera mis en service en 1940. Le poids de coque de ce nouveau géant des mers atteignait au lancement 40.000 tonnes; on estime sa capacité cubique (gros tonnage) à 85.000 !

Nous n'aurions jamais été à même d'atteindre de pareilles unités, si nous n'avions pu disposer d'un matériau résistant, ductile, malléable et suffisamment homogène, qui pouvait se prêter à fournir l'échantillonage réclamé par le constructeur : l'acier.

L'acier a remplacé le fer.

Au début l'acier coûtait plus cher; en 1877, le double.

Ce fut en France, aux arsenaux de Brest et de Lorient que, vers 1874, l'emploi de l'acier fut préconisé pour des navires de ligne cuirassés.

L'Angleterre étudia les procédés de Brest et suivit bientôt ses méthodes.

D'autre part, le « Lloyds Register » consentait, pour l'emploi de l'acier au lieu de fer, une réduction de 20 % sur l'échantillonage et de 18 % sur le poids, ce qui se traduisit par une augmentation moyenne de deadweight de 13 à 13 1/2 %, pour un navire de mêmes dimensions.

Cependant, vers les 1880, un spardeck en acier de 4.000 T. G.T. coûtait environ 100.000 fr. de plus qu'un tel spardeck en fer.

Mais, peu à peu, le prix de l'acier diminua, pour descendre finalement en dessous du prix du fer.

L'acier couramment employé maintenant est l'acier doux « Siemens » dont les qualités ont été progressivement amé-

liorées. En Angleterre, la résistance courante est de 30 tonnes par pouce carré, ce qui revient à 48 kg. par m/m. carré.

Evidemment, toutes les parties d'un navire ne travaillant pas au même degré, certaines ont à supporter des efforts plus considérables que d'autres. Il s'en suit qu'il faut disposer dans ces endroits des aciers de résistance supérieure. On utilise, à cet effet, des aciers spéciaux. Ils coûtent plus cher. L'acier de 33 à 38 tonnes par pouce carré est maintenant employé dans les liaisons hautes des navires à passagers (52 à 60 kg. par m/m²).

Ces aciers spéciaux sont principalement à base de nickel, de cuivre, de chrome, etc., et les fabricants les ont baptisés de noms divers : « Martinel », « Restelco » le « 18/8 », etc.

En même temps que la constitution du métal évoluait, les dimensions des tôles se sont accrues, les profilés se sont diversifiés et les nouvelles formes offraient une plus grande rigidité et une résistance plus élevée, pour un même poids.

Les fers U, Z, T, H, les cornières et les tôles à boudin, les poutrelles double té, etc., sont venus s'ajouter aux cornières primitives.

En lieu et place de membrures constituées d'une cornière rivée à une autre cornière renversée, ces nouveaux profils ne réclamaient pas ce dédoublement, d'où économie de poids et de travail notamment d'apprêtage, de façonnage, de rivetage.

Les tôles qui, lors de l'usage du fer, mesuraient de 10 à 12 pieds sur 3' 6", pour atteindre quelquefois 16 pieds de long, furent rapidement dépassées par les tôles en acier.

Pour les constructions moyennes, les longueurs de 24' à 34' sur 5' à 5' 3" de largeur, telles qu'on les utilisait il y a trente ans déjà, ont été portées à 42'-45'; la largeur n'a guère dépassé les 6 pieds. Une trop grande largeur complique les machines-outils.

Déjà en 1893, Doxford employait pour des navires transportant du bétail, des tôles de 64' × 4' à 4' 3"; pour des transports frigorifiques, il utilisait même des tôles de 67' × 5' 6" pesant 6 tonnes.

Colville (Notherwell) fournissait des tôles de 50' × 11' 2". De tels perfectionnements et renforcements ont été apportés aux laminoirs que ceux-ci sont à même de pouvoir fournir des tôles de n'importe quelle dimension, pour autant que les

chantiers soient eux-mêmes outillés pour pouvoir les manipuler.

L'épaisseur des tôles n'a guère été portée au delà de 1 1/2". Les fortes tôles de muraille de l' « Aquitania-Mauritania » étaient de 23/20" vers le milieu de la longueur; la forte épaisseur requise pour la quille était obtenue par un doublage.

On conçoit que l'importance croissante des parties métalliques constitutives de la coque réclamait des machines de plus en plus puissantes pour les façonner; ou, que, d'autre part, les machines-outils modernes existantes imposaient les dimensions limites qu'on ne pouvait dépasser.

Les qualités des aciers sont telles actuellement qu'on peut les travailler à froid le plus aisément possible; il n'y a plus à envisager les « chaudes » successives que réclamait le fer. On comprend toute l'économie et tout le parti que l'on peut retirer de cette particularité.

Jetons maintenant un coup d'œil sur la construction même et les moyens utilisés pour la réaliser dans les chantiers modernes.

En nous bornant à la marine marchande, bien que la marine de guerre ou celle de plaisance puissent se voir appliquer les considérations que nous passerons en revue, nous voyons que ses diversités sont nombreuses : toute la gamme des cargos, pour marchandises en général ou pour trafic particulier : charbon, minerais, grain, pétrole, navires frigorifiques pour denrées périssables, viande, fruits, légumes, les navires à passagers mixtes ou de haute classe, variant suivant les exigences des services ou des climats, c'est l'hôtel ou le home avec tous ses raffinements; service transocéanique, côtier, de détroit, de rivière, d'eaux intérieures; navires coloniaux, spéciaux à faible tirant d'eau; les transbordeurs, carferriés, ferry-boats, bateaux de passage, les remorqueurs, les dragues, les navires de pêche, les brise-glace, les pontons, les appareils flottants de manutention ou de levage, les docks flottants, etc., etc. On le voit, la liste est longue, Encore faudrait-il distinguer tous les divers modes de propulsion.

Dans cet ensemble, trois grandes divisions s'établissent : 1°) la coque et tout ce qui s'y rapporte; 2°) le propulseur et les machines auxiliaires; 3°) l'armement et l'outillage d'exploitation spéciale.

Certains grands établissements se sont organisés de façon

à pouvoir fournir — à part les postes très spéciaux — tout ce que comporte la construction du navire. Ils restent donc indépendants de sources extérieures pour la fourniture maxima du matériel requis.

Il peut y avoir avantage et certaine économie dans une centralisation de la direction, et l'absence de risque dans les délais de livraison, souvent source de mécomptes par interruption forcée du travail.

Dans un pays neuf, tel que le Japon, il y a une trentaine d'années, cette méthode d'ensemble était impérative; les industries connexes à la construction navale ou les ateliers de machines n'existant pour ainsi dire pas. Nous citons ici le *Mitsu Bishi Dockyard* et ateliers de machines établis à Nagasaki et à Kobe. De 3.400 ouvriers en 1898, on en comptait 9.000 en 1908.

La Cie *Mitsubishi Yokogyo Kaisha* possède quatre chantiers. Celui de Nagasaki s'étend sur 2.500 mètres à front d'eau et occupe 55 hectares. L'an dernier, 28 navires jaugeant 105.676 G.T. et totalisant 82.665 HP sortirent de ces chantiers; en 1937, la production atteignit 162.496 G.T. et 229.357 HP sur un total de 534.764 G.T. et 987.729 HP pour tout le pays.

On connaît à Anvers les courriers postaux de la *Nippon Yusen Kaisha*, types d'environ 6.000 T. qui fréquentent régulièrement le port. Ces navires sortent des chantiers précités.

Notons en passant que le Japon comprend actuellement une quinzaine de chantiers importants, une trentaine de chantiers moyens et une infinité de petits chantiers établis un peu partout le long des côtes.

Plus de vingt établissements construisent des machines marines, chaudières, moteurs, turbines, etc. Tout cela s'est installé en une quarantaine d'années !

L'essor pris par le Japon dans la construction est donc très notable. Il y est arrivé méthodiquement par l'envoi dans les grands centres européens et des Etats-Unis de stagiaires subsidiés par l'Etat ou par l'industrie privée, qui se sont familiarisés avec les meilleures méthodes de production et d'organisation; également en faisant appel chez eux à des techniciens et spécialistes réputés à qui furent confiées l'édification de leurs installations et la formation de leur personnel. Nous sommes loin d'avoir, en Belgique et peut-être en France, l'idée d'apprentissage, de formation professionnelle telle

qu'elle se conçoit en Angleterre, dans les pays nordiques ou même en Allemagne. A peine sorti d'une école technique, on peut être appelé chez nous à professer ce que l'on vient d'apprendre. On prendra un jeune ingénieur, sans formation spéciale et on le formera, à la longue; ou bien, on fera appel à des étrangers, faute de mieux. Pourtant, le noyau technique, la connaissance approfondie du métier, l'expérience acquise par la pratique sont, dans la construction navale, beaucoup plus qu'ailleurs, des éléments aussi indispensables que le meilleur outillage.

C'est ce noyau qui sera l'âme du chantier et qui en dépit d'une installation moins heureuse, peut-être, que d'autres concurrentes, parviendra pourtant à produire de l'excellent travail, et, cela, économiquement. Une excellente direction — « the most able management » — combinée avec un outillage particulièrement bien adapté pourra prétendre arriver aux meilleurs résultats.

Comment faut-il outiller un chantier ?

Ce que l'on doit considérer tout d'abord, c'est l'*emplacement du chantier*, sa disposition, la nature et le profil du terrain. L'alimentation en matières premières est-elle faite par eau ou par rail ? Inutile de songer aux camions, quand il s'agit d'amener des milliers de tonnes de matériaux !...

La déclivité du sol peut-elle être mise à profit pour les berceaux de construction et de lancement ? Dans quel sens pourra-t-on lancer ?

La consistance du sol est-elle suffisante pour supporter des charges très élevées ? Quelle peut être sa limite de charge-ment ?

Le chantier est-il en bordure d'un cours d'eau à marée ou à niveau constant ?

Même si, au début, on n'entreprend que de la construction moyenne, il faut pouvoir prévoir l'exécution de plus grandes unités et connaître en conséquence les dimensions maxima que l'on pourrait envisager plus tard. Ce point limitera également la grandeur des machines-outils à adopter tout d'abord puis au fur et à mesure. Une bonne adaptation du terrain est déjà un facteur important dans le rendement du travail.

Les principaux départements d'un chantier comprennent :

a) Les **bureaux-administration**, direction, bureaux techniques, comptabilité, offres et fournisseurs, réception, photo-

graphie, reproduction de plans, bureaux des experts, mess, etc., où toutes les facilités et utilités modernes peuvent se donner libre cours.

De l'air, de la clarté, de la lumière, de l'espace, accès très aisés, propriété absolue, de l'ordre et de la méthode.

Si le chantier entreprend la construction complète du navire *coque* et *machines*, il faut envisager deux grandes divisions :

1^o) le département *coque*; 2^o) le département *machines*.

Dans le 1^o, on comprendra : **Magasins et Matériaux.**

— la section parcs à matériaux, magasins pour chantier, magasins pour navires.

— Section *parc à tôles et profilés*, facilités de manutention, transport et classement, d'où appareils de levage et de transport aisés et rapides.

— Section *entrepôt des bois*, débitage, emmagasinage.

Ici se placent les grandes débiteuses-équarisseuses, les machines modernes que l'on rencontre dans les grandes scieries; les raboteuses-planeuses travaillant sur quatre faces; les scies circulaires à lames continues, mortaiseuses, etc., et les machines à affûter les scies. Ces machines sont toujours mues par des moteurs électriques indépendants.

Les bois sont à classer suivant leur usage et destination, et emmagasinés sous des abris couverts.

Bois de charpente et de chantier;

Bois pour les planchers de pont; le vaigrage; les cloisons;

Bois pour la menuiserie et l'ébénisterie;

Bois pour gabarits, préparation des modèles.

Ces bois peuvent être séchés naturellement ou à l'étuve.

Quelquefois des sableuses à jets puissants sont utilisées pour un polissage **préliminaire**.

Les déchets sont aspirés et souvent brûlés dans des chaudières spéciales. Les travaux provoquant beaucoup de déchets et des poussières doivent être exécutés en dehors des ateliers de menuiserie et d'ébénisterie.

2^o) **Traçage et gabarits.** — L'augmentation des dimensions des navires réclame de vastes emplacements pour le tracé des lignes et des locaux largement éclairés. La salle de traçage de Nagasaki mesure 1.600 m²; celle des chantiers Ansaldo 1.400 m²; celle des ateliers de la Seyne, exceptionnellement vaste, 4.000 m². Il est évident que les tracés des unités géantes ont réclamé des aires de planchers correspondantes à leurs vastes dimensions.

3^o) Travail des Tôles et des Profilés.

Une partie du travail s'exécute à froid; une autre à chaud, telles les membrures et les tôles à façon.

D'où deux départements distincts :

Pour le travail à froid, certains chantiers, par exemple Ansaldo, et d'autres à la Clyde, ont disposé les machines-outils assurant le façonnage le long des berceaux (cisailles, poinçonneuses, fraiseuses, raboteuses, planeuses, plieuses de tôles et de profilés, scies à froid, etc.). D'autres chantiers les placent en tête des berceaux ou le plus à portée de ceux-ci.

Pour le travail à chaud, les fours actuels peuvent traiter des longueurs de membrures allant jusqu'à 30 mètres. Le mazout a remplacé le charbon.

Devant les fours à membrures, on disposera d'une aire composée de larges taques de fonte ou d'acier coulé, percées à intervalles réguliers de trous carrés ou ronds pour y placer les divers fers employés pour maintenir dans la courbure voulue la membrure que l'on façonne. Tout à côté, se place le plancher portant le tracé des formes, celles-ci étant relevées au fur et mesure de l'exécution du travail. Dans les petits chantiers, l'inclinaison des ailes des membrures se fait à la main et des erreurs sont souvent commises.

Ce travail est normalement effectué par une machine spéciale donnant automatiquement par la manœuvre d'un index l'inclinaison des roues coniques saisissant la membrure, de façon à assurer l'écart requis (bevel, en anglais) entre les ailes. Autrefois, les longues membrures réclamaient 2 chaudes. Actuellement, la rapidité d'exécution est telle qu'il n'est plus nécessaire de réchauffer la membrure pour lui donner la courbure voulue sur les taques; les deux opérations se faisant en une seule chaude. L'atelier des fours est pourvu d'outillage hydraulique (pistons-presse; machines à forcer; scies à métaux, cisailles, tout l'outillage requis pour travailler les profils de sections spéciales; les appareils de levage, de manutention, de transport, etc.).

Dans quelques chantiers on subdivise le travail en disposant d'un hangar spécial pour le travail des barrots, avec la série des machines-outils requises : cisailles, poinçonneuses, poinçonneuses horizontales, machines à couper les profils, machines à cintrer, etc.

Egalement une annexe peut être prévue pour le travail des cornières et petits profils, avec les machines à couper les

cornières, machines à cintrer, à perforer, etc., installation de soudure autogène, de découpage, etc.

Dans l'atelier des varangues des doubles fonds, les trous d'homme (20" × 18" — 28" × 20") sont découpés d'une seule pièce par des machines hydrauliques puissantes, dans des tôles souvent d'un pouce d'épaisseur.

Une installation de rivetage hydraulique permet une exécution très rapide du travail d'assemblage. Des appareils de levage transportent les sections finies aux berceaux, d'où d'autres engins les reprennent pour la mise en place.

L'outillage de chaudronnerie qu'on emploie actuellement n'est guère, en principe, différent de ce qu'il était un peu avant 1914. Les seules différences consistent dans la puissance, l'augmentation des dimensions à traiter, la rapidité, la précision de l'exécution et l'amélioration de la qualité des matériaux employés.

Ces outils qui antérieurement étaient actionnés par courroies et arbres de transmission, le sont par moteurs indépendants; le moteur électrique a remplacé l'engin à vapeur. On a surmonté la difficulté du démarrage et de la mise en marche par moteur électrique de ces lourdes machines qui n'opèrent pas d'un mouvement continu.

Il s'agissait de savoir en outre si le courant polyphasé convenait mieux ou moins bien que le courant continu, et lequel revenait le moins cher. Le courant continu a été adopté presque partout.

Diverses firmes se sont spécialisées dans la construction du matériel de chantier, en Angleterre, en Ecosse, aux États-Unis, en Allemagne, en Hollande. Les noms de Niles-Bement-Pond — Craig & Donald — Hugh Smith & Co — James Bennie, etc., sont universellement connus.

De ces établissements sont sorties les machines-outils les plus puissantes que l'on rencontre dans les chantiers navals. Telles les machines à courber, à plier, à cintrer, à plier le bord des tôles à angle droit; de ces cintreuses pouvant traiter des tôles de 32' de long et même plus, de 32 m/m. d'épaisseur, jusqu'à des tôles en acier au nickel de 65 m/m. d'épaisseur mais traitées évidemment à chaud. Ces batteries de rouleaux pour aplanir les tôles; ces poinçonneuses qui percent à la fois deux trous de 1 1/2" à travers des tôles de 32 m/m.; d'autres encore poinçonnent simultanément les deux côtés d'une tôle, d'où grande économie de temps et de travail.

Dans les chantiers qui construisent assez bien de caissons, pontons, docks flottants, etc., l'uniformité de l'espacement des trous de rivets permet d'employer les poinçonneuses multiples, à écartement réglable et poinçonnant une quarantaine de trous à la fois, sur simple ou double rangée.

Les énormes planeuses et chanfreineuses pour longues tôles; le couteau parcourant rapidement la tôle maintenue fixe; souvent le trajet de retour du couteau est utilisé pour activer, rectifier ou achever le travail.

Pour les tôles minces, des machines spéciales (type Britton) en enlèvent le moindre gauchissement ou bosselage.

Pour les recouvrements des éléments, on trouve les machines à écarver. Au point de vue de l'économie de poids et de travail, on peut être grandement aidé par les « joggling »-machines — presses à épaulement — et les « flanging »-machines — machines pliant le bord des tôles à angle droit.

L'épaulement peut se donner soit aux tôles soit aux profilés, ce qui a pour résultat de pouvoir se dispenser de la fourrure intercalaire, la tôle venant s'appliquer directement sur le profil ou vice-versa. Certains chantiers adoptent l'épaulement à donner aux tôles; d'autres l'épaulement à donner aux membrures. Au point de vue du rivetage, les épaisseurs à réunir sont moindres.

Cette pratique de mettre les pièces métal sur métal peut dans les grands navires représenter de 70 à 85 tonnes d'économie de poids.

Une autre machine utile à signaler est celle qui confectionne les virures de galbord, on peut la combiner avec la shell flanging machine (machine à plier les tôles).

La question du **rivetage** a donné lieu à une transformation complète des procédés antérieurs.

Quand on songe qu'un navire de 650 pieds réclame de 1.700.000 à 1.800.000 rivets pour ses liaisons et qu'il nécessite l'emploi de rivets longs de 17,5 cm. de 32 m/m. de diamètre et d'un poids de 1 kg. 750, on comprend qu'on ait dû remplacer là et partout où on le pouvait, le rivetage à main par un rivetage mécanique.

Il y a une quarantaine d'années, à la Tyne, pour un navire de 360 pieds, on pouvait compter qu'une équipe arrivait à mettre 3.000 rivets par semaine, pour les tôles de pont; 1.800 en moyenne pour les tôles de bordé; 1.800 également pour les carlingues longitudinales. Ceci comprenait l'apprêtage par

le serrement de boulons et l'érection des petits échafaudages.

Avec le rivetage hydraulique, on arrivait à 565/585 rivets par jour, avec 2 équipes (doubles fonds, varangues et intercostales). Seulement, il n'est pas possible qu'on puisse séparer dans une riveuse à *compression*, hydraulique ou pneumatique, la partie « rivant » de la partie « tenant ». D'où la profondeur de la gorge limitera la longueur d'accès. Les plus grandes riveuses portatives hydrauliques ne dépassent pas 7 pieds de gorge (2 m. 10); elles pèsent 5 1/2 tonnes; une riveuse à *compression* pneumatique de 6 pieds de gorge ne pèse que 1.350 kilos environ.

On peut donc déterminer jusqu'à quel point et pour quelles liaisons de pareils engins peuvent être utilisés à bord du navire en construction.

Les riveuses pneumatiques à *percussion* sont, d'autre part, devenues d'un usage courant pour les travaux moyens. Elles sont d'ailleurs très portatives et les améliorations qu'on y a apportées leur ont donné une vogue très méritée; car, ici, on peut opérer du côté « rivant » et du côté « tenant », sans liaison rigide entre eux, par conséquent, atteindre le navire dans tous ses coins. Très peu de rivets restent alors à faire à la main.

Avec la riveuse pneumatique, nous devons également mentionner les outils à mâter, à forer, à fraiser, à trancher, à buriner, pneumatiques ou électriques qui rendent de très grands services en rapidité d'exécution et en économie de main-d'œuvre.

L'emploi de ces **outils portatifs** s'est répandu dans les ateliers pour le perçage, le forage, l'alésage, le fraisage, etc. Combinés avec le découpage à l'arc ou oxihydrique, certains constructeurs d'unités légères se dispensent d'utiliser les cisailles et les poinçonneuses pour le façonnage de leurs tôles minces. Celles-ci reposent horizontalement sur une série de supports à une hauteur commode pour l'exécution du travail qui peut se faire de plusieurs côtés à la fois, avec une série d'outils portatifs.

Ces procédés ont une certaine analogie avec le système dit des tables continues, assez courant aux Etats-Unis.

La question du transport a également une grande importance dans un chantier. Des coques pesant 4 à 5.000 tonnes sont courantes; à supposer que le quart fasse inutilement

200 mètres de trajet, c'est un effort de : $1.000 \times 200 = 200.000$ tonnes-mètres perdu.

Il faut donc veiller, tout au moins, à ce que le transfert des matériaux se fasse par le chemin le plus court et dans un but défini.

Les Américains se sont appliqués à réaliser le développement progressif du travail, depuis l'élaboration du projet jusqu'à l'achèvement total. La matière une fois entrée dans le cycle n'en sort qu'à sa destination *sans jamais revenir sur ses pas*.

L'application de ce principe était déjà résolue vers 1910 au Newport News Shipbuilding Co (U. S. A.).

Dans la construction moderne on a préconisé le travail sur place, c'est-à-dire que l'élément à travailler n'est plus amené à la machine-outil, mais celle-ci est amenée vers l'élément à travailler sur place.

La **manutention et la mise en place** des pièces de grandes dimensions et de machines-outils pesantes, telles que ces puissantes riveuses hydrauliques a nécessité des **appareils de transport et de levage** adéquats.

Nous n'en sommes plus, dans les chantiers quelque peu importants, à nous en tenir aux échafaudages en bois, avec leurs longues échasses fixes ou mobiles, leurs échafauds mobiles et leurs étages de planches longeant le navire. Les pylones métalliques avec leurs flèches et leurs grues, actionnées souvent par des moteurs indépendants, les ont remplacés.

Une série de dispositions diverses, de tous systèmes, se voient actuellement le long des berceaux. L'idée fut importée d'Amérique, où ces engins très développés furent d'abord utilisés. C'est tantôt le type canteliver, grue fixe à deux portées transversales, placée entre deux berceaux; tantôt une grue mobile de même genre, mobile sur rail et se déplaçant le long du navire ou roulant sur une ossature surélevée, quelquefois établie de chaque côté du navire et réunies par une traverse transversale supportant les treuils ou des câbles courant longitudinalement à la hauteur voulue et maintenus aux deux extrémités par un dispositif spécial; enfin le berceau se trouve parfois complètement recouvert par une charpente qui supporte les grues et les ponts-roulants. Nous ne pouvons signaler dans cet aperçu que quelques-unes de ces applications que l'on rencontre maintenant couramment en Angleterre, en Allemagne, en France, en Hollande, dans les pays scandi-

naves, etc. pour mettre les pièces en place et leur apporter les outils souvent très lourds qui doivent les façonner ou assembler.

Les points principaux du problème à résoudre consistaient dans la rapidité et la manœuvre, en translation verticale et horizontale, pouvoir desservir tous les points du berceau, puissance de l'engin, encombrement réduit ou commodité de passage au sol; économie et rendement du système, frais d'entretien et de réparations réduits.

L'étude de la manutention et du transport fait entrer en considération l'**établissement de voies ferrées**, étroites ou larges pour la manœuvre de wagonnets ou wagons ou locomotives et locomotives-grues, plaques tournantes, ponts de pesage, treuils et cabestans électriques, hydrauliques, etc.

La **soudure électrique** prend de jour en jour plus d'extension.

La première application pratique que j'ai vue, était en 1919 aux chantiers Cammel & Laird, pour un armateur français. Assez stationnaire pendant tout un temps, le procédé semblait audacieux et revenait assez cher, dès qu'elle eut fait ses preuves et qu'elle put être obtenue à meilleur compte, la méthode s'implanta dans de nombreux chantiers.

Les plus récents rapports (Lincoln Arc Welding Foundation) leur attribuent une économie de 9 à 23 % en poids, de 8 à 20 % en coût. Avec de l'acier de haute résistance, on pourrait économiser 20 % en poids dans les ponts et le bordé, même 30 % dans certaines parties, mais, à cause du prix élevé de cet acier, l'avantage en reste réduit de moitié.

Certains de nos constructeurs prétendent que l'avantage, dans le coût, ne concerne que les petites unités — tôles minces — au-delà d'une certaine épaisseur, le procédé coûte plus cher. Cette différence se retrouve quelque peu dans les estimations des constructeurs anglais : 30 % en poids pour un tanker de 130 pieds complètement soudé électriquement; 12 1/2 % pour un cargo de 250 pieds.

Logiquement, la construction par soudure réclamerait d'autres dispositions de construction que celles que nécessite le rivetage et l'on ne retirera tout l'avantage du système qu'en appropriant la structure aux particularités qui la feront mieux valoir.

Le Research Committee of the Institute of Welding a entrepris l'étude très intéressante de l'efficacité réciproque et com-

parative du rivetage et de la soudure pour les différentes parties constitutives du navire.

Ce comité s'est rallié le concours de l'Amirauté, du Board of Trade, des Sociétés de classification et de constructeurs navals.

La publication de leurs études sera très précieuse. Il est à présumer qu'en France, en Allemagne, aux U. S. A., de pareilles études seront entreprises. Disons d'ailleurs qu'elles ont avant tout commencé en Hollande où elles furent primées par la Lincoln Arc Welding Foundation.

Les **autres départements d'un chantier** ont vu également s'introduire de nombreuses améliorations dans leur outillage.

Malheureusement, nous ne pouvons qu'énumérer certains détails et nous limiter dans cet exposé.

Les *forges* pourvues de feux perfectionnés, de souffleries d'air modernes, d'un système efficace de renouvellement d'air et d'absorption des fumées et poussières, de marteaux-pilons rapides, de presses hydrauliques, d'une série de machines-outils appropriées aux diverses catégories de travail, quelquefois pourvues d'une machine à fabriquer les rivets ou les boulons, les chaînes, etc.

Occasionnellement, une petite fonderie de fer — également de cuivre, bronze et alliages — avec l'outillage nécessaire pour parachever les pièces venues brutes de fonte.

L'atelier de plomberie, de tuyauterie, de ferblanterie et travaux de feuilles minces, cuivrierie et robinetterie, d'appareillages chauffage électrique et divers, agrès, peintures et enduits, galvanisage, émaillage, etc.

Bois.

La charpenterie : mâts, espars-canots, cordages et voilures.

La menuiserie et l'ébénisterie; atelier de modelage.

En principe, les machines-outils et la menuiserie doivent être placées de telle façon à assurer un travail consécutif, sans retour.

On connaît les progrès qui ont été réalisés dans les machines à travailler le bois et les méthodes modernes de commande des machines-outils, l'enlèvement et d'utilisation des déchets, de conditionnement de l'air, de décèlement et d'extinction d'incendie, de construction moderne des ateliers, très clairs, permettant l'emploi le plus long de la lumière du jour. Ces systèmes d'éclairage, de ventilation et de chauffage très

perfectionnés, etc. Si une partie des ateliers se trouve à l'étage, des monte-charges spacieux doivent être prévus pour la montée du matériel et pour la descente des sections terminées, souvent très volumineuses et qui ne nécessitent plus qu'une simple mise en place à bord.

Certains chantiers installent la menuiserie tout à côté du quai ou du bassin d'achèvement. L'avantage qu'on en retire, en gain de temps, saute aux yeux.

Pour l'achèvement des navires à flot après lancement, il y a lieu de prévoir des accès faciles, sous forme de passerelles, etc. et un quai pourvu d'appareils et grues pour la mise à bord.

Disons enfin que plusieurs chantiers se complètent d'un **bassin d'essais** pour modèles les dispensant de recourir aux services de tiers.

Aucun tank expérimental n'existant en Belgique, nous sommes tributaires de l'étranger pour les essais que nous avons à faire exécuter (à Paris, à Delft, à Hambourg ou en Angleterre).

Nous avons vu qu'un chantier requiert de la **force motrice** sous diverses formes, à vapeur, électrique, hydraulique, pneumatique, non seulement aux ateliers, mais dans le chantier même, aux berceaux, aux quais et bassins d'achèvement. Un soin spécial doit être accordé à l'**installation de toutes les canalisations** nécessaires. Certaines doivent être à l'abri du gel ou de l'humidité. Il faut pouvoir les surveiller et les vérifier. D'où boîtes de contrôle, appareils de mesure; il faut pouvoir parer immédiatement à un dérangement quelconque de ces canalisations ou d'un manque de **force motrice** de façon à éviter tout arrêt ou toute modification conséquente dans les travaux en cours.

Les questions « Hygiène et aménagements sanitaires » doivent également faire l'objet d'une attention spéciale.

Signalons pour terminer cette énumération de postes : le service « intercommunication » entre les divers départements, téléphone, sonneries, le service « incendie », le service Croix Rouge et poste de secours.

Il est évident que tout ce que nous avons passé en revue n'intervient qu'à des degrés différents dans les diverses catégories de chantiers et que l'importance des installations dépendra du genre et de la quantité de travail à effectuer. Le domaine constituant l'outillage des chantiers navals est très

étendu et l'esquisse que nous en avons faite n'en peut donner qu'une idée forcément restreinte.

Mais, dans tout cela, un élément doit primer, c'est le rendement, le prix de revient en fonction de l'outillage.

L'armateur commande un navire L.B.D.C._B devant avoir un deadweight K (L.B.D.C._B) et une vitesse V qui demande une machine pesant M (L.B.D.C._B) et prenant R% sur la capacité cubique. Le constructeur en assurant les qualités techniques du projet et respectant les diverses conditions à observer pour le trafic requis ou les exigences de la navigation, dispose de $[I - (K + M)]$ L.B.D.C._B soit P_H L.B.D.C._B

dont une partie $\frac{1}{n}$ P.H. représente la quantité en poids de

matière pour laquelle il devra faire appel à l'utilisation de son outillage, et ce poids se décomposera en une série d'items : acier, bois, fonte, etc., qui auront à subir peu ou beaucoup d'opérations. L'outillage doit réduire ces opérations et réduire la main-d'œuvre. Donc, en dehors des autres facteurs influençant le prix de revient, il devra considérer dans l'espèce la quantité de force motrice, les salaires directs, l'amortissement correspondant du matériel en relation avec cet outillage. Le pourcentage de l'amortissement diminuera pour un même prix d'outil qui atteindra une longévité plus grande et une exécution plus rapide du travail diminuant ainsi la quantité de force motrice et la proportion des salaires directs. Il ne serait pas possible avec la seule réduction d'un de ces trois facteurs d'atteindre au degré d'économie maximum.

Il est donc de l'intérêt de l'exploitant de s'assurer que l'outillage auquel il fera appel remplisse les trois conditions essentielles que nous indiquons.

L'amortissement du matériel est le point le plus délicat. Un chantier est plus exposé que toute autre industrie à des fluctuations de production; à un moment il est surchargé de besogne, à d'autres, il est en stagnation complète. La spécialisation serait un palliatif si l'ensemble de la clientèle arrivait à assurer une certaine constante de tonnage.

Mais on voit plutôt les chantiers faire de tout, au détriment d'une meilleure compréhension des choses et à l'encontre de l'idée de normalisation qui pourtant offrirait de grands avantages et au constructeur et à l'armateur.

Eug. M. I. GILLON,
Ingénieur naval.