





CONSTRUCTION DE BATEAUX DE PECHE EN FERRO-CIMENT

par

John F. Fyson  
Inspecteur des constructions navales FAO/PNUD/AT  
Bureau régional FAO  
Bangkok, Thaïlande

## PREPARATION DE CE DOCUMENT

Ce document technique préparé sur la demande du Département des pêches apporte des informations sur l'emploi du ciment en tant que matériau de construction des navires à l'industrie des constructions navales des Pays membres de la FAO.

L'original anglais est paru sous le titre: Ferro-cement construction for fishing vessels. Fishg News int., 7(4):51-5, 7(5):51-6, 7(6):31-2.

### Distribution

Architects navals sélectionnés

### Référence dans la 'Current Bibliography'

Fyson, J. F. (1969) 15-5BO41  
FAO Fish. tech. Pap. (Fr), (76):12 p.  
Construction de bateaux de pêche en ferro-ciment  
(Ferro-cement construction for fishing vessels)

Fr 15-5BO40.

## TABLE DE MATIERES

	<u>Page</u>
Résumé	iv
Introduction	1
Historique	1
Les propriétés du ferro-ciment et ses applications navales	2
Avantages du ferro-ciment sur les autres matériaux utilisés en construction navale	3
Méthodes de construction	4
Dessin des bateaux en ferro-ciment	8
Equipement de chantier	9
Conclusion	10
Remerciements	10
Liste des illustrations	12

### **RESUME**

Un matériau spécial, le ferro-ciment - ciment contenant une forte proportion de treillis métallique - possède plusieurs avantages par rapport à d'autres matériaux pour la construction des coques de bateaux de pêche. L'auteur décrit les méthodes de construction et indique les problèmes de dessin. Il montre que cette technique permet de construire à l'échelle industrielle des coques de bateaux de pêche d'un faible prix de revient.

## INTRODUCTION

L'idée d'utiliser le béton dans les constructions navales n'est pas neuve. En renforçant le mortier avec une forte proportion de treillis métallique, on obtient un matériau beaucoup plus élastique et beaucoup plus résistant par unité de poids, qui permet la construction de coques fines. Ce procédé ouvre à l'industrie navale la possibilité de bâtir à peu de frais des navires très solides.

## HISTORIQUE

Le premier bateau en béton a été une embarcation à rames construite par le Français J. L. Lambot en 1844. Une autre embarcation encore en état de service est utilisée actuellement au Zoo d'Amsterdam.

Entre 1917 et 1922, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis ont construit plus de 150 000 tonnes de bâtiments en béton comprenant aussi bien des bateaux citernes de 10 000 tonnes que de petits remorqueurs et des allèges. Néanmoins, la technique du béton armé n'était pas aussi perfectionnée qu'aujourd'hui; l'armature était fréquemment sujette à une corrosion excessive et les rapports résistance/poids se comparaient défavorablement à ceux d'autres matériaux.

Divers échecs contribuèrent alors à discréditer l'emploi du béton en construction navale. On ne parvint à éliminer la corrosion qu'en produisant un béton trop épais et trop lourd pour les besoins de la marine.

Après 1940, un ciment armé d'un type spécial allait ouvrir de nouvelles possibilités.

L'ingénieur italien Pier Luigi Nervi, sachant que la résistance du béton à la traction augmente lorsque l'armature métallique est proportionnellement plus importante et mieux subdivisée dans la masse, fabriqua des plaques minces pouvant supporter de lourdes charges et des efforts de flexion considérables sans cassure du mortier.

Pour arriver à ces résultats remarquables, il renforçait le ciment en y incorporant plusieurs couches de treillis en fer doux. Plusieurs couches de treillis métallique attachées avec du fil de fer fournissaient l'armature d'une plaque de la dimension et de la forme voulues. Cette armature était ensuite imprégnée d'un mortier de sable fin et de ciment et la surface était lissée de telle manière que la couche extérieure de ciment dépasse de très peu l'armature. Ce point a la plus grande importance étant donné que la solidité et la résistance à la cassure diminuent rapidement à mesure que la distance augmente entre la surface extérieure du ciment et la surface extérieure de l'armature. Pour pouvoir produire des plaques plus épaisses et plus résistantes sans employer trop de treillis métalliques, l'ingénieur incorporait des fers ronds de 6-10 mm pour former une armature centrale de part et d'autre de laquelle il assujétissait les treillages. A condition que la proportion des matériaux de renforcement par rapport à la quantité de mortier ne descende pas au-dessous d'une valeur limite, on pouvait fabriquer des plaques de 10 cm d'épaisseur conservant les caractéristiques des plaques minces armées d'un simple treillis. Ici encore, on coulait juste assez de mortier pour imprégner complètement l'armature et former autour d'elle une couche superficielle de protection.

Au cours des essais de choc, des plaques de 1,5 x 1,5 m et d'une épaisseur de 3 cm seulement ont été soumises à la percussion de masses de 260 kg tombant de hauteurs de 3 m.

Même quand le point de rupture était atteint, on ne constatait pas de trous dans les plaques mais seulement des craquelures dans le mortier et finalement des déformations de l'armature. Le treillis métallique tendait à maintenir le mortier en place même quand les craquelures étaient importantes, de sorte que même si la plaque laissait passer de l'eau, l'infiltration était beaucoup moins importante qu'elle n'aurait été en cas de trouaison. C'était là un fait d'une grande portée pour les utilisations maritimes.

D'autres expériences quantitatives destinées à mettre en évidence la flexibilité du ferro-ciment sans fendillement superficiel montrèrent que si la proportion de matériau métallique tombait au-dessous de 100-200 kg par m<sup>3</sup>, les résultats n'étaient guère supérieurs à ceux d'un mélange non armé; en revanche, si les proportions étaient portées à 400-500 kg par m<sup>3</sup>, la flexibilité croissait rapidement pour atteindre des valeurs supérieures cinq fois et plus aux résultats précédents.

L'ingénieur Nervi s'est servi du nouveau matériau dans des constructions terrestres qui lui ont valu une réputation internationale mais c'est dans le domaine de la construction maritime que nous nous intéressons aux résultats de ses travaux et des travaux d'autres ingénieurs.

Peu après la deuxième guerre mondiale, Nervi utilisa le ferro-ciment dans la construction de plusieurs bâtiments, en particulier un voilier à moteur de 165 tonnes et un ketch de 11,5 m, qui sont encore en service à ce jour.

En raison des habitudes conservatrices des constructeurs maritimes, le nouveau matériau tarda quelque peu à être utilisé. Bien que la société anglaise Windboats Ltd. ait appliqué une variante de la méthode originale pour construire des embarcations de plaisance en ferro-ciment, c'est seulement lorsque les chantiers néo-zélandais commencèrent à s'intéresser à cette technique que l'on commença à l'appliquer pour construire des bâtiments de divers types.

Séduits par le bon marché des matériaux et par la facilité relative de la construction qui demande une main-d'oeuvre assez peu qualifiée, des amateurs néo-zélandais s'étaient mis, eux aussi, à construire des embarcations de plaisance. Il se créa ensuite une société commerciale - Ferro-cement Ltd. - qui construisit, outre des embarcations de plaisance, des coques de bateaux de pêche: de ses chantiers devaient sortir plusieurs bâtiments intéressants. L'exemple de la Nouvelle-Zélande ne tarda pas à faire école. Il s'est ouvert à Shanghai des ateliers où quelque 600 ouvriers semi-qualifiés et manoeuvres fabriquent de nombreux sampans en ferro-ciment. Des chantiers ont été ouverts aussi en Australie, au Canada et aux Etats-Unis. Plusieurs autres pays s'intéressent à la question.

## LES PROPRIETES DU FERRO-CIMENT ET SES APPLICATIONS NAVALES

Une coque est une enveloppe imperméable capable de résister aux efforts auxquels elle est soumise durant ses déplacements dans la mer. Les éléments supplémentaires que l'on rencontre sur les bâtiments de bois ou d'acier - membrures, serres, barrots de pont, etc., sont là seulement pour permettre à l'enveloppe extérieure de résister aux contraintes en demeurant étanche. Si l'on parvient à donner à un matériau homogène la forme désirée et la résistance voulue pour pouvoir subir de lourdes charges et présenter un comportement élastique sans rupture, on est dès lors en mesure de construire une coque dans laquelle les pièces internes telles que les membrures, serres et barrots de pont, sont entièrement supprimées ou réduites au minimum. On voit tout de suite la plus grande simplicité de construction et le gain d'espace à l'intérieur.

Les plastiques renforcés en fibre de verre fournissent des matériaux homogènes qui ont été largement utilisés pour la fabrication de bateaux.

Le ferro-ciment est un autre matériau homogène qui, pour la fabrication de coques minces, ouvre de larges possibilités.

La subdivision de l'armature donne une grande résistance à la traction et la fissuration. On a fait état (James, Fishing Boats of the World 3, p. 314, 1967) d'une résistance limite à la traction de 380 kg/cm<sup>2</sup>, qui se compare à celle du bois, avec cet avantage supplémentaire que dans le ferro-ciment, à cause de l'homogénéité de ce matériau, le coefficient de résistance est constant dans toutes les directions, alors que dans le bois sa valeur varie considérablement selon la direction du fil et les irrégularités organiques du matériau.



Le ferro-ciment est un bon isolant, à conductivité thermique peu élevée; c'est là une propriété très intéressante pour les cales des navires de pêche; la condensation intérieure est très faible dans une coque de ce matériau. Le ferro-ciment est incombustible, imperméable, résistant à la corrosion, à la pourriture et aux tarets. En outre, il est dur et, par suite, résistant à l'abrasion contre les parois des bassins et celles des autres embarcations.

En outre, le ferro-ciment possède des avantages de prix de revient et de construction par rapport aux autres matériaux.

## AVANTAGES DU FERRO-CIMENT SUR LES AUTRES MATERIAUX UTILISES EN CONSTRUCTION NAVALE

### Considérations économiques

Le principal avantage du ferro-ciment est peut-être le faible prix de revient des matériaux d'une coque solide.

Du sable, du ciment, certains produits d'addition, du treillis métallique, des tiges d'acier de 6 mm, du fil de fer et de simples tubes (type tuyauterie à eau ou à vapeur) sont les seuls matériaux nécessaires; tous sont couramment employés en construction et par conséquent faciles à obtenir dans la plupart des pays. Dans les pays en voie de développement sans aciérie ou usine de fibre de verre, le ferro-ciment permet des économies de devises considérables par rapport aux constructions en acier, ou en plastique renforcé de fibre de verre.

Bien que la main-d'oeuvre représente une partie relativement élevée du prix de revient total des constructions en ferro-ciment, une bonne partie des ouvriers peuvent être relativement peu qualifiés par rapport à ceux des chantiers classiques.

C'est là un avantage particulier dans les pays où la main-d'oeuvre non qualifiée est relativement bon marché. Les prix de revient d'une coque dans des pays comme la Nouvelle-Zélande, l'Angleterre et l'Australie où les salaires sont relativement hauts, se comparent très favorablement à ceux des constructions en bois et sont très inférieurs à ceux des constructions en acier ou en fibre de verre; il est donc probable que les coûts seraient encore plus avantageux dans des pays où la main-d'oeuvre semi-qualifiée et non qualifiée se trouve moins bien rémunérée.

Le ferro-ciment se trouve à égalité avec les plastiques à armature en fibre de verre pour ce qui est de l'utilisation de main-d'oeuvre semi-qualifiée et non qualifiée mais il possède sur ces matériaux l'avantage de n'exiger aucun moule coûteux, représentant un investissement à amortir sur un grand nombre de coques. On peut donc fabriquer à des prix intéressants des pièces uniques destinées à des usages particuliers.

Un autre avantage, particulièrement sensible dans les pays en voie de développement, est que le capital à investir sur le chantier est faible étant donné qu'une grande partie du travail se fait à la main, sans équipement lourd. Une petite soudeuse, peut-être une cintruse à tubes, des machines à bois de type léger, de l'outillage pour la construction des roufs et la menuiserie d'intérieur: voilà tout ce qu'il faut, à part les locaux de travail habituels et la cale elle-même. Il n'est donc pas difficile d'adapter de petits chantiers navals pour fabriquer des bâtiments en ferro-ciment au lieu de bâtiments en bois: il ne faudrait guère de capital supplémentaire et les frais généraux resteraient minimums.

### Problèmes de construction

On peut obtenir une résistance et une qualité homogènes en utilisant des retardants ou des accélérateurs.

Le matériau est plus léger que l'acier et pour les embarcations de plus de 12 m le poids n'est pas supérieur à celui des constructions en bois ou en fibre de verre.

Les coques de bois doivent être montées de façon rigide si l'on veut éviter qu'elles ne travaillent et ne perdent leur étanchéité aux abouts et aux coutures. Le ferro-ciment étant un matériau homogène n'a pas de joints et par conséquent on n'a pas à se préoccuper de la solidité des liaisons, du calfatage, et du remplacement des chevillage. Bien que les intempéries soient sans effet sur la coque, il est cependant préférable de peindre la surface pour donner une meilleure apparence à la coque et aussi pour offrir une protection supplémentaire aux éléments métalliques dissimulés sous une très faible couche de mortier.

L'entretien se limite à la remise en état de la couche de peinture. Le navire passe donc peu de temps en cale pour les répartitions.

Les avaries de la carène consécutives aux collisions ou à l'échouage sont généralement plus localisées que sur un navire en bois équivalent. La facilité de réparation est telle qu'après les chocs les plus violents on peut réparer en dix fois moins de temps.

## METHODES DE CONSTRUCTION

### Préparation de l'armature

Pour construire une coque en ferro-ciment, il faut d'abord dresser une forme sur laquelle on mettra en place les treillis métalliques et les fers ronds de manière à obtenir la carène désirée.

Les lignes sont d'abord tracées en vraie grandeur selon les procédés habituels, les sections transversales étant espacées selon la taille du bateau.

On forme ensuite les lignes de l'étrave, de la quille, de l'étambot, en se servant de tubes ordinaires (de 20-40 mm de diamètre extérieur selon la taille du bateau). Puis on forme les membrures en cintrant des tubes (de 20-25 mm) soit directement sur les lignes tracées sur le plancher (voir fig. 1) soit sur des gabarits en bois confectionnés eux-mêmes d'après le tracé. On forme les barrots avec des tubes analogues que l'on soude aux membrures à la hauteur correcte afin que chaque ensemble forme une forte charpente unifiée.

On construit ensuite la carène du navire dans un hall de montage en utilisant les techniques de balancement des formes qui sont familières à tous les constructeurs navals. Il est à remarquer que, comme la carcasse doit supporter le poids considérable du béton et de son armature pendant la période de durcissement sans marquer de déformation, il faut soutenir la quille au moyen de tins et d'accres et les couples doivent être suspendus à une puissante poutrelle du toit capable de supporter la charge sans fléchir (voir fig. 3). Il y a lieu aussi d'installer à l'intérieur de la carène des plates-formes suspendues de façon que les ouvriers ne surchargent pas eux-mêmes la coque au cours de la construction. Le dernier point est important si l'on veut éviter des déformations avant le durcissement du béton.

Quand toutes les membrures ont été soudées ou fixées aux pièces maîtresses, on applique sur tout le tour de la carène des tiges de fer ou d'acier de 6 mm qui sont assujéties avec du fil en fer doux. Le balancement des formes est indispensable pour donner une ligne correcte à la coque et il faut veiller à cintrer exactement les tiges et à éviter les déformations au cours de l'assemblage. On n'a pas intérêt à souder les tiges à la carcasse étant donné que la chaleur peut provoquer des distorsions. Pour les tiges, les aciers résistant à la traction sont préférables au fer doux pour éviter des flexions locales au cours du balancement des formes. Les extrémités des tiges sont ajustées à la forme de l'étrave ou de l'étambot et fixées ou soudées aux tubes de la charpente (fig. 4).

Une fois en place les tiges longitudinales, on dispose des tiges verticales soit à l'intérieur des tiges longitudinales entre les sections (fig. 2) soit à l'extérieur (fig. 6). A noter, fig. 6, que les tiges ont été disposées en diagonale pour faciliter le balancement des formes.

A ce moment la charpente est complète et le moment est venu de mettre en place le treillis métallique (voir fig. 2). Toute espèce de grillage peut convenir pourvu que le poids total d'acier soit suffisant (voir page 1). On se sert ordinairement de grillage type cage à poules, de 12 mm, galvanisé ou non. Quand on emploie du fil galvanisé, on obtiendra une meilleure liaison avec le mortier si on expose quelque temps le grillage pour le laisser s'oxyger. On disposera six à huit couches de treillis métallique, à raison de trois ou quatre à l'extérieur et de trois ou quatre à l'intérieur de l'armature. On tend les couches extérieures de façon qu'elles reposent bien sur les fers ronds et on laisse les couches intérieures passer au-dessus des tubes, qui sont ainsi incorporés au paquet de toiles obtenu finalement. A mesure qu'on pose une couche de treillage, on la tend sur les fers ronds et on l'attache avec du fil calibre 16-20 à l'espacement de 15-20 cm dans chaque direction. Les extrémités des fils d'assemblage devraient être vers l'intérieur de la coque afin de ne pas risquer de faire saillie à l'extérieur. Les joints entre deux largeurs de treillage devraient se recouvrir sur environ 20 cm.

Quand tout le treillage a été assemblé à l'armature, on vérifie à nouveau les lignes de la coque avec des lattes de tracé et on corrige les déformations éventuelles en battant la toile métallique avec un marteau à face ronde, d'un poids d'environ 1 kg.

On procède ensuite de même pour le pont et on met en place des lisses pour assurer une bonne ligne de pavois (voir fig. 9) et pour donner une ligne bien finie aux écoutes et aux ouvertures de pont.

### Composition du béton

Pour faire le mortier, on utilisera du sable propre à grains anguleux ainsi qu'un ciment de portland de bonne qualité. La proportion habituelle est d'une partie de ciment pour 1 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> partie de sable. L'eau doit être bien dosée car si le mortier est trop sec, il pénétrera difficilement à travers la toile métallique et s'il est trop mouillé, on risque de suinter. Le retrait est plus fort dans un mélange très humide que dans un mélange plus sec, l'eau en excès peut donc provoquer l'apparition de fendillures superficielles à mesure que le mortier durcit. En ce cas il pourrait y avoir infiltration d'eau et corrosion de l'armature extérieure.

On emploie divers produits d'addition pour assurer la qualité du mélange et pour réduire la teneur en eau sans diminuer la maniabilité.

En général on se sert d'un composé à base de pouzzolane qui se combine avec la chaux libre dans le mortier pour réduire la porosité et améliorer ainsi l'imperméabilité du produit final. En outre, une proportion convenable de pouzzolane améliore la maniabilité et réduit la proportion eau/ciment tout en abaissant la chaleur d'hydratation.

Le nom de pouzzolane est donné à de nombreux matériaux siliceux et alumineux qui se combinent avec la chaux libre dans le ciment. L'industrie de la construction en fait grand usage et on devrait les trouver sous une forme ou sous une autre dans la plupart des pays. Les proportions à employer varient suivant le type de pouzzolane et suivant sa structure granulaire.

En général, la pouzzolane peut remplacer 10 pour cent du ciment. Avec les peintures époxydes, qui améliorent l'imperméabilité de la coque, il n'est plus indispensable d'incorporer la pouzzolane et on peut s'en passer si on n'en trouve pas.

Les agents mouillants et plastifiants améliorent la maniabilité du ciment, permettent de réduire la teneur en eau et servent à agir sur la qualité du mortier. Il faut être prudent avec les produits du commerce destinés à l'industrie du bâtiment étant donné que beaucoup d'entre eux contiennent du chlorure de calcium qui pourrait réduire la longévité du béton en cas d'exposition à l'eau.

### Plâtrage

Avant de passer au plâtrage, on aura calculé la quantité de mortier à préparer en fonction de la surface que l'on se propose de plâtrer en une fois. En effet, la durée d'ouvrabilité du mortier est limitée. A mesure que le temps passe, il tente à sécher et à durcir. Il faut se garder d'ajouter alors de l'eau pour lui rendre de la souplesse parce qu'on obtiendrait ainsi un produit moins résistant.

Tous les éléments du mortier doivent être soigneusement dosés si l'on veut que le mélange garde toutes ses propriétés pendant toute l'opération.

L'application du mortier sur l'armature est une opération délicate qui demande de bons plâtriers. Si l'on veut que le fini soit satisfaisant, il faut confier ce travail à des professionnels expérimentés. L'ouvrier applique généralement le mortier de l'intérieur. En pressant avec sa main gantée, il le fait pénétrer dans la toile métallique d'où il ressort de l'autre côté pour être lissé à la truelle par un compagnon. Il est indispensable de remplir complètement le treillage, sans laisser d'interstices.

L'idéal est d'effectuer l'opération en une seule journée. Une équipe de plâtriers peut arriver à ce résultat, même sur une coque de très grande dimension. Néanmoins, s'il faut renoncer à cette façon de faire pour une raison ou pour une autre, on peut travailler section par section, à condition de bien faire les raccords. Pour assurer une liaison cohérente, il est recommandé d'appliquer une couche de colle époxyde sur la partie déjà plâtrée.

Au cours du plâtrage, la carcasse de tubes et de treillages doit supporter tout le poids du mortier humide. Si on veut que la coque garde ses lignes, il faut empêcher le treillage de se déformer sous le poids du mortier. Il est donc nécessaire d'étayer soigneusement la coque de l'intérieur et de l'extérieur jusqu'à prise complète. Il sera bon aussi de vérifier en cours de travail les lignes de la coque avec des lattes de tracé. Néanmoins, il ne faut pas combler les irrégularités avec un excès de mortier car si la surface de ce matériau s'écarte de la ligne de l'armature de plus de 3 mm, il perd beaucoup de sa solidité par rapport à celle qu'il présente au voisinage de l'armature. Il faut se rappeler que c'est la subdivision de l'armature à faible distance de la surface qui donne à la coque finie une résistance élevée au craquage et il ne faut pas contrevenir à cette règle si on veut obtenir de bons résultats.

Le coulage de la quille peut être accompli soit avant le plâtrage de la coque, soit à l'achèvement complet de cette opération. La première méthode a des avantages puisqu'après coulage, la quille peut être calée de manière à supporter une grande partie du poids de la coque au cours du séchage du plâtre, diminuant ainsi les risques de fléchissement de l'armature avant la prise complète du mortier.

Dans ce cas, on disposera autour de la quille un coffrage de bois et on coulera le mortier en le damant avec des vibreurs pour obtenir une pénétration complète à travers le treillage. On pourra aussi, pendant le coulage, ajouter du lest supplémentaire sous forme de fonte et de débouchures de chaudière.

### Durcissement

Le durcissement du mortier doit être bien conduit si l'on veut que la réaction se déroule à une vitesse uniforme et qu'il ne se produise pas de retrait et, par suite, de fendillements superficiels. Pendant le séchage, il faut éviter d'exposer la coque directement à la lumière du soleil et on a intérêt à la tenir humide en la soumettant à de fines pulvérisations d'eau pendant 21 jours. Un durcissement naturel se poursuit au-delà de cette période et la coque devient de plus en plus résistante avec les années.

Pour assurer la régularité du séchage, on peut aussi couvrir la coque d'un revêtement de polyéthylène en faisant évaporer le contenu de seaux d'eau disposés sur des plaques chauffantes électriques. La meilleure méthode, pour un chantier industriel, est l'emploi d'un générateur de vapeur qui permet de réduire le temps de séchage de 21 jours à environ 24 heures.

Après le début du séchage, il faut couper tous les bouts de fil mécanique qui apparaissent en surface et garnir les trous avec une charge époxyde.

### Peinture

Après séchage complet, la coque peut être peinte. Bien que les peintures marines classiques, soient parfaitement satisfaisantes, les résines époxydes adhèrent particulièrement bien au mortier et les peintures qui en contiennent sont donc recommandées. Pour obtenir un bon fini, prévoir une première couche de peinture époxyde d'aluminium ou un composé époxyde-goudron, une couche d'apprêt et une couche de surface.

### Variantes

La méthode qui vient d'être décrite est en substance celle qui a été mise au point par l'ingénieur Nervi et qui a été utilisée pour la construction navale dans diverses parties du monde. Néanmoins, il existe des variantes de cette méthode qui offrent certains avantages selon le type, la dimension du bateau et selon le nombre des bâtiments à construire sur le même plan. La Ferrocement Ltd. de Nouvelle-Zélande, pour construire ses bateaux de plaisance, évite d'enfermer les armatures tubulaires dans les treillis métalliques et de les incorporer définitivement à la coque en les enrobant de mortier. Les treillis métalliques et les fers ronds sont attachés aux fers tubulaires par des assemblages temporaires qui sont ôtés après plâtrage et séchage. On enlève alors les tubes et on replâtre les surfaces intérieures qu'ils recouvraient auparavant.

L'avantage de la méthode est que l'on obtient des parois internes lisses qui permettent plus facilement de monter les pièces de menuiserie et les cloisons annexes, laissent plus d'espace et ont meilleure apparence. On estime que la coque monolithique est assez forte par elle-même et que les membrures ne la rendent guère plus résistante. Si la même méthode n'a pas été utilisée pour des bâtiments marchands, c'est surtout parce que l'enlèvement des membrures exige un travail supplémentaire qui ne se justifie pas sur ce type de bateau.

Une autre méthode consiste à construire les formes avec du contreplaqué ou du bois de récupération comme on se sert de gabarits dans les constructions à membrures ployées. On perce ces pièces de bois à environ 25 mm du bord et on leur attache ensuite les premières couches de treillage ou de métal expansé. Les tiges verticales et longitudinales sont ensuite mises en place et on ajoute les couches extérieures de treillis. Le plâtrage s'effectue normalement et les pièces de bois sont ôtées après durcissement du mortier.

La Fiber Steel Corporation of America a mis au point un procédé de construction de coques standards. On fabrique d'abord un prototype de coque en ferro-ciment, puis à partir de ce prototype un gabarit femelle en ferro-ciment. Après avoir appliqué à l'intérieur du gabarit un agent de

démoulage et une couche de gel, on dispose en dedans l'armature de toile métallique. L'acier expansé est préféré au fil de grillage et une fois l'armature en place le mortier est coulé à travers l'acier expansé de manière à faire lien avec la couche de gel. Après durcissement, on lance en même temps la coque et le moule qui se détache alors par en-dessous.

Ces quelques exemples montrent que de nombreuses variantes sont possibles dans les procédés de construction et que les fabricants peuvent trouver la technique la plus appropriée aux marchés et aux ressources du chantier.

#### DESSIN DES BATEAUX EN FERRO-CIMENT

Le ferro-ciment est un matériau aux propriétés physiques originales. Les problèmes de dessin sont donc tout particuliers pour l'architecte naval.

Deux propriétés surtout ont une influence sur le dessin: d'abord, le poids du matériau, ensuite le fait que les grandes surfaces plates en ferro-ciment obligent à raidir davantage l'armature, ce qui augmente le poids et le prix de revient.

Pour des bateaux de 11 à 17 m, l'épaisseur minimum de la coque sera de 20 mm, une coque de 25 mm permettra de porter la dimension à environ 25 m.

La proportion de métal doit être d'au moins 400-600 kg par m<sup>3</sup>. Si la coque a 20 mm d'épaisseur, le poids de l'armature sera d'environ 10 kg par m<sup>2</sup> de surface. Le poids total de l'armature et du mortier sera alors d'environ 45-50 kg par m<sup>2</sup>. C'est à peu près le même poids au m<sup>2</sup> de surface que dans un navire de chêne à membrures chantournées de 12-14 m (charpente, plus bordé).

Le facteur poids ne permet donc pas d'employer ce matériau pour la construction de bateaux légers et rapides au moins dans les petites dimensions, mais il soutient la comparaison pour d'autres types de bâtiments. En fait, à partir de 12 m et au-delà, le facteur poids augmente plus rapidement pour les navires de bois que pour les embarcations de ferro-ciment parce que l'échantillonnage devient toujours plus fort.

La capacité de charge d'une enveloppe d'épaisseur donnée est plus grande si la surface est courbée de telle manière que les forces principales s'exercent dans le plan de cette surface. Les efforts sont alors surtout des efforts de compression ou de traction dans le sens de la surface et les efforts de flexion asymétrique sont réduits au minimum.

Pour le spécialiste du dessin naval, il en résulte qu'une carène entièrement courbe, sans aucun plat, sera la plus solide pour un minimum d'épaisseur. Cette forme est caractéristique des bâtiments de charge du type auquel se rattachent la plupart des bateaux de pêche.

Pour la construction en ferro-ciment, il sera bon d'adopter un tracé comportant des sections transversales et longitudinales bien courbées. Le tableau arrière devra être bien courbé et il faudra prévoir un renfort adéquat.

La coque sera fortement ancrée à la quille, elle-même raffermissée par des varangues et des cloisons de ferro-ciment (voir figure 5).

La coque, à la ligne de tonture, doit s'emboîter solidement au pont et l'armature devra se prolonger jusque dans la superstructure et les hiloires (voir figures 8, 10, 11, 12 et 13). Les pavois de ferro-ciment auront des jambettes dont l'armature sera solidement liée à la coque et au pont (voir figures 8 et 10).

Les ponts de travail, les bases des treuils, les cloisons des cales à poisson sont appelés à subir de lourdes charges; pour assurer le raidissement nécessaire, il faut prévoir des profilés en "u" qui seront boulonnés en place après bétonnage des ponts et des cloisons.

Les cloisons accessoires et les emménagements peuvent être assemblés à la coque par des goussets fabriqués de fer rond et treillis métallique qui seront eux-mêmes joints à l'armature de la coque et plâtrés en même temps que toute la carène. On boulonnera ensuite à ces goussets des cloisons de contreplaqué ou de bois, ce qui évitera d'avoir à boulonner la coque elle-même. Pour des raisons de stabilité, au moins sur les petits bâtiments, on a avantage à construire des roufs en bois: cependant, si on le veut, on peut construire des superstructures assez élevées en ferro-ciment (voir figures 8 et 9).

Des citernes en ferro-ciment peuvent être intégrées à la coque à condition que les cloisons intérieures soient assez fortes et que les dessus des citernes soient pourvus d'ouvertures pour permettre les inspections et donner aux plâtriers le moyen de finir les surfaces internes.

L'isolement des cales à poisson doit être prévu par les dessinateurs du navire. Pour cela il faut des éléments de liaison convenables dans la coque et dans les cloisons. Après avoir construit la coque et les cloisons, on posera des couches isolantes en mousse de plastique puis on assemblera une couche intérieure en ferro-ciment de 12 mm d'épaisseur et on la plâtrera directement sur l'isolant. On obtiendra ainsi une forte construction sandwich et un revêtement de cale lisse, facile à nettoyer. L'accès au tunnel et à ses puisards devrait être ménagé. Le carlingage des machines peut être coulé en même temps que la quille mais auparavant il faudra fixer solidement à l'armature des fers ronds supplémentaires, avec des boulons de fixation.

Etant donné que les bassins sont souvent très encombrés dans les ports de pêche, il faudra fixer solidement sur la coque, pour la protéger de l'abrasion, une forte ceinture de bois et d'autres dispositifs. On renforcera aussi, pour les protéger, les membrures de l'étrave et les coins des tableau arrière. On placera des voliges amovibles pour protéger les bords des écoutilles des cales à poisson contre les chocs qui surviennent au chargement et au déchargement. Sur les chalutiers, prévoir une protection analogue de la coque à l'endroit où les panneaux de chalut sont hissés (voir fig. 16).

Pourvu que les dessinateurs tiennent bien compte des propriétés du ferro-ciment et des techniques de son application à l'art naval, il sera possible de produire une coque résistante et économique qui conviendra très bien pour la pêche.

#### EQUIPEMENT DE CHANTIER

L'investissement à faire sur un chantier naval pour les constructions à ferro-ciment n'est pas bien élevé. Sur un petit chantier, il faudra prévoir outre une gamme normale d'outils à bois pour la construction des superstructures et des aménagements: une bétonnière à moteur, de préférence du type à pale et d'une capacité minimum de 0,1 m<sup>3</sup>.

Une machine à souder portative de 180 amp. et 3,5 KVA.

Une cintrreuse capable de former des tubes de 50 mm.

Une machine à découper les métaux de 10 mm et/ou un chalumeau.

Une perceuse électrique portative 10 mm avec mèches et disques polisseurs.

Une grosse perceuse électrique de 25-35 mm, avec support.

Un générateur de vapeur ou des tuyaux et buses d'arrosage (pour le séchage du béton).

Des vibrateurs à main, du type employé pour le ciment dans l'industrie de construction.

Un palan ou un palan à chafne pour le montage de moteur. Cisailleuses de boulons, tamis à sable, outils de plâtrier.

Etablis et étaux, halls de construction couverts, salle à tracer et cale de lancement.

Si on veut construire en série, il faudra bien étudier les opérations, de manière à utiliser au mieux la main-d'oeuvre qualifiée qui se chargera du traçage, du soudage et du plâtrage. Pour que le béton sèche plus vite, il est recommandé de traiter les coques à la vapeur.

Bien étudier l'emploi des produits d'addition comme les pouzzolanes et plastifiants pour obtenir une qualité constante et un dosage correct du mortier.

## CONCLUSION

Le ferro-ciment, appliqué comme il a été dit, est un très bon matériau qui permet de construire à bon compte des coques résistantes pour l'industrie de la pêche. Faible investissement, matériaux faciles à trouver, part importante de main-d'oeuvre non qualifiée: ces trois atouts ouvrent au ferro-ciment d'excellentes perspectives dans l'industrie de la pêche des pays en voie de développement.

## REMERCIEMENTS

Les photos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 13, 14, 17, 18 et 19 ont été obligeamment prêtées par Ferro-cement Ltd., 100 Anzac Ave. Auckland. L'auteur tient à remercier également cette société de l'avoir aidé à se documenter sur les constructions en ferro-ciment.

Les photos 5, 8, 9, 11, 12, 15 et 16 illustrent la construction du bateau de pêche "Electra" (longueur 15 m) et sont reproduites avec l'autorisation du propriétaire de l'"Electra", M. Colin Major, Tauranga, Nouvelle-Zélande.



## LISTE DES ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Salle à tracé: dessin des éléments tubulaires.
- Fig. 2 Une coque avec ses éléments tubulaires et ses fers ronds attend la pose du treillis métallique.
- Fig. 3 Charpente suspendue à une poutrelle aérienne en I.
- Fig. 4 Des éléments horizontaux de l'armature sont cintrés et soudés à l'étrave.
- Fig. 5 Cloisons et varangues prêtes au plâtrage.
- Fig. 6 Gros plan des fers ronds et des toiles métalliques pendant la pose du treillis.
- Fig. 7 Carène attendant plâtrage.
- Fig. 8 Vue du pont, du pavois et de l'hiloire des superstructures, avant plâtrage.
- Fig. 9 Coque de la fig. 9 après plâtrage.
- Fig. 10 Vue des superstructures de la coque bétonnée. Noter les montants du pavois.
- Fig. 11 Hiloire et pavois pendant la pose du treillis.
- Fig. 12 Etat définitif des hiloires.
- Fig. 13 Vue du pont montrant les éléments de fixation d'une cabine en bois.
- Figs. 14 et 15 Etambot et tube d'étambot.
- Fig. 16 Un chalutier de pêche à l'arrière (dimension 15 m) prêt au lancement.
- Figs. 17 et 18 Bateau de pêche de 14,5 m, au lancement et au bassin d'armement.
- Fig. 19 Coque attendant l'installation de la cabine et des emménagements.

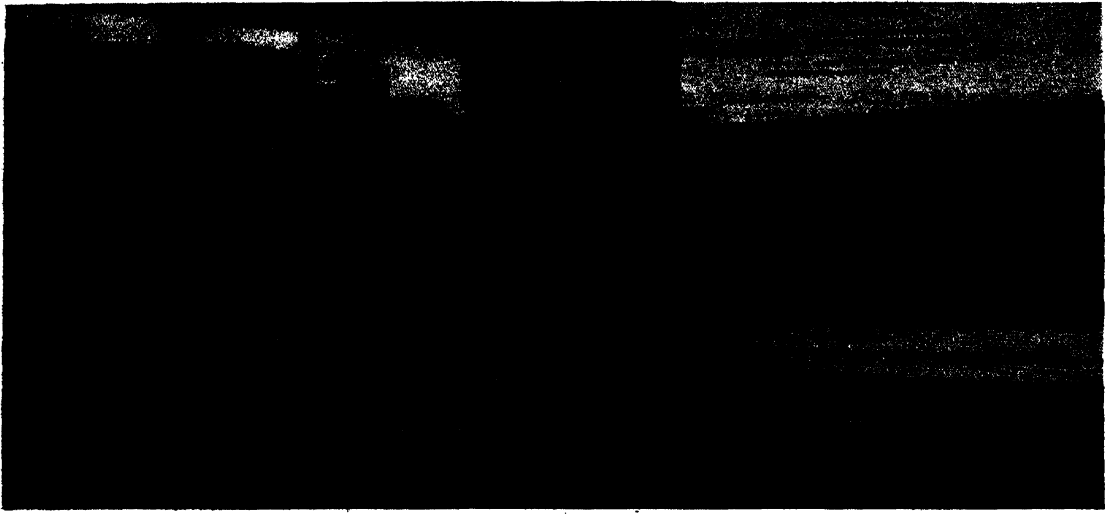


Fig. 1 - Salle à tracé: dessin des éléments tubulaires.



Fig. 2 - Une coque avec ses éléments tubulaires et ses fers ronds attend la pose du treillis métallique.

Fig. 3 - Charpente suspendue à  
une poutrelle aérienne  
en I.

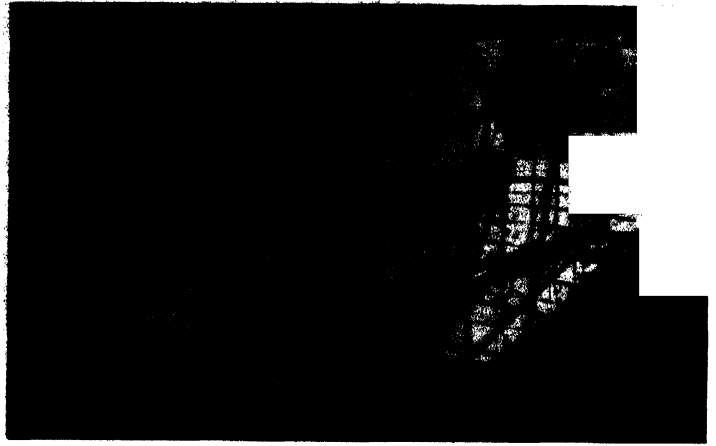
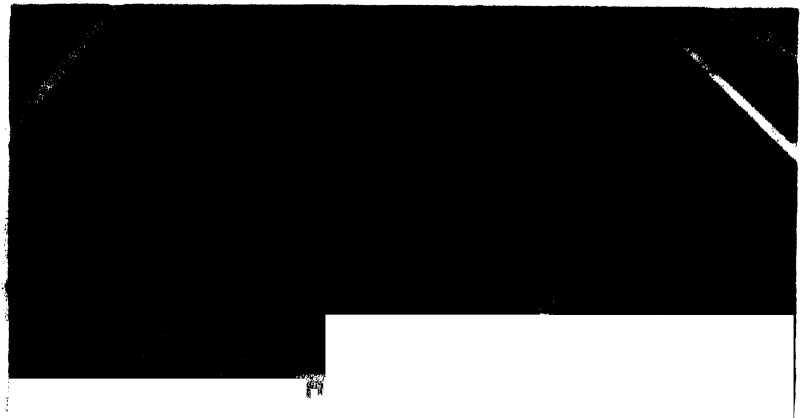


Fig. 4 - Des éléments horizontaux de  
l'armature sont cintrés et  
soudés à l'étrave.

Fig. 5 - Cloisons et varangues  
prêtes au plâtrage.



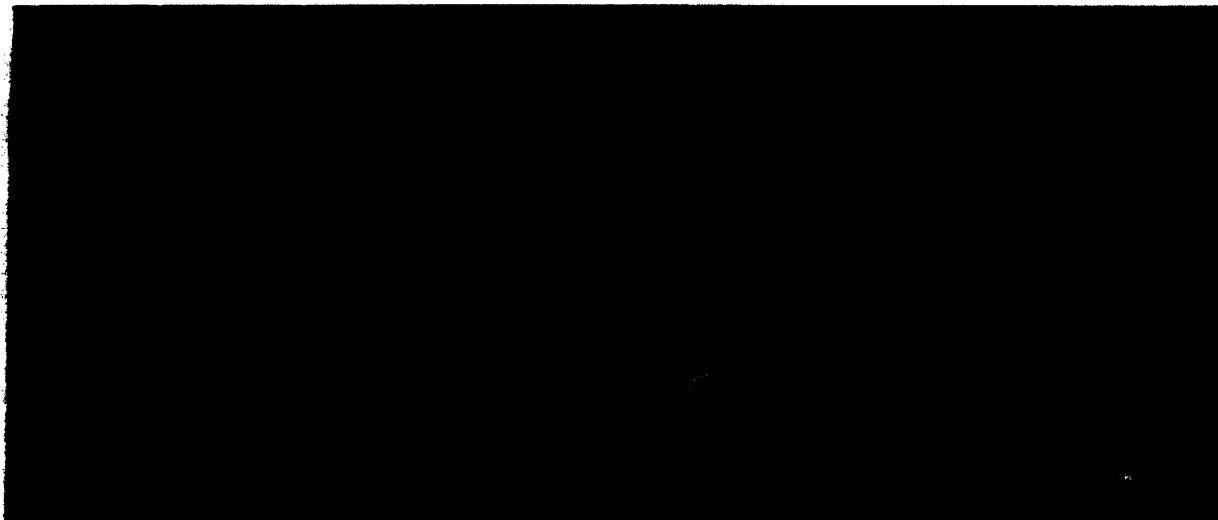


Fig. 6 - Gros plan des fers ronds et des toiles  
métalliques pendant la pose du treillis.



Fig. 7 - Carène attendant plâtrage.



Fig. 8 - Vue du pont, du pavois et de l'hiloire des superstructures, avant plâtrage.



Fig. 9 - Coque de la fig. après plâtrage.

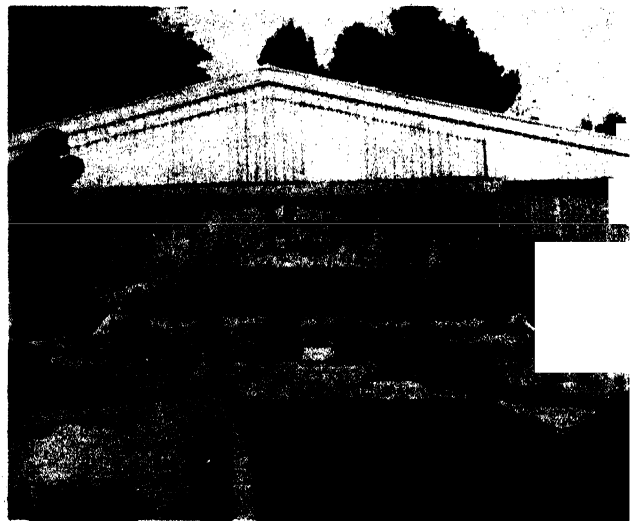


Fig. 10 - Vue des superstructures de la coque bétonnée. Noter les montants du pavois.

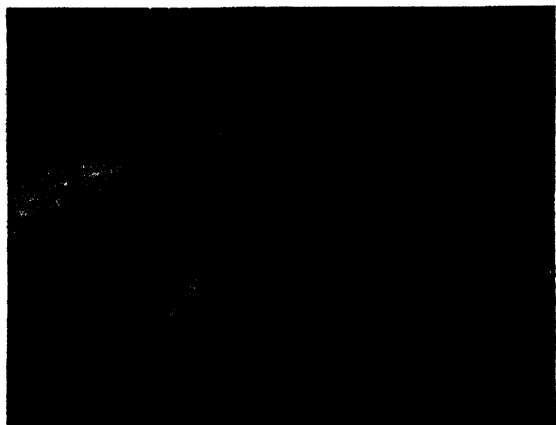


Fig. 11 - Hiloire et pavois pendant la pose du treillis.

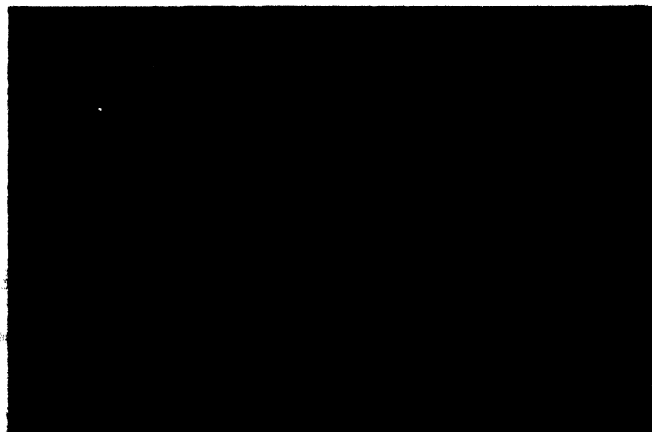


Fig. 12 - Etat définitif des hiloires.



Figs. 14 et 15 - Etabot et tube d'etabot.

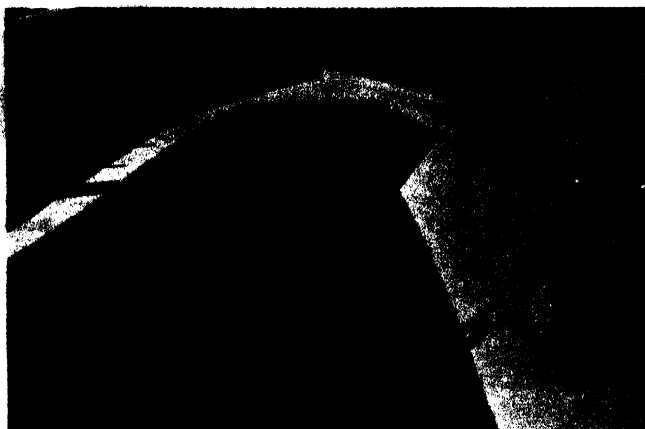


Fig. 13 - Vue du pont montrant les éléments de fixation d'une cabine en bois.

Fig. 16 - Un chalutier de  
pêche à l'arrière  
(dimension 15 m)  
prêt au lancement.

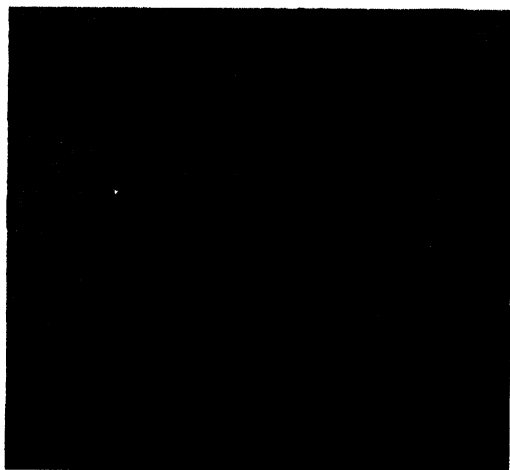
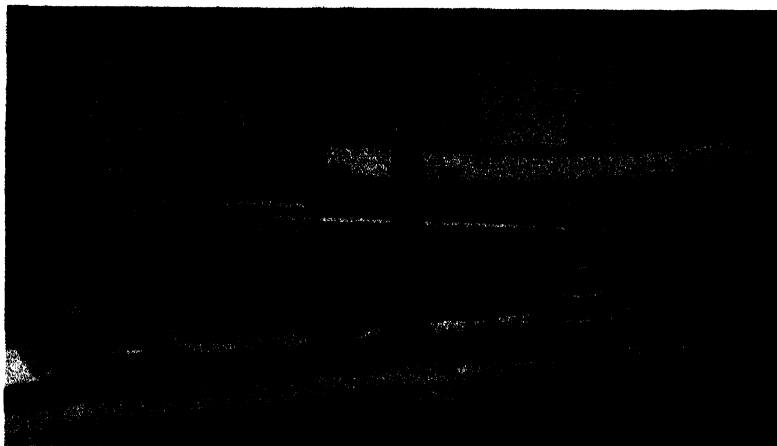


Fig. 17



Fig. 17 - Bateau de pêche de 14,5 m,  
et au lancement et au bassin  
Fig. 18 d'armement.

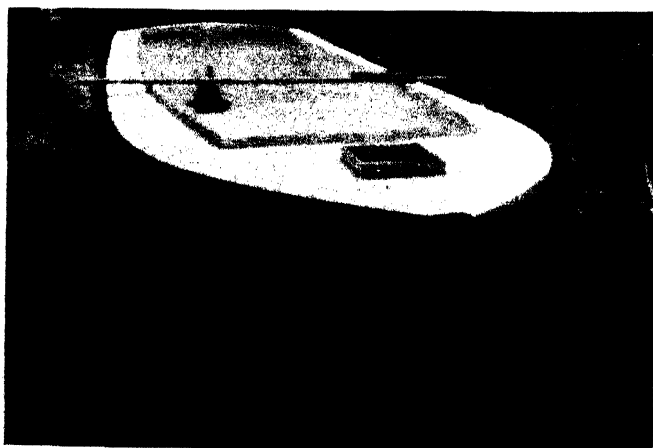


Fig. 19 - Coque attendant l'installation de  
la cabine et des emménagements.

no: 11273

de fixation d'une











