

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Auteur(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	16 vol. ; in-8
Nombre de volumes	21
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353
Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris)
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353
LISTE DES VOLUMES	
	1. Première partie. L'architecture
	2. Deuxième partie. La construction
	3. Troisième partie. Les travaux publics
	4. Quatrième partie. Mines et métallurgie
	5. Quatrième partie. La minéralogie, la minéralurgie et la géologie
	6. Cinquième partie. Les chemins de fer
	7. Sixième partie. [Tome I] Chaudières à vapeur et machines thermiques
	8. Sixième partie. Tome II. Chaudières à vapeur et machines thermiques
	9. Septième partie. Mécanique générale. Machins outils. Hydraulique générale. Travail du bois. Travail des métaux. Machineries industrielles
	10. Septième partie. Tome II. Les machines outils
	11. Huitième partie. Électricité et applications
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	12. neuvième partie. Marine et arts militaires
	13. Dixième partie. Arts industriels
	14. Onzième partie. Industries chimiques
	15. Onzième partie. Tome II. Industries chimiques
	16. Première partie. Comptes-rendus des séances générales. Procès verbaux des séances de section. Listes des membres, etc
	Atlas des 1re, 2e et 3e parties comprenant : Architecture. La construction. Travaux publics
	Atlas des 4e et 5e parties comprenant : Mines et métallurgie. Chemins de fer (Signaux). Chemins de fer (Voie et matériel roulant)
	Atlas de la 6e partie comprenant : Chaudières à vapeur. Machines à vapeur
	Atlas des 7e et 8e parties comprenant : Hydraulique. Machines-outils. Electricité
	Atlas des 9e, 10e, 11e parties comprenant Marine et Arts militaire, Arts industriels, Industries chimiques

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Volume	12. neuvième partie. Marine et arts militaires
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	1 vol. (460 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
Nombre de vues	461
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353 (12)

Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris) Marines de guerre
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	15/12/2020
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/106718878
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.12

70 535 8° 2ae 3539

REVUE TECHNIQUE

DE

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1889

PAR UN COMITÉ D'INGÉNIEURS, DE PROFESSEURS
D'ARCHITECTES ET DE CONSTRUCTEURS

~~~~~

**CH. VIGREUX, FILS & C<sup>ie</sup>**

Ingénieur des Arts et Manufactures  
Inspecteur du Service mécanique et électrique à l'Exposition Universelle de 1889  
Secrétaire de la Rédaction

~~~~~

ORGANE OFFICIEL
DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE
Tenu à Paris du 16 au 21 Septembre 1889



PARIS

E. BERNARD et C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS
53 ter, Quai des Grands-Augustins, 53 ter
1893



NEUVIÈME PARTIE

MARINE & ARTS MILITAIRES

MARINE

ET

ARTS MILITAIRES

AÉROSTATS — AÉROSTATION MILITAIRE

PAR

Gabriel YON et Edouard SURCOUF

Aperçu rétrospectif sur l'aérostation

Dans un récit qu'il publia, de la mémorable ascension du Mont-Blanc qu'il exécuta en 1789, de Saussure, fit un tableau saisissant, des difficultés énormes qu'il eut à surmonter pour atteindre le sommet de cette montagne et aussi des souffrances terribles qui furent le prix de ce résultat. L'illustre savant a donné, dans les lignes suivantes, une idée des impressions qu'il ressentit, arrivé au but de son ascension :

« Enfin j'étais arrivé au but de mes désirs, mais comme j'avais eu devant les yeux les principaux objets du paysage pendant les deux heures qu'avait duré cette course exténuante, je n'éprouvais point du tout le plaisir que l'on pourrait imaginer. Mon impression la plus vive était la joie d'être parvenu à la fin de mes troubles et de mes anxiétés; car la prolongation de la lutte et le souvenir des souffrances que cette victoire m'avait coûté produisirent un sentiment d'irritation. Au moment où j'arrivais au sommet le plus élevé de la montagne je posais le pied plutôt avec un mouvement de colère qu'avec un sentiment de plaisir sur cette roche tant désirée. »

Si ce passage n'avait été écrit quatre ans après la mémorable ascension de Charles ne pourrait-on croire en vérité qu'il a été une des causes de la popula-

rité dont jouirent les ballons aux premiers jours de leur découverte ? découverte qui donna lieu à un véritable mouvement d'allégresse publique, quand on apprit qu'un premier bond aérien avait porté Charles et Robert, à une altitude enviée des plus intrépides alpinistes de nos jours ! et qui fut suivi d'un nombre de voyages incalculable, dont le récit sortirait absolument du cadre qui nous est tracé.

Avant pourtant de commencer l'examen des progrès réalisés en aéronautique jusqu'en 1889 et des appareils d'aérostation civile et militaire et de direction aérienne exposés tant au Champ de Mars qu'aux Invalides : nous croyons devoir brièvement présenter à nos lecteurs les hommes qui par leurs études ou leurs expériences ont amené cette science au point où nous devons commencer cette Revue technique.

Joseph et Etienne de Montgolfier. — Malgré les expériences de Tibérius Cavallo, malgré les recherches de Priestley c'est aux frères de Montgolfier que revient l'honneur de la conception première du plus léger que l'air. — Grâce à eux les membres des Etats du Vivarais, virent le 5 juin 1783, s'élever dans les airs le premier aérostat qui fut nommé *Montgolfière*, du nom de ses inventeurs. — La première étape était faite dans le chemin de la conquête de l'atmosphère.

Charles et Robert. — Pendant que les frères Montgolfier se rendaient à Paris pour répéter devant la Cour les expériences d'Annonay, un professeur de physique nommé Charles, se livrait en collaboration avec Robert, à une série d'expériences pour l'application du principe des Montgolfier : mais au moyen de ballons remplis d'hydrogène, gaz que venait de découvrir le savant Cavendish et dont la densité était beaucoup moindre, que celle de l'air raréfié : ces expériences furent couronnées d'un plein succès.

Ces deux physiciens firent leur première expérience le 27 août 1783 et purent juger du succès de leur entreprise, par les clameurs joyeuses du nombreux public qui assistait au Champ de Mars à la première ascension du « *Globe* ».

On le voit Charles et Robert furent aux ballons à gaz ce que les frères Montgolfier furent aux ballons à air chaud dits « *Montgolfières* ».

Pilâtre de Rozier. — Comme bien on le pense ces remarquables expériences suscitèrent chez beaucoup, l'idée de partager avec l'oiseau une partie de son vaste domaine ; mais Louis XVI craignant pour la vie de ses sujets avait donné des ordres pour que la première ascension de la machine des Montgolfier fut exécutée par deux condamnés à mort. Un jeune homme du nom de Pilâtre de Rozier, s'indigna de cette pensée et réclama pour lui ce qu'il considérait à juste raison pour un grand honneur. Il obtint gain de cause et s'enleva le 4 novembre 1783, du

Château de la Muette, en compagnie du major d'Arlandes, qui avait insisté pour obtenir la faveur de l'accompagner dans ce périlleux voyage.

Si Pilâtre fut le premier homme qui s'éleva dans les airs, il lui était aussi réservé le triste honneur d'avoir son nom inscrit en tête du Martyrologe de l'aérostation. En effet ce jeune savant fit le 18 avril 1784 une chute mortelle avec un aérostat de son invention dit « Aéro-Montgolfière », qui vint s'abattre à la Tour de Cray, près Boulogne-sur-Mer.

Guyton de Morveau. — Ancien procureur général, Guyton est un des hommes qui, dans les débuts de l'aérostation, apporta à cette nouvelle science à laquelle il s'était adonné, les perfectionnements et les idées les plus scientifiques.

Son nom restera attaché à deux expériences de navigation aérienne, qui eurent lieu les 25 août et 24 juin 1784 et desquelles il ressort que le premier il comprit que la direction du ballon sphérique pouvait être considérée comme une utopie. Le premier aussi, il eut l'idée d'empêcher l'air de pénétrer dans l'intérieur de l'aérostat au moyen de l'adaptation d'une soupape inférieure dite *d'appendice*, qui manœuvrait automatiquement sous la pression du gaz intérieur dilaté.

Guyton, continua les travaux de Thyrwaert sur l'extraction du gaz léger de a houille et examina aussi les poids spécifiques des gaz tirés d'une infinité d'autres substances ; mais il se contenta d'employer pour le gonflement de ses aérostats, le gaz produit par le zinc et l'acide *vitriolique*, mis en présence de l'eau.

C'est aussi Guyton, qui fit les premières expériences sur la quantité de chaleur que peuvent développer les rayons solaires dans l'intérieur d'un aérostat et trouva que le thermomètre s'y élevait à 40° tandis qu'il n'en marquait que 33, dans l'air ambiant.

Et enfin si elles ne devaient avoir d'autre résultat, les expériences de direction de Guyton, démontrèrent au moins que la force humaine est absolument insuffisante pour obtenir des résultats appréciables.

Si l'on considère que la machine à vapeur en était encore à l'état embryonnaire et qu'il était, d'autre part difficile de supposer qu'elle pouvait faire ses premières armes dans les airs ; il ne faut pas s'étonner qu'il ne se soit fait aucune tentative sérieuse de direction entre Guyton de Morveau et Henry Giffard.

Guyton avait compris le parti que la guerre pourrait tirer des aérostats sagement utilisés et comme membre de comité du Salut public, il proposa d'envoyer un ou plusieurs aérostats aux armées, pour aider à la reconnaissance des mouvements de l'ennemi.

Coutelle et Conté. — Le comité de Salut public ne consentit à envoyer de ballons aux armées, sur les conseils de Guyton de Morveau et du grand Carnot, que lorsqu'on eut trouvé un moyen de produire le *gaz léger*, sans le secours de

l'acide sulfurique, qui était alors très rare et très coûteux en France. Ce fut Lavoisier qui imagina de produire l'hydrogène en décomposant la vapeur d'eau au contact du fer rougi à blanc.

Une compagnie d'aéroliers militaires fut alors organisée et le commandement en fut confié à Coutelle (Capitaine de Génie) qui, le premier avait fait au Château de Chalais-Mendon, mis à la disposition des aéroliers militaires, des expériences pour la production en grand de l'hydrogène, par la méthode Lavoisier.

Coutelle et sa compagnie furent mis à la disposition du général commandant l'armée de Sambre-et-Meuse, tandis que le capitaine Conté était placé à la tête de la nouvelle école de Chalais-Mendon.

Maubeuge était assiégée par les Autrichiens, les aéroliers durent pénétrer dans la ville par la seule route restée libre et commencèrent immédiatement l'installation des appareils spéciaux pour la fabrication du gaz nécessaire au gonflement de l'*Entrepreneur*, qui cubait un peu plus de 400 mètres.

Nous croyons intéressant de mettre sous les yeux de nos lecteurs, la partie suivante du récit du Baron de Selle-Beauchamp, relative aux premières ascensions du ballon militaire :

« Notre première ascension se fit au bruit du canon et aux hourras de la garnison de la place. Le rapport fait à la descente par l'officier du Génie qui avait accompagné le capitaine, fut tellement clair et circonstancié, qu'il paraissait impossible désormais à l'ennemi de faire un mouvement qui ne fut pas aussitôt connu dans la place. On s'aperçut, par exemple, que le nombre de tentes apparentes dans le camp devait être bien supérieur à celui nécessaire pour l'effectif qui les habitait ; car nos observateurs avaient pu en juger approximativement : nos lunettes permettaient de compter les carreaux de vitres à Mons, distant de cinq lieues de pays. L'effet moral produit dans le camp Autrichien par ce spectacle si nouveau fut immense, il frappa surtout les chefs qui ne tardèrent pas à s'apercevoir que leurs soldats croyaient avoir affaire à des sorciers..... »

Sans pouvoir attribuer les succès de l'armée Française à ce nouvel engin, Maubeuge était débloquée, les officiers supérieurs durent reconnaître, qu'en plus de la facilité qu'il donna d'observer l'ennemi dans ses moindres mouvements, de juger ses effectifs, et de se mettre en un mot à l'abri de ces coups de main qui ont si souvent décidé du sort d'une armée, il avait produit dans le camp Autrichien un effet moral qui n'avait pas été sans faciliter notre tâche.

A la suite de ce premier succès Jourdan appela Coutelle et sa compagnie à Charleroi, qu'il assiégeait alors et qui devait lui livrer la route de Bruxelles.

Maubeuge est à 50 kilomètres environ de Charleroi. Coutelle qui ne pouvait penser à dégonfler l'*Entrepreneur* dans la première de ces villes, pour le regonfler dans la seconde puisqu'il devait commencer les reconnaissances dès

son arrivée, conçut le hardi projet de transporter le ballon de Maubeuge à Charleroi, en profitant de la nuit pour tromper la surveillance de l'ennemi.

Ce n'est qu'après avoir surmonté des difficultés sans nombre, que les aérostiers arrivèrent sous les murs de Charleroi et, moins d'une journée après son départ de Maubeuge Coutelle exécutait sa première ascension en compagnie d'un officier d'Etat-Major.

Le lendemain Charleroi capitulait : ce qui d'ailleurs n'empêchait pas les Autrichiens de venir camper dans la plaine de Fleurus, où le prince de Cobourg, livrait à l'armée Française, un combat qui fut pour elle un de ses plus grands succès. Pendant cette journée Coutelle resta près de dix heures en observation. Il continua par la suite à faire partie de l'armée du Nord. Les ballons militaires avaient dès lors conquis le droit de cité et le Comité de Salut public décida la création d'une seconde compagnie d'aérostiers et l'organisation définitive de l'Ecole d'aérostation nationale, qui avait son siège au Château de Chalais-Meudon et à la tête de laquelle se trouvait Conté, le collègue de Coutelle.

Quand la campagne d'Egypte fut décidée par Bonaparte, Coutelle faisait partie de la Commission scientifique, qui devait suivre l'armée. Les ballons furent acceptés ; mais le navire qui portait le matériel des aérostiers, fut pris et coulé par les Anglais. Ce fut la fin de l'Ecole de Meudon. En débarquant à Marseille les aérostiers apprirent qu'ils étaient versés dans les régiments du Génie, Coutelle et Conté avec le grade de colonel, Lhommond le lieutenant, avec celui de chef de bataillon et enfin Plazanet avec l'épaulette de capitaine. Napoléon fit en outre vendre ce qui restait du matériel, sauf l'*Entreprenant* qui fut conservé et utilisé plus tard pour les ascensions scientifiques de Biot et Gay-Lussac.

Non seulement l'école de Meudon était un centre d'études théoriques ; mais elle était aussi une école pratique d'aérostation où un ballon continuellement gonflé servait à former des officiers aéronautes.

Cinq ballons furent construits par cette première école normale d'aérostation ; le premier fut l'*Entreprenant* dont nous venons de raconter succinctement les campagnes à l'armée de Sambre-et-Meuse, destination que reçut aussi le second qui s'appelait *Le Céleste*.

L'*Hercule* et l'*Intrépide* furent envoyés, le premier à l'armée du Rhin et l'autre à celle du Danube.

Un cinquième aérostat fut construit et destiné à l'armée d'Italie ; mais par suite de circonstances restées inconnues il ne quitta jamais l'atelier de Chalais.

Coutelle, chargé des ascensions sous le feu de l'ennemi ne reçut jamais une égratignure, tandis que Conté eut un œil enlevé, par l'explosion d'un appareil en procédant à des expériences pour la recherche d'un vernis très imperméable : le directeur exécutif comprit que cette blessure avait été reçue a un poste de

combat et Conté fut nommé chef de brigade d'infanterie en même temps que son compagnon Contelle.

Conté, présenta en outre à l'académie des Sciences le premier baromètre enregistreur qui fut construit : la colonne mercurielle était percée de petits trous par lesquels se déversait le mercure au fur et à mesure que diminuait la pression atmosphérique ; il suffisait alors au retour du voyage aérien de peser le mercure déversé, pour savoir l'altitude maximum atteinte par l'aérostât.

Biot, Gay-Lussac, Barral et Bixio. — En 1804, la Société Galvanique de Paris, recevait le rapport des ascensions exécutées en Belgique, en Allemagne et en Russie par un jeune savant belge nommé Robertson. — La première section de l'Institut ayant résolu de contrôler les travaux de ce savant jeta les yeux, sur Biot, dont le nom avait été mis en lumière, par ses remarquables recherches sur les chutes de pierres de Laigle, et auquel fut adjoint Gay-Lussac, qui venait de sortir de polytechnique.

Les départs de ces ascensions s'opérèrent dans le jardin du Conservatoire des Arts-et-Métiers, et donnèrent lieu à des observations fort importantes. Au point de vue purement technique elles furent les premières ascensions à grande hauteur exécutées sur le sol français.

Gay-Lussac, dans son rapport, nous apprend que la première ascension eut lieu le 6 Fructidor à dix heures du matin, Biot était de ce premier voyage. Les deux savants commencèrent leurs observations à 2000 mètres d'altitude et constatèrent de suite une accélération du poulx très accusée.

« Profitant des arrêts dans le mouvement de rotation du ballon sur son axe, dit Gay-Lussac, dans le rapport auquel nous faisons allusion plus haut, et en prenant diverses précautions, nous sommes parvenus à répéter dix fois pendant le cours du voyage, nos expériences sur les oscillations de l'aiguille aimantée. En voici le résultat, dans l'ordre ou nous les avons observées :

Hauteur calculée	Nombre des oscillations	Temps
2897 mètres	5	35"
3038 »	5	35"
» »	5	35"
» »	5	55"
2862 »	10	70"
3145 »	5	35"
3665 »	5	35"5
3589 »	10	68"
3742 »	5	35"
3977 »	10	70"

Gay-Lussac fait ensuite observer que toutes ces expériences faites dans une colonne de plus de 1000 mètres de hauteur, s'accordent à donner 35 secondes

pour la durée de cinq oscillations. Or les expériences à terre donnent 35 secondes 1/4 pour cette même durée.

Ces différentes remarques jointes à celle que les écarts observés n'accusent pas un affaiblissement ; mais que bien au contraire sa durée moyenne a été de 6 secondes 8 à 3589 mètres : ont permis aux deux savants d'établir la proposition suivante :

« La propriété magnétique n'éprouve aucune diminution appréciable depuis la terre jusqu'à 4000 mètres de hauteur : son action dans ces limites se manifeste constamment par les mêmes effets et suivant les mêmes lois. »

Dans cette première ascension les aéronautes ne purent dépasser l'altitude de 4000 mètres et il fut décidé que Gay-Lussac, s'élèverait seul lors du voyage prochain qui eut lieu le 16 septembre 1804, et dans lequel le hardi savant put atteindre l'altitude de 7000 mètres. Le second rapport qu'il adressa à l'Académie est une merveille de clarté et d'exposition : il dit, entre autres points très importants, avoir recueilli de l'air à l'altitude maxima : air, qui analysé à terre fut reconnu être de même composition que celui pris à la surface du sol.

Son dernier rapport se termine par les lignes suivantes :

« Il reste encore beaucoup de choses à éclaircir dans l'atmosphère, et nous désirons que les faits que nous avons recueillis jusqu'ici puissent assez intéresser l'Institut, pour l'engager à nous faire continuer nos expériences. »

Malheureusement, ce vœu ne fut pas exaucé, ce qui tendrait à démontrer que le reproche, que l'on fût souvent tenté de faire à la science aéronautique, d'être restée stationnaire, est moins bien fondé que celui qui s'adresserait aux grands corps scientifiques, de n'avoir pas toujours secondé, dans la mesure de leurs moyens, cette science, appelée à rendre de si grands services.

Ce n'est, en effet, que cinquante ans plus tard, que Barral et Bixio continuèrent ces travaux en exécutant diverses ascensions, qui avaient pour but de :

Déterminer la loi de la décroissance de la température avec la hauteur ; celle de l'humidité ; de doser l'acide carbonique de l'air aux différentes altitudes ; de comparer les effets calorifiques des rayons solaires, dans les plus hautes régions de l'atmosphère, avec ces mêmes effets observés à la surface de la terre ; de vérifier si la lumière réfléchie, est transmise par les nuages, polarisée ou non, etc., etc.

Les diverses ascensions exécutées par ces deux savants furent l'objet de rapports du plus grand intérêt, à l'Académie des sciences.

Le général Meusnier. — En 1782, le général Meusnier fit, à l'Académie des sciences, une communication sur un système de ballon dirigeable, de laquelle il ressort que, le premier, il eût l'idée du ballonnet compensateur, qui permet de conserver sa rigidité première au système général : une première fois déjà, il

avait imaginé de construire un aérostat composé d'une enveloppe vernie, imperméable et légère, qui devait être renfermée dans une seconde enveloppe dite de force, et d'un volume plus considérable; l'espace compris entre ces deux ballons pouvait être rempli d'air au moyen d'une pompe refoulante installée dans la nacelle, et dont la manœuvre avait pour résultat d'augmenter le poids spécifique de tout le système. — Sous la pression intérieure du gaz de la première enveloppe, et au moyen d'un robinet *ad hoc*, on comprend qu'il était facile de diminuer ce même poids. Le ballonnet compensateur rend actuellement d'inappréciables services dans certains cas particuliers dont nous aurons à traiter dans le courant de cet ouvrage.

Eugène Godard. — Green. — Nous ne pouvons enfin, dans l'aérostation moderne, passer sous silence les importants travaux techniques des Godard et des Green — aéronautes qui ont exécuté dans l'Europe entière des ascensions dont le nombre est incalculable. — Ce sont ces hommes qui ont le plus contribué à la vulgarisation de l'aérostation.

Green, entr'autres améliorations pratiques, a doté l'aérostation du *Guide-Rope*, dont l'utilité n'est plus à rappeler ici. — Il fut le pilote aérien de Glaisher, célèbre savant anglais, qui exécuta diverses ascensions à grandes altitudes, qui furent, pour lui, le prétexte d'études fort intéressantes.

Eugène Godard est l'inventeur du parachute équatorial et de nombreux perfectionnements apportés aux montgolfières captives et libres : nous regrettons que l'espace qui nous est réservé ne nous permette pas de donner la description complète de ses montgolfières construites pour les armées belges et russes, et aussi d'un remarquable modèle qu'il a construit pour le Congo, modèle démontable, et dont chaque partie n'excède pas 29 kilogrammes, la charge d'un porteur.

D'ailleurs, Eugène, Louis et Jules Godard, ont assez fait parler d'eux, pour que, signaler rapidement les travaux de l'aîné et seul survivant de ces trois frères, soit un hommage suffisant rendu à cette famille de hardis pionniers.

Nous terminerons ici cette trop longue étude rétrospective, indispensable pourtant, croyons-nous, pour la bonne intelligence de l'étude qui va suivre et pour permettre à nos lecteurs de distinguer, parmi les auteurs que nous allons citer, les *continuateurs* de ceux qui ont fait véritablement preuve d'initiative individuelle, dans les projets, modèles ou études qu'ils exposent.

Collection Gaston Tissandier CURIOSITÉS AÉROSTATIQUES

M. Gaston Tissandier, le sympathique directeur du journal *la Nature*, n'est un inconnu pour personne, et, quoique près de quinze années se soient écoulées

depuis la mémorable ascension du ballon *le Zénith*, le récit de la terrible catastrophe qui en fut l'épilogue, et de laquelle Gaston Tissandier ne revint que par miracle, est encore présent à toutes les mémoires : mais, par contre, la remarquable collection de gravures, objets d'art et écrits de toutes sortes, qu'avec l'aide de son frère Albert, il mit plus de vingt ans à grouper, n'était connue que des privilégiés qui eurent affaire, dans le vaste appartement de l'avenue de l'Opéra, véritable musée rétrospectif de l'histoire de l'aérostation.

L'Exposition universelle de 1889 devait procurer au public la rare bonne fortune de visiter en détails, au Pavillon des Arts libéraux, cet amoncellement de merveilles, qui a été installé pièce par pièce, par son savant propriétaire, jaloux, on le comprend facilement, de la conservation de cette collection unique au monde !

L'histoire de l'aérostation est là toute entière !

La vive impression produite par la découverte des aérostats, puis par la suite par chaque expérience de laquelle on comptait voir naître un progrès nouveau, a laissé des traces, dans les écrits, dans les journaux du temps, comme dans toutes les manifestations de l'art : Nevers, Strasbourg, Lille et Moustiers, sur leurs faïences ; Sèvres, Clignancourt, sur leurs porcelaines ou leurs biscuits, consacrèrent les faits les plus saillants ayant trait à la nouvelle science : des peintres ou des dessinateurs, tels que Verini ou de Naigeon ; des sculpteurs, tels que Clodion, en laissèrent d'artistiques souvenirs. Et non seulement des bijoux, des miniatures de tous genres, des meubles du style Louis XVI, des montres ou des pendules, représentèrent des aérostats gravés, ciselés ou incrustés, mais on vit des objets d'habillement, comprenant des gants de peau pour dames, portant des ballons peints à la gouache, des boutons d'habits, etc.

Cette remarquable collection ne comprend pas moins de 450 gravures anciennes, estampes ou images peintes ; 500 livres ou brochures ; 25 autographes de Montgolfier, Charles, Blanchard, Garnerin, etc. ; et nous ne venons de parler que de curiosités ayant rapport à l'aérostation, et datant de 1783 à 1787 seulement.

La seconde partie de cette collection, de 1788 jusqu'à nos jours, ne le cède en rien à la première, au point de vue de l'intérêt historique : toutes les ascensions célèbres, toutes les tentatives intéressantes ont apporté là une pièce commémorative ayant, dans la plupart des cas, une grande valeur artistique. Nous y remarquons :

Les portraits de la plupart des aéronautes ;

Le moteur dynamo-électrique du modèle de l'aérostat dirigeable de MM. Gaston et Albert Tissandier ;

Le modèle de l'hélice du même aérostat ;

La soupape du ballon que montait Gay-Lussac, lors de son ascension à grande hauteur ;

Des affiches chinoises, faites au Tonkin, représentant les aérostats captifs de l'armée française ;

Une série de tableaux, exécutés sur les indications de M. Gaston Tissandier, et représentant plusieurs phases de la catastrophe du *Zénith*, et deux magnifiques portraits de Crocé-Spinelli et Sivel, les malheureuses victimes de cet accident ;

De nombreuses médailles commémoratives des ascensions de Gay-Lussac ; des aéronautes du siège de Paris ; du grand ballon captif à vapeur de M. Henry Giffard ;

Enfin, une quantité considérable de photographies représentant les principales ascensions exécutées par MM. Tissandier, dans leur atelier aérostatique d'Auteuil, et les expériences de leur aérostat dirigeable mû par l'électricité : expériences sur lesquelles nous aurons à revenir.

Ce rapide aperçu permettra de juger le puissant intérêt que présente une collection de ce genre au point de vue historique, et combien il est heureux, pour l'aéronautique, que deux de ses adeptes les plus fervents, et aussi les plus savants, aient songé à créer ainsi les archives de l'aérostation.

Avisol de M. Arsène Olivier

DE LANDREVILLE

M. Arsène Olivier expose les plans, devis et étude d'un système de navigation aérienne qui se distingue un peu des innombrables systèmes qui ont été étudiés sur le papier par les partisans du plus lourd, ou par ceux du plus léger que l'air, en, sens qu'il tient à la fois des deux principes.

Au plus lourd que l'air, M. Arsène Olivier emprunte un système d'ailes, dont il ne nous donne pas la surface, mais qui, à en juger par la figure générale, doivent être d'une envergure colossale, et aussi une armature toute en acier, et pouvant contenir un aérostat fusiforme, en taffetas gommé, du cube de 3,800 mètres, qui est lui, ainsi que les autres pièces, composant ce navire aérien, emprunté au plus léger que l'air.

M. Arsène Olivier ne semble pas s'être encore préoccupé du moteur qui donnera la puissance vitale à son système.

On comprendra facilement que nous n'approfondissons pas autrement les systèmes de direction ou autres qui ne sont qu'à l'état de projet ou de dessins, et qui n'ont donné lieu, à notre connaissance, à aucune construction en grand, hypothèse dans laquelle, le projet qui nous occupe, devrait, pensons-nous, subir une révision importante des chiffres qui ont servi de base à son établissement.

Engins Ch. Labrousse

M. Ch. Labrousse s'est appliqué à diminuer les risques que présente l'aéronautique, tout en augmentant les effets utiles qui peuvent résulter de sa pratique.

La contribution de l'exposant consiste en effet en quelques instruments nouveaux de physique, en quelques stratagèmes ou méthodes qu'il préconise et dont l'ensemble forme ce qu'il lui convient d'appeler le système C. L.

Voyons les instruments.

Une boîte, assez semblable à celle des artistes peintres, est le *Nécessaire du voyageur aérien*. Elle réunit les instruments, et tout le bagage nécessaire à une pérégrination de quelque durée. Elle peut se suspendre par sa poignée à l'extérieur de la nacelle, ou s'établir comme table de travail à l'intérieur. Elle est assez étanche et solide pour être projetée dans l'eau sans inconvénient, pour être lancée de plusieurs mètres sur le sol. On obtient ainsi le moyen de ne pas sacrifier les instruments sans esprit de retour, quand on est réduit à s'alléger autant que possible.

Sur le dessus de cette boîte, une ligne rappelle la *dévi*ation de l'aiguille aimantée. On y pique la carte coloriée, celle au cent-millième, sur laquelle on place un petit pied portant une *boussole* légère, de grand diamètre. Un *fil à plomb* complète ce matériel, pour prendre rapidement et avec une grande approximation les *relèvements*.

Une *sangle* que l'on boucle autour de deux cordes de suspension de la nacelle ; achève une installation favorable à l'étude, facilitant le travail d'observation de la route.

Une plume de cygne, équilibrée par un contre-poids mobile, est fixée également entre deux de ces cordes de suspension. Elle s'incline dès que le mouvement vertical du ballon change de sens.

Cet instrument rappelle la plume employée par Poitevin et ses successeurs.

Un instrument non moins utile est construit de même : c'est un *hygroscope*, qui remplace les hygromètres trop délicats, trop lourds pour les ascensions ordinaires.

Dans le même genre est aussi une aiguille *d'inclinaison*.

Le *goniomètre* est un simple rapporteur en celluloid, avec une alidade composé d'un pendule donnant la verticale. On peut ainsi, sous une approximation suffisante, mesurer rapidement les angles.

Un autre instrument, adapté également à l'aéronautique, est la *stadia*, qui permet, quand on connaît le diamètre d'un ballon en vue de se prononcer immédiatement sur sa distance et sa hauteur. En l'air, il servira à évaluer la distance d'un autre ballon de diamètre connu, la hauteur par l'ombre du ballon, la

distance à laquelle se produisent l'image et l'auréole, quand on est favorisé de ces phénomènes, l'état d'une course de ballons à un moment donné, etc.

Nous terminerons l'énoncé des instruments nouveaux du système C. L. en citant un *anneau brisé* qui sert à *coulisser* un sac de lest ou un autre poids sur le guide-rope.

Par faible brise, on arrive ainsi à *atterrir en douceur*, sans larguer l'*ancree* ou le *grappin*. Au-dessus des nuages, le guide-rope lesté de la sorte constitue un *dromoscope*, c'est-à-dire un pendule de grande longueur qui, par les *oscillations*, nourries par les inégalités du mouvement aérien, peut renseigner sur la direction de la route suivie par l'aérostat.

Un baromètre, trois thermomètres, un sphymographe, une corne d'appel, *feuilles de bord*, complètent cette nomenclature.

Ceci nous amène à rappeler que l'exposant s'était appliqué à atténuer ou prévenir les accidents les plus communs de l'aéronautique. Nous avons cité dans ce sens ses appareils pour diminuer les incertitudes de la route suivie, le *dromoscope* qui, agissant dans ce but, permet aussi d'atterrir parfois, de frapper le sol sans rudesse.

Nous arrivons en dernier lieu à deux progrès essentiels : la diminution des dangers du *trainage* en mer et sur terre.

L'*insubmersibilité* est assurée à la nacelle par deux poches à air en double soie ou en double toile, collées sur le flanc extérieur de la nacelle, elles peuvent assurer le temps et la présence d'esprit nécessaires pour couper les cordes de suspension côté du vent et s'affranchir ainsi du dangereux remorqueur que devient un aérostat qui fait naufrage.

Un *flotteur en zoostère*, qui peut servir de banquette dans un coin ou en travers de la nacelle, tend au même but. C'est une bouée de sauvetage qui s'applique bien au matériel aérostatique.

L'exposant a tenu à indiquer que l'herbe marine, qu'il a particulièrement étudiée, pouvait rendre des services en aéronautique pour bancs, écrans, bonées, etc.

Sur terre, M. Ch. Labrousse préconise l'emploi du système qui consiste à amarrer le guide-rope à l'ancree, pour augmenter ainsi, à longueur et par conséquent à poids égaux son effet utile en frottement sur le sol. Rappelons ici que ce système a déjà été employé avec succès par de nombreux aéronautes, et entre autres par les signataires de ces lignes.

De plus, M. Labrousse conseille pour compléter cet ensemble l'emploi de l'ancree Martin, à pattes articulées.

Nous remarquons enfin une photographie de l'appareil de l'amiral H. Labrousse, appliqué en 1871 à l'un des *Ballons-Poste*, sortis de Paris pendant le siège.

Disons en terminant qu'il serait d'un intérêt général, que des expériences soient faites pour mettre en lumière, les avantages que pourront présenter ces différents appareils en aéronautique.

Société Française de navigation aérienne

Cette Société, qui, par son ancienneté, et la notoriété des membres qui la compose, a conquis la première place parmi les institutions du même genre, consacre une grande partie de son exposition à son bulletin mensuel « *l'Aéronote* » dans la collection complète, qui ne comprend pas moins de 22 années, forme une véritable encyclopédie illustrée de la science aéronautique, considérée comme la seule officielle dans toutes les parties du Monde scientifique.

Cette Société compte parmi ses membres les plus célèbres adeptes du plus lourd et du plus léger que l'air.

Académie d'aérostation météorologique

Cette Société aéronautique, parmi les différents objets de son intéressante collection, expose un schéma, donnant les résultats très complets des différentes courses aérostatiques qui ont été organisées dans les années précédentes :

M. Achille Rouland (de cette Société), a présenté au jury, une chronologie des principales ascensions météorologiques. *Recherches historiques concernant les cinq mille ascensions exécutées depuis 1883 jusqu'à nos jours.*

M. Triboulet, l'un des vice-présidents de la même Société, a imaginé un appareil de photographie panoramique donnant d'un seul coup tout l'horizon visible sous la nacelle d'un ballon captif ou libre. Cet appareil est appelé à rendre de réels services en aérostation militaire.

Organes aérostatiques (Système Hervé)

M. Hervé expose :

Un nouveau modèle de soupape métallique, pour les aérostats : qui diffère de tous les systèmes employés jusqu'à ce jour en ce sens que le clapet obturateur s'ouvre de l'intérieur à l'extérieur du ballon et que tout le mécanisme qui sert à son fonctionnement est complètement enfermé dans une forme cylindrique, venus en repoussé sur le disque central. L'étanchéité du joint est assurée par la pression qu'exercent les bords de ce disque sollicités par des ressorts *ad hoc*, sur un tuyau annulaire élastique fixé sur la couronne qui sert de cadre à tout le système.

Ce même inventeur est l'auteur d'une ancre de nouvelle forme qui à notre avis, peut donner les meilleurs résultats, le principe repose sur la multiplication des pattes d'arrêts lesquels sont disposées de façon à se présenter horizontalement.

Cette exposition est complétée par une série de photographies ayant rapport à l'aérostation et une collection fort intéressante de la « *Revue aéronautique* » dont M. Hervé est le fondateur.

Exposition H. Lachambre

Au pavillon des Arts Libéraux M. H. Lachambre, aéronaute, constructeur, présente au public, dans les sections des moyens de transport par l'air, un aérostaut tel qu'on les construit actuellement pour les ascensions ordinaires. Celui-ci est en soie de Chine, et cube 320 mètres pour un diamètre de 8^m,50, il peut enlever un voyageur à l'hydrogène d'éclairage et deux, gonflé à l'hydrogène pur. Son filet est en chanvre goudronné compte 96 mailles et par suite 24 cordes de suspension.

La construction de l'ensemble semble bien étudiée et si la suspension est un peu écourtée, et par suite l'appendice ramené trop près du cercle de charge ; il ne nous paraît pas douteux que c'est à l'emplacement dont disposait le constructeur qu'il faut attribuer ce léger inconvénient.

Dans la classe 52, l'ensemble des objets exposés par ce constructeur est, sans contredit, au point de vue technique, le groupe le plus intéressant dans la spécialité qui nous occupe. Nous citerons les objets suivants, types les plus récents des constructions de M. Lachambre.

Un modèle réduit de ballon captif, Gabarit, recouvert de soie de 1^m,20 de diamètre, avec son filet, sa suspension, sa nacelle annulaire, son dynamomètre, etc., etc.

Une soupape à déclanchement pneumatique et clapet circulaire, cette soupape ne devant servir qu'au dégonflement, est munie elle-même d'une soupape de manœuvre.

Un grappin aérostatique en fer forgé, à trois branches doubles, présentant toujours deux pointes parallèles, perpendiculairement au sol.

Une soupape, genre Henry Giffard, à clapet circulaire, joint à couteau, et où le rappel du disque a lieu au moyen de ressorts à boudins.

Echantillons de soies doubles collées au vernis, coutures recouvertes de bandes caoutchoutées pour ballons captifs de gros cubes, et de soie simple pour cubes moindres.

Les dessins et notices relatifs à un appareil pour la fabrication du gaz hydrogène pur, appareil transportable et perfectionné, supprimant les pompes à acide

dosant le mélange et l'élevant au-dessus des générateurs, sans autre mécanisme qu'une pompe à eau.

(Appareil pneumo-hydraulique).

Soupape et appareil à hydrogène de M. Cassé

M. Cassé est l'inventeur d'une soupape aérostatique à joint hydraulique, dont voici la description :

La figure 1, soupape fermée. Figure 2, soupape ouverte.

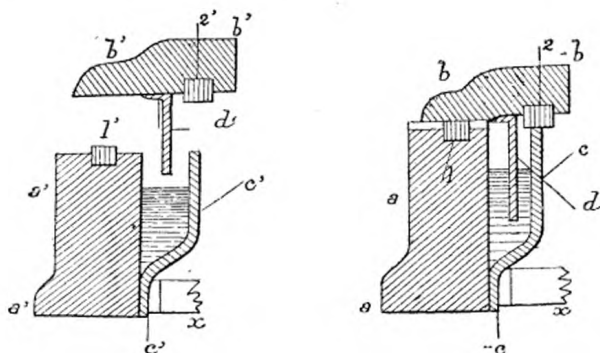
a a couronne ou siège de soupape en bois sur laquelle se fixe à la façon ordinaire l'aérostat.

b b le bord du clapet de soupape.

c c pièce circulaire en ébonite ou en papier mâché verni venant se fixer sur la couronne *a a*.

x traverse métallique supportant le mouvement destiné à faire mouvoir le clapet *b b*, à ce clapet se trouve fixée une lame ou cloison circulaire *d* de même matière que la pièce *c c*.

1 et 2 couronnes en caoutchouc destinées à opérer la fermeture absolue du clapet *b b* sur le siège *a a* et la pièce *c c*.



On comprend aisément que si l'on met un liquide incongelable, glycérine chlorure de calcium, etc., etc., dans l'espace circulaire formant cuvette, compris entre *c c*, et *a a* lorsque le clapet *b b* vient s'appliquer sur la rondelle *a*, et la rondelle 2 sur la pièce *c c*, la cloison *d* en venant plonger de 3 ou 4 centimètres ou plus dans le liquide formera un joint hydraulique parfait empêchant toute

fuite de gaz, et grâce aux deux rondelles 1 et 2 le liquide quels que soient les mouvements de l'aérostat ne peut s'échapper.

La pratique en aérostation réproouve absolument la soupape à joint hydraulique et quoi que celle que nous venons de décrire réunisse tous les perfectionnements elle n'échappe pourtant pas aux inconvénients afférents à tous les engins de ce genre.

Il est en effet facile de remarquer que dans ce système le non renversement du liquide formant joint n'est assuré qu'autant que la soupape est fermée, et que dans ce cas, ce résultat n'est obtenu qu'au moyen des bourrelets en caoutchouc 1 et 2, qui constituent un joint suffisant pour le gaz, et rendent par cela même le liquide inutile.

M. Cassé expose en outre un appareil pour fabriquer et emmagasiner le gaz hydrogène pur, nécessaire au gonflement des aérostats.

Le principe de fabrication adopté ici est la voie sèche. 14 cornues sont placées dans le foyer, ce sont des tubes de fer facilement démontables, ayant 2 couvercles communs aux sept cornues ; d'un côté arrive la vapeur de la chaudière sur le fer rouge, de l'autre l'hydrogène produit s'échappe pour aller aux tuyaux de deux pompes de compression.

Cet appareil nous paraît appelé à rendre de réels services dans le matériel fixe ; car son poids, qui doit être voisin de dix tonnes, le ferait certainement et à regret rejeter de tout matériel de campagne, dit *transportable* ou *léger*.

Avertisseur de montée et de descente (Système L. Vernanchet)

M. L. Vernanchet expose un appareil très ingénieux et appelé à rendre de grands services aux savants ou aux amateurs qui peuvent ascensionner sans le secours d'un aéroneute. L'inventeur a réuni en cet appareil tous les perfectionnements désirables : il y a là, hâtons-nous de le dire, un pas réel fait en avant !

L'avertisseur se compose d'une boîte contenant une pile composée de deux éléments secs pour les sonneries, l'une grave et l'autre aiguë, d'une pile spéciale destinée à alimenter une petite lampe électrique du genre Edison, d'un interrupteur permettant de ne pas laisser l'ensemble du circuit en courant continu et enfin d'une flèche formant écran, fixée horizontalement et perpendiculairement par rapport à la caisse, montée sur un pivot avec contre-poids disposé de telle façon que la moindre pression atmosphérique sur l'une des faces de l'écran produit un mouvement de bas en haut ou de haut en bas, fermant ainsi le circuit de l'une ou de l'autre des deux sonneries, lesquelles marcheront ensemble en cas de descente trop rapide, informant ainsi le conducteur du ballon, du danger qui le menace.

L'utilité de la lampe Edison est toute indiquée la nuit pour la lecture des instruments.

Les membres de l'école normale d'aérostation dont M. Vernanchet est le président-fondateur, ont déjà pu se rendre compte de la réelle utilité de cet avertisseur, que grâce à sa grande légèreté, sera bientôt de la plupart des voyages aériens.

Il est bon de constater en cet appareil une application avec perfectionnement d'un système semblable imaginé vers 1872 par Jules Godard.

Aérostation militaire

MINISTÈRE DE LA GUERRE — CLASSE 66

L'importance des différents organes exposés dans le vaste bâtiment de l'Esplanade des Invalides et admirablement présenté par les soins du commandant Charles Renard, directeur des ateliers aérostatiques militaires de Chalais-Meudon demande une classification particulière, et nous ne saurions trop remercier ici ce savant officier d'avoir bien voulu nous en faire remettre une nomenclature, laquelle nous a permis de suivre par numéro d'ordre, les intéressants appareils que cette exposition toute spéciale comporte :

N° 1. — *Nacelle du ballon « LA FRANCE »*

Cette nacelle construite en bambous et fils d'acier, a 32 mètres de longueur sur une largeur maximum à son maître couple de 1^m,300 et une hauteur en son milieu de 1^m,900. — La rigidité longitudinale est des plus remarquables, elle est conçue sur le principe des poutres américaines et sa surface extérieure est entièrement recouverte d'un tissu de soie qui en épouse rigoureusement le gabarit géométrique fort gracieux, ainsi que tous les nombreux visiteurs qui en ont admiré l'extrême légèreté ont pu s'en rendre compte.

Son poids (avec le moteur électrique (dynamo-Gramme), l'hélice de propulsion ainsi que divers autres accessoires, mais non compris les piles, le bâti, les engrenages, l'arbre de commande et le gouvernail) est de 570 kilogrammes.

Cette nacelle contient également et indépendamment du moteur et de l'hélice dont il vient d'être parlé : 1° toute la série de piles accouplées par batteries et montées en tension ; 2° le ventilateur et sa manche le reliant au ballonnet compensateur ; 3° les instruments nécessaires pour faire route.

L'ensemble de ces différents engins qui viennent la compléter ainsi que la partie électro-motrice du système atteint 560 kilogrammes ; ce qui porte le poids total à 1,130 kilogrammes. (Sans lest ni voyageurs.)

Elle est suspendue au-dessous d'une reproduction partielle du ballon « *La France* » (le seul jusqu'à ce jour qui soit parvenu à rentrer à son point de départ après une série combinée d'évolutions sous l'action de son moteur). Son mode d'attache sous l'aérostat porteur est effectué au moyen d'une chemise d'ascension qui supprime presque radicalement le réseau de mailles des anciens filets.

La ligne des bâtonnets récepteurs et des pattes d'oie et câbles qui relient cette dernière à la nacelle, est clouée sur une ossature en bois à claire-voie qui fait corps avec la toiture du bâtiment et reproduit rigoureusement la partie inférieure du ballon.

Mais nous croyons devoir ici rappeler succinctement les dimensions principales et les poids correspondants de cet aérostat dirigeable afin de bien faire saisir l'importance de cette remarquable construction aérostatique et scientifique.

Longueur de l'avant à l'extrême arrière.	50 ^m , 420
Diamètre au fort	8 ^m , 400
(Rapport de 6 fois son diamètre en longueur).	
Volume engendré (environ)	1860 ^m ³, »
Poids du ballon et du ballonnet.	369 kil. }
Poids de la chemise et du filet	127 }
	496 kilos.

Soit 500 kilogrammes en chiffres ronds.

Il fut expérimenté aux mois d'août, septembre et novembre 1884, août et septembre 1885 et réussit 5 fois sur 7 à rentrer à son port d'attache; la vitesse maximum obtenue fut de 6^m,50 par seconde.

La puissance qui fut développée pendant les premiers essais par le moteur électrique peut être estimée à 14 chevaux pour le courant aux bornes d'entrée ce qui correspond très sensiblement à une moyenne de 7 chevaux sur l'arbre de l'hélice.

A la suite des expériences exécutées dans le courant de l'année 1884, le commandant Renard modifia sensiblement certaines parties de l'aérostat et entre autres les différents organes qui s'y rattachent, tels que ventilateurs, piles, accumulateurs et voile de queue, afin d'en alléger l'ensemble pour gagner le poids d'un aéronaute.

Il s'occupa surtout du moteur électrique et s'attacha à améliorer la pile, en modifiant légèrement la composition du liquide des éléments.

La machine motrice multipolaire qui avait servie jusque là, fut remplacée par une dynamo à deux pôles, dont la construction fut confiée au savant électricien Gramme, ce nouveau moteur permit de développer une puissance de 9 chevaux sur l'arbre de l'hélice.

Pour réaliser ce maximum de 9 chevaux, il a fallu doubler la vitesse de l'an-

neau et en porter le nombre de tours jusqu'au 3,600, ce qui a nécessité l'emploi de graisseurs spéciaux destinés à éviter l'échauffement des paliers et des axes.

L'hélice est à deux branches, son régime de marche est d'environ 55 tours par minute, elle est commandée directement par un arbre creux dont la construction est en tôle avec rotules de raccordement.

Le train des roues d'engrenages est suspendu à l'arbre même de l'hélice, le pignon n'étant relié à la machine motrice que par l'intermédiaire d'un manchon à collage élastique permettant un déplacement sans crainte de dégrènements pendant la marche ; cette modification évite les inconvénients inhérents aux déformations inévitables de la nacelle et donne à l'ensemble un jeu relatif sans que la transmission cesse un seul instant de se produire.

La poussée de l'hélice fut mesurée et on trouva qu'elle était reliée à l'intensité du courant par la formule

$$H = 0,753 C - 17,3$$

(H poussée de l'hélice en kilogrammes. C courant en ampères).

Cette formule se vérifie très exactement pour des valeurs de C variant de 0 à 108 ampères ; on peut démontrer qu'elle s'applique sensiblement au cas où le ballon au lieu d'être immobile, obéit librement à l'effort de l'hélice.

L'étude et la conception de ce navire aérien dont plusieurs parties sont fort intéressantes, surtout celles qui concerne l'horizontalité du système, sur les quelles nous ne pouvons nous étendre, ne faisant que d'en pressentir l'application absolument nouvelle, font le plus grand honneur à MM. les officiers Renard et Kreebs, qui en ont dirigé et surveillé la construction et qui ont pu enfin voir consumer leur œuvre, par des expériences incontestables dont le résultat a fait le sujet d'un compte rendu lu à l'Institut, et a valu comme récompense à l'un des auteurs, le prix Pinter à l'Académie des Sciences et sa promotion au grade de Commandant, et à l'autre, sa nomination dans l'ordre de la Légion-d'Honneur.

M. le commandant Charles Renard poursuit assidûment, en collaboration avec son frère Paul et aidé de notre collègue et ami Duté-Poitavin, aéronautes, ses recherches sur la question et nous pouvons nous attendre prochainement à avoir à enregistrer de nouveaux succès, lesquels ne précéderont nous l'espérons, que de très peu la solution complète et tant désirée de la navigation aérienne.

N° 2. — *La nacelle du ballon de DUPUY DE LOME*

Nous ne pouvons donner la description de cette nacelle qui nous rappelle les plus douloureux souvenirs du Siège sans dire un mot de l'illustre ingénieur qui avait conçu le projet de sortir et de rentrer dans Paris pendant l'Année Terrible au moyen du ballon dirigeable dont l'étude sert de base encore aujourd'hui à tout

ce qui se rattache de près ou de loin à la direction des aérostats.—Le savant ingénieur de la marine Zédé et l'un des auteurs de ces lignes eurent l'insigne honneur de collaborer, chacun en ce qui les concernait, avec le maître regretté et si Dupuy de Lôme s'en est tenu à la force des hommes, c'est bien plutôt à l'impossibilité d'exécution que cette époque troublée suscitait en rendant toute construction délicate de plus en plus difficile, qu'à un parti pris arrêté d'avance. Nous restons convaincu que si cet éminent ingénieur n'avait pas été enlevé sitôt à la science, il aurait poursuivi ses recherches et remplacé la force humaine par un moteur à air chaud, sa première idée ; ce qui l'aurait amené à étudier les machines à gaz ou à hydro-carbures liquides qui donnent actuellement le maximum de puissance sous un faible poids relatif et ne se délestent en pleine marche que d'une quantité infinitésimale et négligeable pour un aérostat de grand volume.

Mais revenons à notre sujet et contentons-nous de donner les dimensions et les poids de ce premier type de nacelle allongée.

Longueur	12 ^m ,500
Largeur au maître couple	1 ^m ,750
Hauteur au milieu	1 ^m ,250

Poids 738 kilogrammes (comprenant l'osier, les rotins, les bâtons en cornouiller, les traverses en frêne, les cordages de suspension, les barrettes d'écartement et leurs épontilles, les toiles des bouts, les bancs de quart et le double plancher pour les manœuvres, les bambous accouplés à la main-courante, l'arbre de commande, ses coussinets et les manivelles ainsi que l'hélice d'un diamètre de 9 mètres.

La vitesse propre réalisée par l'aérostat sous l'effort des 8 hommes attelés aux manivelles (soit très sensiblement 1 cheval de 75 kilogrammètres) a été de 2^m,80 par seconde. Cette vitesse mesurée à bord pendant l'expérience a été reconnue trop faible pour tenter un simulacre de retour au point de départ.

La nacelle du ballon *Dupuy de Lôme* est suspendue sous les fermes par de simples cordages qui ne rappellent en rien la véritable suspension funiculaire qui la reliait à la chemise de l'aérostat porteur pendant l'ascension d'essai.

Cette chemise a été, nous croyons religieusement conservée à l'école de Chalais-Meudon comme premier type du genre.

N° 3. — *Ballon captif réglementaire et sa suspension*

Ce modèle est la reproduction exacte du système adopté pour l'armée française, il représente le ballon, son filet avec ses pattes d'oie, ses équateurs et la suspension ; l'ensemble en est relié à un nouveau genre de trapèze à réseau funiculaire, sur lequel vient s'adapter la nacelle.

L'appareil est réduit à l'échelle de $\frac{4}{10}$ de son exécution.

N° 4. — *Parc de ballons captifs. Suspension captive auxiliaire*

La nacelle est grée par une ascension captive, elle est suspendue comme elle le serait réellement au-dessous du ballon appelé à la supporter, les suspentes en cordages qui partent de son cercle de suspension ont leur inclinaison réelle et proportionnelle au diamètre de l'aérostat.

N° 5. — *Parc de ballons captifs. Suspension libre normale*

Dans cette figure, la nacelle tout en comportant les mêmes observations que ci-dessus est grée pour une ascension libre, c'est-à-dire que tout que le réseau trapézoïdal funiculaire a été retiré et quelle est directement suspendue par son cercle ordinaire à cordages de balangène central.

N° 6. — *Parc de ballons captifs. Suspension captive normale*

La nacelle dans ce cas est rendue rigide par la suspension funiculaire dont il vient d'être parlé, laquelle est due au commandant Renard qui l'a imaginée en 1877 ; il s'est dans cette circonstance inspiré du principe adopté par son illustre devancier Dupuy de Lôme dans son aérostat dirigeable à hélice exécuté pour le compte de l'Etat en 1870 et expérimenté en 1872 au fort de Vincennes.

L'application de cette suspension aux ballons captifs permet de résoudre les trois problèmes suivants :

- 1° Répartition égale de l'effort du câble sur toutes les suspentes.
- 2° Horizontalité du plancher de la nacelle, quelle que soit l'inclinaison du câble d'ascension.
- 3° Orientation stable de la nacelle dans le plan du vent.

N° 7. — *Ballon de Place Suspension libre*

Mêmes observations que pour le n° 4.

Cette nacelle a été construite pour le service des ballons de 900 mètres cubes au gaz hydrogène.

Son poids est de	95 kilos
Sa longueur de	1 ^m ,800
Sa largeur de	1 ^m ,200
Sa hauteur de	1 ^m ,150

La carcasse interne est en acier, ce qui lui assure une rigidité parfaite dans tous les sens et lui permet de résister à des chocs assez violents sans crainte de déformation sensible.

N° 8. — *Nacelle pour ballon de 1,200 à 2,000 mètres cubes*

Cette dernière est grée en ascension libre et contient tous les instruments en usage dans les ascensions : baromètre altimétrique, baromètre enregistreur, thermomètre fronde, thermomètre humide, couteaux aérostiques, questionnaires, sacs de lest, carnets d'observations, indicateur des vitesses verticales, appareil photographique, sacs en cuirs amortisseurs de choc et cône-ancre pour descente en mer.

N° 9. — *Nacelle du Siège de Paris (1870-71)*

Le matériel aérostique qui a servi pendant le siège de Paris a été conservé aux Invalides jusqu'à la création de l'établissement de Chalais en 1877 et le type exposé est celui qui a été le plus généralement employé dans la construction des ballons-poste, tant à la gare d'Orléans par Eugène Godard et son frère Jules, qu'à la gare du Nord par l'un des écrivains M. Garbiel Yon et son collègue Camille Dartois.

N° 10. — *Parachute 17 de mètres de diamètre et sa nacelle*

Nous n'avons aucune idée de l'utilité de cet engin comme matériel aérostique militaire ; mais si cependant sa destination était de supporter le poids d'un homme, nous croyons que la surface concave engendrée par le diamètre ci-dessus en effet serait insuffisante sous la traction d'un poids d'environ 70 kilogrammes et pour un angle proportionnel à la longueur des cordes de suspente venant s'attacher au diamètre extérieur de la nacelle qui en forme partie intégrante, il serait imprudent et même dangereux de le charger de plus de 40 kilogrammes.

N° 11. — *Matériel ayant servi au Tonkin*

Un parc léger de ballon captif a pris part à l'expédition du Tonkin et les services rendus par nos aérostiers militaires ont été signalés à l'opinion publique par la voie des journaux, le problème n'était cependant pas facile à résoudre et il a fallu pour cette campagne réduire les proportions des parcs primitifs pour les ramener à leur plus simple expression ; c'est ainsi que le volume du

ballon a été réduit à 260 mètres cubes, de façon à en rendre la manœuvre possible et facile à bras d'homme et que le commandant Renard a dû innover un appareil à hydrogène spécial basé sur le procédé au salin.

Les opérations militaires faites avec ce matériel extra-léger ont eu lieu contre Bac-Ninh et Hong-Hoa ; il a été expédié en janvier 1884 et n'est revenu en France que dans le courant de l'année 1888 en assez mauvais état, car la compagnie d'aérostatiens étant rentrée en 1886, ce matériel est resté en souffrance dans un magasin avant sa réexpédition.

N° 12. — *Pneumo-densimètre*

Cet appareil a été construit sur les indications du directeur de l'école aérostatique de Chalais pour mesurer rapidement la force ascensionnelle effective des gaz légers, son emploi remonte à 1880.

N° 13. — *Machine à essayer les cordages*

Ce dynamomètre du système Renard est basé sur l'emploi du vide, il est à piston sans frottement, dit à joint annulaire et à clapet à mercure immobilisant la colonne manométrique après la rupture de l'éprouvette. Cette machine a pour complément un système de corps de pompes pneumatiques du type Bianchi destiné à faire le vide dans le cylindre supérieur.

Notre regretté maître Henry Giffard, l'inventeur de l'injecteur qui porte son nom et auquel l'on doit également la conception gigantesque et l'exécution admirable des grands ballons captifs de 1867 au Champ de Mars et de 1878 aux Tuileries, avait fait construire pour son usage un dynamomètre à pression hydraulique dont la puissance atteignait 100.000 kilogrammes.

Nous croyons que pour réaliser de semblables efforts de rupture il est préférable d'employer le système hydraulique qui permet de réduire la surface du piston et du cylindre, lesquels dans la machine du commandant Renard et pour le même effort nécessiteraient des proportions anormales.

N° 14. — *Dynamomètre-balance*

Cet appareil dont la destination est de mesurer la quantité de travail des moteurs à mouvement rapide n'ayant pas été exposé, nous passerons sans plus tarder au numéro suivant.

N° 15. — *Appareil automatique pour la manœuvre verticale des Ballons libres.*

(système Renard et Krebs).

Cet appareil sur lequel nous n'avons aucun détail mais qui nous semble un peu volumineux pour être installé facilement à bord d'une nacelle ordinaire est, croyons-nous, basé sur le changement de volume d'une certaine quantité d'air emmagasinée dans un récipient cylindrique ; son fonctionnement doit être solidaire de la dépression barométrique produite pendant la montée, dépression amenant une pression relative de l'air contenu dans le cylindre, lequel a pour action dans ce premier cas, d'ouvrir au moyen d'une tuyauterie *ad hoc* la soupape supérieure, et pendant la descente pour le second cas, la compression barométrique proportionnelle ramenant le volume de l'air au dessous de son unité primitive, la diminution qui s'en suit est selon nous appelée alors à actionner une robinetterie laissant échapper un lest quelconque sous forme liquide ; cependant nous ignorons complètement les résultats que l'on a pu en obtenir aux essais.

N° 16. — *Soupape des Ballons captifs.*

Cette soupape raisonnée par le Commandant Renard est construite pour permettre deux manœuvres indépendantes : l'une, au moyen du clapet à boudins produit une ouverture momentanée et mesurable ; l'autre par déclenchement permet d'obtenir une ouverture définitive et proportionnelle à la section carrée du grand cercle. Ces deux mouvements, sont indépendants l'un de l'autre, le premier est commandé par une porte à pression atmosphérique qui actionne au moyen d'un tuyau en caoutchouc le clapet gradué, l'autre au moyen d'une corde et par simple traction permet le déclenchement complet du disque obturateur.

N° 17. — *Ancre-chaîne (système Renard).*

Ce nouveau type d'engin d'arrêt diffère de ses devanciers en ce sens qu'il permet, en multipliant les organes de l'ancre ordinaire, d'augmenter à volonté la résistance à la traction sur le sol ; il est de nature à arrêter progressivement et définitivement tout aérostat qui en est muni par des temps même très mouvementés et nous croyons que son application serait une excellente chose en aéronautique courante. L'ensemble en est articulé, et une fois replié en soufflet, les pattes d'arrêt s'encastrent les uns dans les autres, il est facile de suspendre le tout en dehors de la nacelle sans beaucoup plus d'inconvénients que pour les grappins usuels.

N° 18. — *Machine pour la résistance de l'air (système Renard).*

Ce genre de machine est le premier en notre connaissance qui ait été construit et les services qu'il est appelé à rendre à la science sont incalculables, surtout, si l'on tient compte que jusqu'à présent toutes les formules usitées en aérostation dirigeable sont plus ou moins empiriques et que chaque inventeur a la sienne ; ce qui amène fatalement une cacophonie dans les problèmes parmi lesquels il est à peu près impossible de discerner un véritable coefficient à adopter pour leur solution.

Cette machine dont les surfaces sont étudiées pour tourner autour d'un arbre monté avec un moteur électrique, sur un bâti suspendu à la cardan et ramené à sa position initiale par des poids placés dans deux plateaux, repose dans son ensemble sur un socle de maçonnerie.

Elle a été très remarquée par le monde savant qui s'occupe de cette question si complexe de la résistance de l'air sous des angles d'attaque différents.

N° 19. — *Anémomètre enregistreur.*

L'appareil qui porte ce nom, prêté par MM. Richard frères et qui n'est autre qu'un indicateur de vitesse, n'a pas été exposé ; il nous est donc impossible d'en parler utilement.

N° 20. — *Lampe Renard, pour signaux.*

Cette lampe à arc est construite depuis 1887 ; elle est destinée à la formation de signaux optiques en Ballon captif, et sa construction en permet le réglage quelle que soit l'inclinaison de l'aérostat auquel elle est adaptée.

N° 21. — *Parachute dirigeable du Lieutenant Renard.*

Ce modèle exécuté en 1873 par le directeur actuel de Chalais, aux frais des Officiers du 3^e régiment de Génie, alors qu'il n'était encore que lieutenant, repose sur le principe de lames à surfaces superposées (substantateur lamellaire) susceptible de changement d'angle d'inclinaison de façon à pouvoir varier la vitesse verticale du système au profit d'une direction horizontale, relative afin d'en tirer une composante oblique définitive sur laquelle est basée la direction de l'appareil, autant, du moins, que nous avons pu en juger.

N° 22. — *Appareils d'aviation d'Alphonse Penaud*

Ces appareils qui n'ont malheureusement pas été exposés rentrent dans le système du plus lourd que l'air, cela est d'autant plus regrettable, qu'Alphonse Penaud est peut-être le premier qui ait émis une théorie complète du mouvement de l'aile de l'oiseau et qui l'ait appliquée avec succès à la construction d'oiseaux artificiels ; cet infatigable chercheur doublé d'un savant a fait école, et la Société de Navigation aérienne ne fait que suivre actuellement l'impulsion de cet amateur que nous regrettons tous.

N° 23. — *Nomenclature des objets divers contenus dans la vitrine n° 1.*

Balance pour la perméabilité des étoffes vernies.

L'appareil se compose d'une balance ; l'un des plateaux est remplacé par un cylindre creux plongeant dans l'eau et dont la calotte supérieure est constituée par l'étoffe dont on veut mesurer la perméabilité. La lecture est donc des plus faciles et instantanée.

N° 24. — *Fabrication des Vernis.*

Conserves de 1 litre contenant :

Huile de lin crue	Huile épaisse
Huile 20 — 170	Huile 20 — 220
Vernis 20 — 170 — 2	Vernis 20 — 220 — 3
Huile d'olive	Huile 20 — 250

Colle de caoutchouc

Thermomètre enregistreur pour la cuisson des vernis.

Viscosimètre

Flacon de litharge

Flacon de terre d'ombre.

Dessin de l'appareil à fabriquer les vernis à Chalais, fabrication qui se fait industriellement chez Camille Arnoul à Saint-Ouen-l'Aumône.

Cette nomenclature qui peut sembler banale, indique cependant les soins que nécessite la préparation des enduits qui servent à rendre aussi étanche que possible les tissus destinés à la confection des aérostats.

N° 25. — *Échantillons d'étoffes vernies.*

Vernissage du ponghee simple (en tenant compte de l'augmentation de poids dû aux coutures).

Echantillon de 1 décimètre carré non vernis Le même — Verni à 1 couche		Poids	
		Avant	Après
—	2	0,96	2,35
—	3	2,35	2,81
—	4	2,81	8,09
—	5	3,09	3,25
—	(*)	3,25	3,33

(*) dont une d'huile d'olive.

N° 26. -- *Fabrication de l'hydrogène.*

TABLEAU COMPARATIF DES PROCÉDÉS DE FABRICATION

Nature du procédé	Poids de réactif par mètre cube	Prix du mètre cube	Observations.
Vapeur d'eau et fer (cornue) . . .	Combustible non compris 2 k2,00 5 k,000 3 k,000	0,80 à 1,00	{ Appareils énormes se détruisant rapidement.
Vapeur d'eau et fer (creuset) . . .		0,40 à 0,50	
Vapeur d'eau et zinc fondu . . .		1,80 à 2,00	Dégagement irrégulier et lent.
Eau bouillante, anti- moine et zinc. .	3 k,000	environ 3 fr.	Dégagement beaucoup trop lent.
Zinc cuivré et eau bouillante. . .	3 k,000	1,80 à 2,00	Dégagement trop lent.
Tournure de fer et acide sulfurique .	8 à 9 k.	1,00 à 1,20	Adopté pour les places.
Tournure et acide chlorhydrique. .	12 à 13	1,00 à 1,20	Poids trop considér. et vap ^{rs} acides
Zinc et acide sulfu- rique . . .	8 à 9	2,50 environ	Adopté en campagne.
Sodium et eau pure	2 k,300	25 fr.	Prix trop élevé, project. danger.
Calcium et eau pure	2 k	»	Excell. procédé, trop cher actuell.
Zinc et salin . .	12 k.	4 fr.	Bon procédé, quoique lourd (Em- ployé au Tonkin).
Aluminium et soude du commerce. .	5 k,50	»	Trop cher.
Chaux et sciure de bois. . .	8 k.	0,20 à 0,25	Gaz lourd, dégagement lent.
Gazéine . . .	3 k.	5,80	Bon procédé, mais dégagement lent
Procédé électrique .	0 k,081 d'eau distillé	0,30 à 0,40	Dégagement excessivement lent.

Le prix donné par M. le Commandant Renard dans le tableau qui précède au sujet du gaz obtenu par la décomposition de l'eau par l'électrolyse, nous paraît purement théorique, car si l'on considère un seul instant la puissance du moteur primaire et la quantité du charbon nécessaire à la production d'un courant électrique suffisant pour obtenir un mètre cube d'hydrogène et défalcation faite de l'oxygène recueilli, on arrive fatalement à un tout autre résultat en pratique.

Il ressort donc de ce même tableau que le moyen le plus rapide de produire l'hydrogène pur est encore la voie humide et qu'à part l'électrolyse dont le dégagement est très lent, c'est la réaction de l'acide sulfurique sur le fer ou sur le zinc qui permet d'obtenir le gaz nécessaire au gonflement des ballons à un prix relativement faible et abordable pour les aéronautes.

La même vitrine contient des échantillons suivants dans des bocaux :

Calcium	Tournure de fer
Aluminium et soude	Grenaille de zinc
Magnésium et sel ammoniac	Acide sulfurique
Gazéine pralinée	Salin
Cartouches de gazéine	

N° 27. — *Piles électriques Renard.*

La première exécution de ces piles imaginées par le Commandant Renard remonte à 1883 ; leur destination visait déjà à cette époque l'application de l'électricité à la propulsion des ballons.

Nous devons ajouter cependant que notre ami et collègue Gaston Tissandier et son frère Albert, suivant la même voie, précédèrent le Commandant Renard en exécutant le lundi 8 octobre 1883 une ascension d'expérience avec leur aérostat dirigeable dont l'hélice était actionnée par l'électricité obtenue avec une pile à base de bichromate de potasse, en contact avec une dynamo Siemens ; nous sommes donc heureux d'avoir à leur reconnaître ici la priorité sur l'idée de l'emploi de l'électricité à la propulsion des ballons.

Les piles du Commandant Renard sont caractérisées par leur faible poids, eu égard à l'énergie disponible dans l'unité de temps, comme il est facile de s'en rendre compte par le détail qui suit ;

Types de 50, 25 et 12 kil. par cheval.

Pile de 12 éléments de 30 millimètres en couronne.

Poids 5 kilogrammes.

Energie 100 Wat.

Durée 1 h. 15.

Tranche de pile du ballon *La France*.

Poids : 10 kilogs.

Energie : 200 watt.

Durée : 1 h. 30.

Pile de 36 éléments de 20 millimètres.

Poids ; 6 kilogs. 950.

Energie : 200 watt.

Durée : 55 minutes.

Pile de la marine 24 éléments de 35 millimètres.

Poids : 24 kilogs.

Energie : 120 watt,

Durée : 2 h. 20.

Pile pneumatique de laboratoire (en verre).

Poids : 12 kilogs.

Energie : 40 watt.

Durée : 2 h. 1/2.

Pile pneumatique (modèle industriel) 7 éléments de 50 millimètres.

Poids : 20 kilogs.

Energie : 40 watt.

Durée : 5 heures.

Pile médicale pneumatique de 6 éléments.

Poids : 10 kilogs.

Energie : 80 watt.

Durée 1 heure.

Echantillons se rapportant aux piles ci-dessus

Liquide A.

Liquide B cl.

Liquide B S.

Liquide R

Liquide F

Echantillons d'argent platiné.

Electrodes d'argent platiné.

Crayons de zinc de divers types neufs et usés.

Le caractéristique de ces piles (genre primaire au bichromate) est l'emploi du liquide chlorochromique qu'on obtient en traitant le bichromate de soude par l'acide sulfurique, on peut ainsi recueillir l'acide chlorochromique $\text{CrO}^2 \text{Cl}$ dans l'eau.

Le liquide qui donne le maximum d'effet par unité de poids d'après les expé-

riences du commandant Renard renferme à peu près H C I et Cr O³ à équivalents égaux.

La pile est formée de groupes tubulaires comprenant une électrode positive cylindrique et un crayon de zinc disposé suivant l'axe de cette électrode ; l'électrode positive est formée par une lame d'argent platinée par laminage sur ses deux faces.

Le rendement atteint son maximum, quand la pile est déchargée au potentiel de 1,2 volt mesuré aux bornes, en résumé dans cette pile le charbon est remplacé par la platine (argent platiné) et le liquide est constitué par l'acide chromique.

Le commandant Renard a déduit de ses nombreuses expériences les lois suivantes : (étant donnée que le diamètre des vases est proportionnel à celui du zinc).

P^o courant par unité de longueur de vase proportionnel au diamètre.

S^o durée de la pile proportionnel au diamètre.

T^o Énergie total proportionnel au carré du diamètre.

N^o 28. — *Echantillons de travaux de corderie et de couture*

Les échantillons de travaux de corderie comprennent des épissures, transfls, têtes de turc ; queues de porc, de rat, mailles de filet, estropes de cabillots, poulies, cordes sans bout, pattes d'oie, cosses de réglage et enfin tous les types quelconques le plus généralement usités en aérostation.

L'école de Chalais a adopté pour la plus grande partie de son matériel l'emploi du coton, contrairement avec les autres aéronautes qui se servent exclusivement du textile de chanvre, avec lequel on obtient des coefficients de rupture bien supérieurs à poids égal et c'est seulement pour ses câbles d'ascension qu'elle a conservé comme fabrication ce dernier, dont la résistance (étant donné un commétage à torsion spéciale) a permis à la maison Bessonneau d'Angers d'obtenir des ruptures atteignant 1500 kgr. par centimètre carré de section, chiffre qui dépasse de 50 % la somme maximum admise jusqu'à ces derniers temps, par la résistance d'un câble de petit diamètre en bonne qualité.

La couture dans la confection d'un aérostat joue un rôle prépondérant et les échantillons exposés par le commandant Renard sont de différents genres, soit à plat sur des étoffes à ballon simples et doubles exécutées à la main, soit sur des étoffes de même type exécutées à la machine, il existe même des planchettes spéciales servant à démontrer la composition des différentes coutures qui précèdent.

Les échantillons d'étoffe sont les suivants :

Etoffe de soie.

Etoffe de coton.

Toile.

Tapis pour nacelle.

Etoffes doubles.

N° 29. — *Echantillon de l'étoffe de Dupuy de Lôme*

Cet aérostat dont la construction fut confiée à M. Gabriel Yon avait les dimensions principales suivantes :

Longueur totale de pointe en pointe	36 ^m ,120
Diamètre au fort de la circonférence	14 ^m ,840
Rayon correspondant du méridien .	25 ^m ,780
Volume engendré.	3454 ^m 3,000

Une expérience eut lieu le 2 février 1872 au Fort de Vincennes devant une Commission nommée par le Ministre de l'Instruction publique, commission choisie parmi les membres de l'Institut ; les résultats obtenus dont il a déjà parlé à propos de la nacelle firent le sujet d'une note très détaillée lue à l'Académie des Sciences, le 5 février de la même année.

N° 29 bis. — *Echantillons des ballons du siège de Paris*

Ces simples lambeaux d'étoffe rappellent les plus amers souvenirs, mais il est incontestable néanmoins que la construction des aérostats que l'on doit au regretté M. Rampont alors directeur des Postes, n'a pas été sans rendre des services signalés à la Patrie : c'est certainement à l'élan qui fut donné à cette époque par les ballons du siège de Paris que l'on doit les progrès que nous sommes heureux d'avoir à enregistrer aujourd'hui dans cet ouvrage.

N° 30. — *Echantillon du ballon de Fleurus*

Donné à l'établissement de Chalais par le Colonel du génie Goulier qui l'a rapporté en 1870 de l'Ecole d'application de Metz où le ballon était conservé.

L'apologie des immortels aéroliers de la première République *Coutelle, Conté et Lhomond* qui figure dans notre préface nous dispense d'y revenir. rendons donc simplement à nos devanciers l'honneur qui leur revient et que l'histoire a déjà enregistré avant nous sur son livre d'or. Nous avons également remarqué un morceau d'étoffe provenant du ballon de Blanchard, aérostat avec le quel cet aéronaute exécuta la traversée de la Manche accompagné du docteur Jeffrins en 1785.

Echantillons des matières premières :

Echantillon de soie (Histoire de la soie).

Echantillon de coton (Histoire du coton).

Echantillon de chanvre (Histoire du chanvre)

Echantillon de ramie (Histoire de la ramie).

Il faut savoir gré au commandant Renard d'avoir eu la pensée de mettre sous les yeux du public cette série d'échantillons qui permet de suivre pas à pas les transformations subies par chaque textile et que nous pourrions compléter en nous étendant sur les procédés de peignage, de filage et de tissage, mais ces questions sont spécialement confiées à notre savant collègue chargé de la 10^e partie de cette Revue.

N° 31. — *Instruments en usage dans les ascensions*

Les instruments sont placés dans la grande nacelle (voir n° 8). On a laissé sous la vitrine qu'un carnet d'observation, une feuille de calculs, un diagramme, un rapport, une carte au $\frac{1}{200,000}$ et le registre des ascensions.

N° 32. — *Compas aéronautique du colonel du génie Mangin*

Cet instrument de précision a été conçu par le colonel Mangin pour l'usage tout spécial auquel il est destiné, et lui fait le plus grand honneur ; quoique ce soit en dehors de mon sujet, je saisis ici l'occasion de rappeler que l'on doit également au colonel Mangin le projecteur électrique pour télégraphie optique qui porte son nom, appareil merveilleux qui l'a rendu célèbre dans le monde entier et avec lequel on communique entre l'île de la Réunion et l'île Maurice.

N° 33. — *Album de Conté et de Meusnier*

Relique précieuse de modestes savants qui ont travaillé toute leur vie pour la Science et pour la Patrie.

N° 34. — *Machine Perreaux à essayer les étoffes*

Cette machine n'a pas été exposée dans cette classe c'est du reste un simple dynamomètre horizontal qui permet de rompre, soit les étoffes, soit les cordes jusqu'à concurrence de 600 kilogrammes, cet instrument de contrôle est très utile en aéronautique où rien ne doit être laissé au hasard.

N° 35. — *Hydrogène comprimé*

Le commandant Renard a exposé un type de tube étudié à Chalais pour résister à une pression de 200 atmosphères ; ces tubes sont munis d'une fermeture spéciale à double action et le poids du métal par mètre cube de gaz emmagasiné est de 8 kilogrammes. L'ingénieur anglais Nordenfelt a été, nous croyons le premier à appliquer le transport de l'hydrogène sous ces hautes pressions et l'armée Anglaise qui l'a employé utilement dans son expédition du Soudan possède à Chatam tout un matériel basé sur le même principe.

Le tube exposé à l'Esplanade des Invalides est de petit modèle avec bouchon plein, mais il en existe deux coupes du même type qui permettent de se rendre compte de l'épaisseur du métal.

N° 36. — *Bouteilles en cuivre pour le transport de l'acide sulfurique en campagne*

La construction de cette bouteille, quoique parfaitement étudiée, nous a semblé trop lourde et je crois qu'une série de semblables récipients pour le transport de l'acide sulfurique en campagne serait très embarrassante ; à notre avis il y a mieux à faire pour obtenir le même résultat et nous ne doutons pas que le commandant Renard n'y ait déjà apporté les modifications nécessaires pour l'alléger dans la mesure du possible.

N° 37. — *Tubes et coupelles à gazéine*

Ces tubes sont ceux très probablement qui ont servi aux expériences de production d'hydrogène relatées dans le tableau portant le n° 26 et qui avaient été adoptés primitivement. Nous n'y reviendrons pas plus longuement, puisqu'il est établi que le dégagement pendant l'opération est trop lent pour pouvoir être appliqué utilement en campagne ; qu'en plus, le gaz produit est trop lourd et qu'enfin leur emploi a été reconnu dangereux.

N° 38. — *Voiture-treuil*

Cette voiture qui n'a pas été exposée a subi plusieurs modifications ; la première construite remonte à l'année 1879, les suivantes subirent une transformation en 1887 d'abord et ensuite en 1888. La vitesse obtenue sous l'effort du moteur est pour le dernier type de 1^m,50 et 2 mètres par seconde. Nous regret-

tons beaucoup cette abstention de la part du commandant Renard, mais nous supposons avec raison qu'il s'agit ici de ne pas divulguer en temps de paix un matériel appelé à rendre les plus grands services en temps de guerre.

N° 39. — *Voiture à hydrogène*

La construction de cette voiture qui n'a pas non plus été exposée date de 1886 ; elle fut également transformée une première fois en 1887 et l'on s'arrêta en fin de compte au type actuel qui remonte à 1888 ; la puissance de production de cette dernière est de 300 mètres cubes à l'heure. Les mêmes raisons qui précèdent sont de nature à ne pas nous permettre de nous y étendre davantage.

N° 40. — *Matériel aérostatique et ballon dirigeable* (vues stéréoscopiques)

Nous n'avons pas vu dans l'Exposition du ministère de la Guerre les vues stéréoscopiques dont il s'agit et il est probable que pour des raisons que nous ignorons elles n'ont pas été exposées en temps utile.

N° 41. — *Soupapes grées.*

Ces soupapes sont très sensiblement du même type que celles figurant sur cette nomenclature sous le n° 16, c'est-à-dire commandées par une poire à air agissant au moyen d'un tuyau de caoutchouc sur un disque démasquant une ouverture circulaire proportionnelle à la surface du grand cercle engendré par l'armature qui supporte tout le mécanisme. Ce type supprime la corde ordinaire passant verticalement à l'intérieur de l'aérostat.

N° 42. — *Appendice normal grée*

L'organe de sûreté qui porte le nom d'appendice n'est autre chose qu'une soupape placée à la partie inférieure du ballon ; cette dernière est réglée de manière à ne s'ouvrir que sous une pression déterminée quand le ballon, sous l'effet de la dilatation, demande à augmenter de volume. Elle évite les rentrées d'air par aspiration quand l'aérostat subit l'effet inverse produit par la condensation. Nous ignorons le type qu'a adopté le directeur de Chalais, cet appareil n'ayant pas été exposé.

N° 43. — *Appareils de Richard*

Les différents instruments de précision dûs à MM. Richard frères n'ont pas été exposés, nous ne pouvons donc pas en parler.

Comme il en est de même de la *Girouette enregistreuse* du Capitaine Espitallier qui figure dans le catalogue sous le même numéro. Nous nous voyons forcés de passer au n° 44 qui comporte les superbes tableaux décoratifs qui ornaient les murs du grand hall de l'Exposition aérostatique militaire de l'Esplanade des Invalides.

N° 44. — *Ballon captif sous la première République. Épisode du siège de Mayence (reproduction d'une aquarelle de Conté).*

Ce tableau a son explication dans notre préface où notre collaborateur et ami Édouard Surcouf en a rappelé toutes les péripéties que l'histoire a enregistrées en temps utile.

N° 45. — *Ballon dirigeable du Général Meusnier.*

C'est la reproduction à une plus grande échelle d'une planche de l'album de Meusnier. Le ballon représenté est des plus remarquables si l'on se reporte par la pensée à l'époque où il a été conçu, mais nous sommes cependant forcé de reconnaître qu'il n'a jamais été construit.

N° 46. — *Ballon LA FRANCE (vue longitudinale).*N° 47. — *Ballon LA FRANCE (vue en bout).*

Nous nous sommes suffisamment étendus sur les résultats obtenus en tant que direction, avec est aérostat, par MM. les officiers supérieurs, Renard et Krebs, et nous croyons avoir rendu à ces deux savants toute la part qui leur revient et que la postérité sanctifiera.

N° 48. — *Ballon captif normal (position de départ).*N° 49. — *Ballon captif normal (en observation).*

Ces deux derniers grands tableaux démontrent l'importance du matériel des

parcs aérostatiques militaires, et font pressentir les services immenses qu'il est permis d'espérer en obtenir pour surveiller les mouvements de l'ennemi à des distances considérables dans les guerres futures.

N° 50. — *Appareil de Charles* (1883).
(*Méthode des tonneaux*).

Ce procédé est le seul qui ait été employé depuis sa découverte, et reconnu pratique pour la production en grand de l'hydrogène jusqu'en 1875; mais il est juste d'ajouter que, dès 1871, à la suite du siège de Paris, plusieurs chercheurs, s'occupant de questions aérostatiques, se livraient déjà à des essais plus ou moins concluants pour modifier les batteries primitives employées jusqu'alors, et les remplacer par des générateurs avec ou sans circulation. — Cependant, le premier arrivé à un résultat dans ce genre, et qui en ait pris date, est le commandant Renard, lequel a présenté son système à la commission d'aérostation militaire dès le 14 août 1875.

N° 51. — *Appareil à circulation à cuvettes superposées*.

Ce premier appareil est peu pratique et n'a pas été appliqué autrement qu'à titre d'essai; il ne peut donc être considéré que comme une idée première mise à jour en temps opportun.

N° 52. — *Appareil fixe à circulation* (système Renard).

Ce dernier est le type actuellement adopté pour la production de l'hydrogène à l'École de Chalais. — C'est lui qui sert au gonflement des ballons nécessaires aux expériences de tout genre qui se font couramment pour l'avancement de la question technique qui nous occupe; sa puissance de production est de 250 mètres cubes à l'heure.

N° 53. — *Appareil fixe à circulation de Giffard* (1878).

C'est la reproduction du magnifique appareil construit, sur les dessins de notre regretté maître, Henry Giffard, et qui a servi à gonfler le grand ballon captif à vapeur que cet illustre inventeur avait installé dans la cour du Carrousel pendant l'Exposition universelle de 1878 à Paris, et dont le premier modèle avait été construit dès 1876.

N° 54. — *Appareil fixe à circulation de Tissandier (1883).*

Cet appareil a été construit par MM. Tissandier frères, et employé au gonflement de leur ballon dirigeable, à moteur électrique, dont il a déjà été parlé; il diffère légèrement dans son ensemble des précédents, mais n'en reste pas moins basé sur le principe de la circulation, dont la priorité revient au directeur de l'École de Chalais.

N° 55. — *Appareil de gonflement en campagne (voiture à hydrogène),*

C'est la vue du générateur à hydrogène, sur chariot, qui n'a pas été exposé, et dont j'ai donné une description sommaire au n° 39.

N° 56. — *Appareil de Conté.*

Ce système de production d'hydrogène fut utilisé sous la première République; il a été conçu sur le principe de la réaction produite par la vapeur d'eau, mise en contact immédiat avec de la tournure de fer contenu dans des cornues et porté au rouge.

Il a été reconnu encombrant et impraticable, en ce sens qu'il nécessite la construction d'un four en briques, mais il n'en reste pas moins acquis que c'était une application très remarquable des lois de la physique, indiqué par Lavoisier et dont l'expérimentation a été faite en grand pour la première fois par Conté.

N° 57. — *Appareil de gazéine du commandant Renard.*

Cet appareil fut employé de 1880 à 1885.

Sa puissance de production n'était que de 50 mètres cubes à l'heure; la consommation en matières chimiques était d'un poids très faible par mètre cube produit; mais, la lenteur de la production fit cependant renoncer à son emploi.

N° 58. — *Parc de ballons captifs (ensemble du parc).*

Comme on a pu le voir précédemment, aux n°s 38 et 39, les voitures-treuil et celles à hydrogène n'ont pas été exposées; il en est de même, et probablement pour les mêmes raisons, du matériel complémentaire formant l'ensemble d'un parc aérostatique; il nous faut donc nous contenter de la vue qu'en donnent les splendides tableaux sur lesquels nous venons de nous étendre aux paragraphes portant les n°s 48 et 49.

N° 59. — *Itinéraire des aéroliers au Tonkin.*

Cet itinéraire représente et fait voir la marche suivie par les aéroliers militaires pendant la dernière campagne exécutée par l'armée française au Tonkin ; il est facile, *de visu*, de se rendre un compte suffisamment exact des nombreuses difficultés de tous genres qu'eurent à surmonter nos soldats du génie pendant cette période, et de l'énergie et du courage qu'ils durent déployer, dans un pays aussi accidenté, et sans routes tracées, pour réaliser le transport de leur ballon et du matériel s'y rattachant ; aussi devons-nous être fier d'avoir ici à l'enregistrer, en rendant pleine justice à ces braves soldats, qui ont été faire flotter notre drapeau tricolore dans ces contrées lointaines.

N° 60. — *Historique de la direction des ballons.*

Nous citerons en première ligne le projet non exécuté du général Meusnier, puis celui de Giffard, en 1852. (Ici, je suis forcé d'ouvrir une parenthèse, et, comme élève et collaborateur du célèbre ingénieur, je me vois appelé à réparer un oubli, car Henry Giffard fit une deuxième expérience avec un second type d'aérostat dirigeable en 1855. J'avais l'honneur de l'accompagner, et s'il est vrai que la vitesse obtenue n'a pas été mesurée, et que je ne saurais l'estimer à plus de 3 mètres par seconde, il n'en est pas moins juste de dire que notre illustre maître en aérostation poursuivait alors assidûment les solutions du grand problème et qu'il est le premier qui ait osé appliquer une machine à vapeur comme moteur, sous un ballon à gaz. — G. Yon.)

Cette part, faite à l'histoire des aérostats dirigeables, nous reprenons notre sujet en rappelant le projet qui suit et dont la conception est due au célèbre Dupuy de Lôme. Ce projet fut exécuté en 1870-1872 comme nous avons déjà eu l'honneur d'en entretenir le lecteur paragraphes 2 et 29.

Vient ensuite le système Haenlein qui date de 1872, mais dont l'expérience n'a pas été poussée jusqu'au bout et par conséquent sur laquelle il nous est impossible de porter un jugement équitable.

Les frères Tissandier suivent avec leur ballon dirigeable à hélice mû par une dynamo, expérimenté en 1883-1884 comme il a déjà été dit à propos du paragraphe 27 où il leur est reconnu la priorité de l'application de l'électricité à la direction des aérostats.

Le Commandant Renard et son collaborateur le Capitaine Krebs terminent la série, par les expériences faites avec le ballon *La France* en 1884-1885 et quoi que derniers sur la liste, en tant que date, arrivent incontestablement comme les premiers ayant réussi à revenir à leur point de départ et à prouver que la direction aérienne n'est pas une utopie.

Nous pouvons donc prédire que la solution définitive de ce grand problème n'est plus actuellement qu'une question de temps.

N° 61. — *Cartes des ascensions libres exécutées par le service de l'aérostation militaire.*

Ces cartes ont trait à la plupart des ascensions dont les départs ont eu lieu à l'école de Chalais. Elles permettent de se rendre compte du chemin parcouru au-dessus du sol par les aérostats et donnent en même temps les altitudes atteintes pendant le cours de ces mêmes ascensions.

N° 62. — *Photographies diverses.*

Ces photographies sont disposées accolées deux par deux sur des tablettes supportées par des pupitres tournants. L'on peut y voir toutes les phases de la construction des ballons et des différents agrès qui s'y rattachent.

Le premier pupitre contient la reproduction de l'album de Conté et de l'album de Meusnier.

Le deuxième contient des photographies prises en ballons de diverses provenances : les unes de Chalais, les autres de Montpellier, d'Arras et de Grenoble.

Nous ajouterons pour terminer que l'ensemble de cette exposition des plus complètes et des plus remarquables est de nature à ouvrir les idées sur l'aérostation militaire et scientifique en général et qu'il nous appartient de remercier ici M. le Ministre de la Guerre, d'avoir bien voulu autoriser le Commandant Renard à mettre sous les yeux du public les résultats obtenus depuis une dizaine d'années par l'école de Chalais, ce qui nous a permis de pouvoir en parler longuement dans cette Revue technique de l'Exposition Universelle de 1889.

AÉROSTATION CIVILE — CLASSE 52

Aérostat électrique à hélice des frères Tissandier

Les frères Tissandier ont exposé à cette classe la vue d'ensemble et les nombreux dessins qui donnent les détails de construction de leur aérostat électrique à hélice expérimenté dans leur atelier d'Auteuil, le lundi 8 octobre 1883.

Nous croyons devoir en rappeler les mesures essentielles et les faire suivre de

quelques explications techniques afin de bien faire comprendre au lecteur les nombreuses difficultés afférentes à toute construction de ballon dirigeable de si petite dimension qu'il soit.

La forme du ballon quoique toujours ovoïde est terminée par une partie tronconique qui supporte l'appendice inférieur central ; cette légère modification augmente la hauteur de colonne gazeuse et la pression relative qui s'en suit sur les pointes avant et arrière de l'aérostat, mais cette transformation n'ayant d'action que lorsque le ballon est complètement plein, c'est-à-dire pendant la montée seulement, nous préférons de beaucoup l'emploi du ballonnet compensateur à air dont la régularité est constante à toute altitude, ce qui évite toute déformation possible de l'aérostat porteur.

Dimensions principales :

Longueur de pointe en pointe	28 mètres
Diamètre au fort	9 ^m ,200
Cube total	1.060 mètres

La chemise de suspension qui le recouvre est composée de fuseaux longitudinaux dont la continuité est intermittente ; supprimant un fuseau entre deux, le vide dans cette partie de la chemise est remplacé par des rubans espacés les uns des autres, qui en maintiennent l'écartement et en rendent l'ensemble suffisamment homogène.

Nous avouons cependant ne pas bien comprendre ce genre de construction en dehors des lois dynamiques, car à notre avis, le travail de l'étoffe a lieu en sens inverse de l'effort à subir, puisque cette dernière est sollicitée horizontalement dans le sens longitudinal ou elle n'a presque rien à faire, tandis que la série de rubans qui travaille verticalement vient au contraire supporter toute la charge, il nous aurait paru, en somme, de beaucoup préférable que les fuseaux soient à la place des rubans sous forme de selle, à cheval sur l'aérostat porteur et de ne se servir de ces derniers que pour en maintenir l'écartement horizontal, c'est-à-dire le contraire de ce qui a été fait.

La nacelle est construite en bambou et osier, elle a la forme d'une cage et est reliée à la chemise de suspension par une série de cordages se ramifiant aux pattes d'oie équatoriales habituelles : ces cordages sont, d'autre part, groupés par quart à la partie inférieure sur les angles de la nacelle. Ce mode d'attache, en général, rappelle celui adopté par Giffard en 1855 pour son aérostat dirigeable à vapeur ; il a l'inconvénient grave d'offrir trop de surface et conséquemment d'augmenter très sensiblement la résistance à l'avancement de tout le système suspensif, il n'a pas non plus le degré de stabilité et d'homogénéité nécessaire qui aurait été indispensable si la forme du ballon de MM. Tissandier avait été plus allongée qu'elle n'est.

Poids des différentes parties du matériel.

Aérostat avec ses soupapes.	170 kilog.
Chemise et ses cordes de suspension	70
Brancards et nacelle.	134
Engins d'arrêt, ancre, guide-rope	50
Lest pour faire route.	346
Deux aéronautes et les instruments	150
Moteur électrique, hélice et piles (ensemble).	280
Poids total.	<u>1.200</u>

La première application de l'électricité comme moteur aux ballons dirigeables est ce qu'il y a de plus à remarquer dans cette construction.

L'honneur en revient incontestablement aux frères Tissandier qui sont arrivés les premiers en date dans cette voie nouvelle.

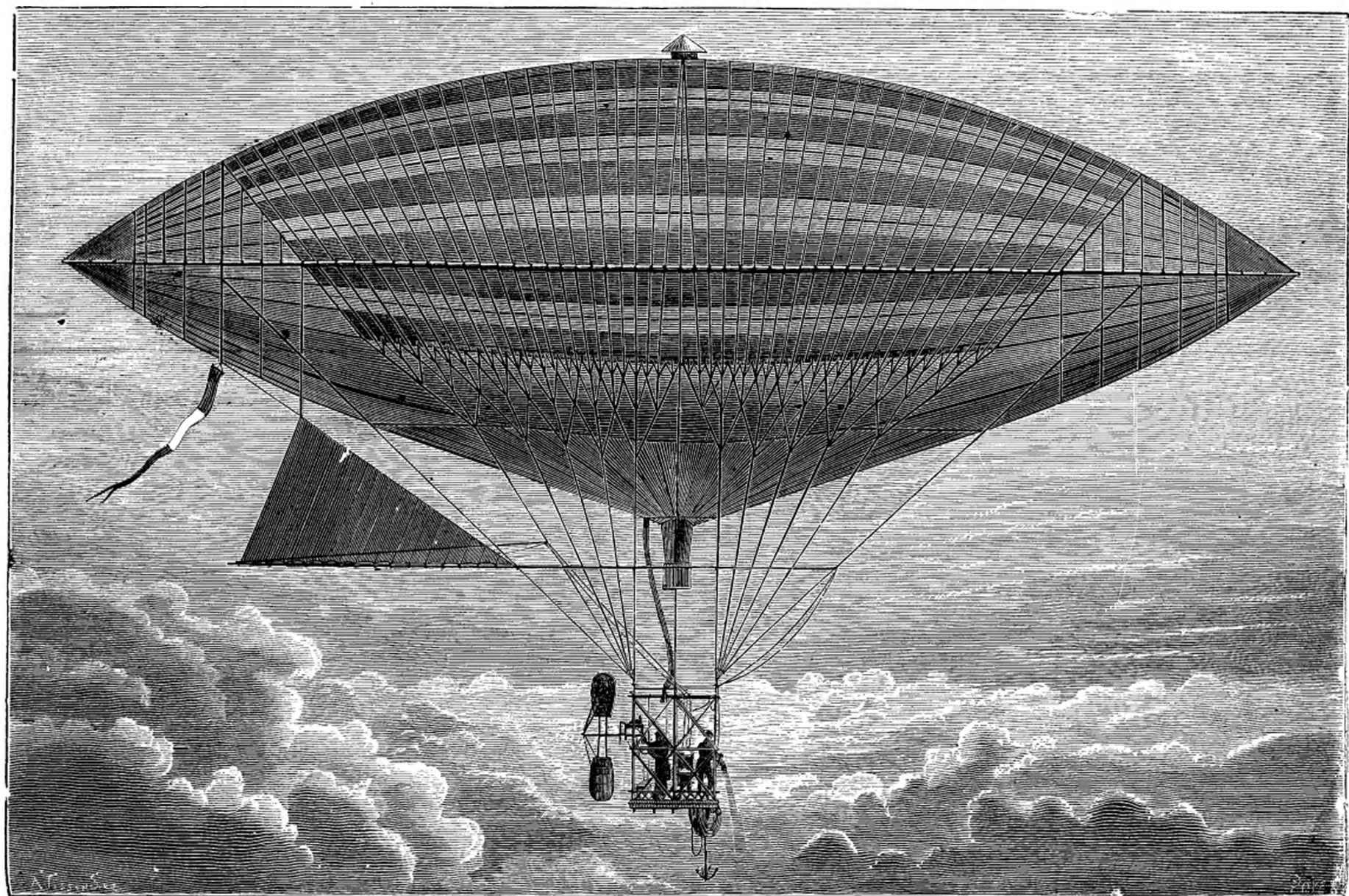
Leur machine dynamo est du type Siemens réduit à un minimum de poids.— Toutes les pièces sont en acier fondu ; il existe 56 faisceaux sur la bobine et 4 électros dans le circuit ; l'ensemble pèse 55 kilogrammes ; sa puissance essayée au frein a été reconnue être de 100 kilogrammètres.

La batterie électrique est composée de 4 auges en ébonite à 6 compartiments formés de 24 couples zinc et charbon ; ces piles sont à base de bi-chromate de potasse très concentré et très acide, elles ont donné pendant les essais d'excellents résultats.

L'hélice de propulsion a été raisonnée et construite par M. Victor Tatin. — Elle comporte deux palettes hélicoïdales de 2^m,85 de diamètre ; son poids n'est que de 7 kilogrammes.

Nous ignorons quel a été son rendement pendant l'expérience : MM. Gaston et Albert Tissandier estiment que sous l'effort des 100 kilogrammètres développés par leur moteur électrique, l'hélice donnait 180 tours par minute et que la vitesse propre de translation de tout le système à cette allure, a été d'environ 3 mètres par seconde.

Il est regrettable que ces essais n'aient pas été poursuivis et que le gouvernement n'ait pas encouragé ces expériences privées, qui font le plus grand honneur à nos amis et collègues qui les ont exécutés et que nous sommes heureux d'avoir à signaler ici.



AIRSHIP TELEGRAPH FOR THE MEDITERRANEAN

AÉROSTATION MILITAIRE — CLASSE 66

Exposition de l'Ingénieur Gabriel Yon

1° *Parc aérostatique de campagne*, — A proximité du bâtiment si remarquable contenant l'Exposition du Ministère de la guerre, se trouvait le pavillon spécial de l'ingénieur Gabriel Yon..., pavillon dans lequel on pouvait voir un parc aérostatique de campagne complet, destiné à l'observation des mouvements de l'ennemi, — et dont les expériences ont donné les résultats les meilleurs et les plus concluants. — La Russie, l'Italie, la Chine, l'Espagne et le Danemark, ont à la suite de rapports favorables présentés par les officiers du génie de ces différentes puissances, doté leurs armées de ces engins si redoutables tant au point de vue de la défensive, en ce sens que grâce à ces parcs l'ennemi ne peut préparer et exécuter aucun mouvement de troupes sans que l'état-major en soit immédiatement informé par l'officier aéronaute chargé des observations, qu'au point de vue de l'offensive car il devient facile de reconnaître les établissements de ses troupes, de ses points faibles que de juger de ses effectifs massés sur les points stratégiques à battre.

L'ensemble du parc de campagne système Gabriel Yon, comprend trois parties distinctes ;

1° Le générateur à gaz hydrogène pur à marche rapide et continue.

2° Le treuil à vapeur pour la manœuvre du câble.

3° L'aérostat proprement dit.

Nous allons donner ici la description du parc, comprenant un aérostat de 540 mètres cubes, — et qui est le plus généralement employé ; mais M. Gabriel Yon, construit aussi des parcs dits : *légers ou de montagnes*, comprenant des aérostats de 300 mètres cubes, et dont la machine-Treuil est manœuvrée à bras d'hommes.

GÉNÉRATEUR A GAZ HYDROGÈNE PUR

A MARCHÉ RAPIDE ET CONTINUE

Générateur. — Cet appareil, monté sur un train à quatre roues, se compose d'un générateur à gaz B en tôle et garni de plomb à l'intérieur pour résister à l'acide, la partie supérieure de ce générateur forme gueulard pour recevoir la tournure de fer et est bouchée par une fermeture hydraulique. L'eau et l'acide

nécessaires à la production du gaz, arrivent dans le tuyau C où s'opère le mélange au moyen de chicanes, puis de là pénètre dans le générateur par la partie inférieure : le liquide traverse alors un double fond percé de trous, et s'élève ensuite de bas en haut à travers la colonne de tournure de fer qui se dissout peu à peu ; le fer, sous l'action de l'acide sulfurique, décompose l'eau en donnant naissance au gaz hydrogène et en formant du sulfate de fer, ce dernier s'écoule ensuite d'une façon continue par le tuyau D en forme d'U ; au fur et à mesure que le fer placé dans la partie inférieure du générateur se dissout, il y est remplacé par celui contenu dans le gueulard, de sorte que la production du gaz s'opère ainsi d'une façon continue ; du générateur, le gaz hydrogène, fortement chargé de vapeur d'eau et encore un peu acide, se rend par le tuyau E dans le laveur F.

Laveur. — Le laveur F est formé d'une cuve en tôle munie, comme le générateur, d'une fermeture hydraulique, le gaz arrive à la partie inférieure du laveur par un grand nombre de tubes percés de trous et traverse une masse d'eau, renouvelée constamment au moyen de celle introduite par le tuyau G : cette eau tombe sous forme de pluie de la partie supérieure du laveur, et s'écoule ensuite d'une façon continue par le tuyau H en forme d'U ; le gaz, ainsi lavé et refroidi, passe ensuite par le tuyau I dans le sécheur.

Sécheur. — Le sécheur est formé de deux récipients en tôle munis d'un double fond perforé et remplis de chlorure de calcium ; le gaz arrive à la partie inférieure du premier récipient, traverse de bas en haut la colonne de chlorure de calcium, de là se rend à la partie inférieure du deuxième récipient et, après avoir traversé la deuxième colonne de chlorure de calcium, arrive au robinet K d'où il se rend dans le ballon complètement desséché et refroidi ; des regards convenablement disposés permettent de mettre du chlorure de calcium, ou de retirer facilement celui décomposé par l'opération.

Pompe. — Le train à quatre roues porte entre le générateur et le laveur une pompe à vapeur A à eau et acide. Le cylindre moteur reçoit la vapeur par un tuyau en caoutchouc, en communication avec la chaudière du treuil à vapeur, et actionne directement le corps de pompe à eau et celui à acide.

Le corps de pompe à eau est à double effet ; les deux côtés du piston sont de volumes différents et ont deux refoulements séparés ; le plus grand volume sert à alimenter le laveur, le plus petit fournit l'eau nécessaire à la production du gaz hydrogène ; la pompe à acide se trouve placée dans le prolongement du corps de pompe à eau et envoie l'acide au générateur dans la proportion nécessaire à la quantité d'eau, et ce, quelle que soit la vitesse de marche de la pompe.

Le poids de ce chariot, constituant le matériel chimique et y compris tous ses accessoires, est de 2,600 kilogrammes ; la puissance de production du générateur hydrogène pur est de 250 mètres cubes par heure de marche effective.

Chaudière. — Le treuil à vapeur, monté sur un train à quatre roues, se compose d'abord d'une chaudière à vapeur verticale A avec tubes système Field, ou autres, ou toute autre chaudière à vapeur remplissant le même but ; cette chaudière fournit la vapeur à une machine motrice B à deux cylindres, actionnant un arbre dont les manivelles sont conjuguées à angle droit, la machine peut avoir un ou plusieurs cylindres affectés au même but.

Machine. — L'arbre de la machine donne, au moyen d'un pignon et de roues d'engrenages, le mouvement aux poulies de touage C, qui servent à la traction du câble, lequel s'enroule successivement sur elles ; de ces poulies, le câble passe sur un treuil récepteur D, à mouvement enrouleur régulier, actionné par le moteur à vapeur.

Treuil récepteur. — Le treuil récepteur commande un mouvement automatique de va-et-vient qui dirige, au moyen du galet de renvoi E, le câble sur ledit treuil et l'emmagasine régulièrement ; à la sortie des poulies de touage, le câble, après avoir passé sur un galet de renvoi, arrive à la poulie à mouvement universel.

Mouvement universel. — Cette poulie, montée sur chape à trois mouvements différents, permet à la corde de prendre toutes les inclinaisons ; elle est, en outre, munie d'une chape marine en bois, qui évite d'une manière absolue toute sortie du câble de la gorge de ladite poulie.

Frein à air. — Lorsque le ballon monte, la force ascensionnelle déroule le câble en faisant tourner la machine à vapeur en sens inverse de sa marche normale ; dans ce cas, les cylindres aspirent de l'air par leur échappement et forment ainsi pompe à air. Un robinet, disposé *ad hoc*, sert à diminuer ou à former le refoulement de l'air et permet, par suite, de régler ou d'arrêter complètement la montée du ballon ; on a ainsi sous la main un frein régulateur à air de la plus grande sensibilité.

Frein de sûreté. — L'arbre de la machine porte, en outre, un frein de sûreté F, actionné par une vis commandée à la main par un volant avec manivelle.

L'ensemble du matériel mécanique, très complet, est de 2.400 kilogrammes, et la puissance pouvant être développée par la machine motrice est de 5 chevaux effectifs, soit de 7 chevaux sur l'indicateur des pistons.

Matériel aérostatique

L'aérostât proprement dit est composé d'un ballon en soie de forme sphérique à sa partie supérieure se trouve une soupape A, dont le joint s'opère au moyen d'un couteau appuyant sur une bande de caoutchouc.

La partie inférieure porte un appendice avec soupape automatique, s'ouvrant

sous la pression du gaz renfermé dans le ballon, le joint de cette soupape est formé comme celui de la soupape supérieure.

Filet et nacelle. — Le filet, enveloppant le ballon, supporte, au moyen d'une suspension trapézoïdale H et d'un point central I avec anneaux formant mouvement à la Cardan, la nacelle en osier G ; le filet est, en outre, muni de ses cordes, dites d'équateur JJJ, qui servent à maintenir le ballon lorsqu'il est ramené sur le sol.

Dans la nacelle viennent aboutir la corde B de la soupape supérieure, la corde E de la soupape d'appendice et la corde D servant à maintenir l'appendice lui-même ; à côté de la nacelle se trouve aussi le tuyau de gonflement. Au-dessous du trapèze H, qui porte la nacelle, vient aboutir sur un dynamomètre le câble d'ascension venant du treuil à vapeur ; dans ce câble d'ascension passe un fil téléphonique, dont l'extrémité inférieure vient passer par l'axe des tourillons du treuil récepteur, permettant ainsi à l'observateur placé dans la nacelle de communiquer à tout instant avec le sol.

Un chariot spécial à quatre roues sert à transporter tout le matériel, lorsque le ballon est dégonflé.

MESURES GÉNÉRALES

Diamètre	10 ^m ,084
Circonférence	31 ^m ,680
Surface	319 ^m ,461
Cube	536 ^m ,886
Section du maître couple	79 ^m ,865
Force ascensionnelle maximum	600 kil.

POIDS

Ballon, filet, nacelle, suspension et organes divers soulevés	200 kil.
Câbles à réseau téléphonique	100 kil.
Effort disponible	300 kil.
Total	<u>600 kil.</u>

La totalité du matériel aérostatique est agencée dans le troisième chariot porteur, monté sur quatre roues, qui pèse tout compris, contenant et contenu, 2000 kilogrammes.

C'est, en réalité, pour chaque parc complet un poids total de 7000 kilogrammes à transporter sur 3 chariots spéciaux, le reste constituant le charbon, l'acide et le fer pouvant être chargé sur les fourgons ordinairement employés en pareil cas.

L'installation en temps de guerre devra toujours se faire à proximité d'un cours d'eau, lac, étang, mare ou puits quelconque, afin d'y amorcer le tuyau d'aspiration des bords de pompe, muni d'une crépine à clapet de retenue, appelé à atténuer les dénivellations qui pourraient exister entre le niveau de l'eau et celui des machines ; c'est donc, comme on peut le voir, sur la décomposition de cette

eau, en ses deux éléments l'oxygène et l'hydrogène, qu'est basé l'ensemble des appareils de gonflement.

Nous croyons bon d'appeler l'attention de nos lecteurs et cela plus spécialement, sur la suspension de la nacelle de l'aérostat, suspension trapézoïdale avec point d'attache unique formant mouvement à la Cardan, et assurant à la nacelle de la façon la plus absolue, une position horizontale et complètement stable quelque soit la violence du vent, et nous rappellerons ici, le système de suspension adopté à l'Ecole de Meudon pour faire remarquer que les officiers constructeurs ne sont arrivés au même résultat que grâce à une complication et par suite à un poids beaucoup plus élevés, qui ont fait donner la préférence au système suspensif Gabriel Yon, par les armées étrangères.

2° Soupapes supérieures et d'appendice pour ballon captif fixe

Les deux modèles exposés diffèrent essentiellement de tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour ils sont remarquables par leur légèreté : en effet ces deux appareils combinés pour un ballon de dix mille mètres cubes, ne dépassent pas le poids moyen de 13 kilogs. Le disque obturateur est composé d'une pièce de soie double, de la même étoffe qui compose le ballon lui-même, tendue sur une roue en bois vernis, présentant une grande résistance, et composée de six rayons, sur chacun desquels est fixé un ressort à boudin, placé extérieurement et qui servent au rappel du disque, et à assurer la fermeture hermétique au moyen d'un couteau métallique circulaire en contact sur un bourrelet de caoutchouc.

Ce sont deux soupapes semblables qui ont été placées par M. Yon, sur le ballon captif qui a fonctionné avenue Kléber, et qu'il a construit en collaboration avec l'aéronaute Louis Godard. Après six mois de gonflement, pendant lesquels cet aérostat a subi de fort mauvais temps, il a été reconnu que le fonctionnement de ces engins si importants et si délicats était encore excellent et qu'ils pouvaient faire une nouvelle campagne, sans même qu'il soit besoin de changer les ressorts métalliques. Nous croyons inutile d'insister davantage, pour faire comprendre l'importance, au point de vue des constructions aérostatiques, d'un tel résultat.

3° Dessins et photographies

Représentant les détails de constructions et les différentes expériences de réception qui ont été faites dans les champs d'expériences attenants aux ateliers de M. Yon, expériences qui comportent entr'autres épreuves, un certain nombre d'ascensions captives, auxquelles prennent part les officiers du Génie, chargés par leurs gouvernements respectifs de recevoir les matériels. Parmi ces photographies il est bon de citer, plusieurs vues du Trocadéro et du Champ de Mars,

prises pendant les ascensions exécutées avec le matériel livré au Vice-Roi du Petchili, et par vent de 15 mètres à la seconde : les épreuves sont d'une netteté très remarquable qui atteste la parfaite stabilité de la nacelle, malgré la bourrasque.

Mais les épreuves qui sans contredit, sont les plus intéressantes sont celles prises de terre pendant les essais de stabilité d'un modèle d'aérostat dirigeable construit pour le compte d'un Gouvernement étranger.

Cet aérostat dont la forme générale et le système de suspension sont très remarquables, réduit la résistance de l'ensemble à l'avancement à sa plus simple expression : chacune de ces parties a été l'objet d'une étude approfondie.

L'écrivain de ces lignes, qui a été attaché aux ateliers de M. Gabriel Yon dont il est fier d'être l'élève, pendant la construction de ce formidable engin de guerre, regrette de ne pouvoir s'étendre davantage sur la description de cet appareil, que son inventeur n'a pas cru devoir exposer.

Transport de l'hydrogène sous pression

La campagne des Anglais dans le Soudan, celle des Italiens en Abyssinie, dans lesquelles l'emploi des ballons captifs avait été décidé, ont donné lieu, étant données les difficultés qui surgissent lorsqu'il s'agit de s'approvisionner d'acide sulfurique, de fer et même d'eau, à la construction de tubes en acier spéciaux établis pour résister à des pressions de 200 atmosphères, pour transporter l'hydrogène.

M. Gabriel Yon expose trois séries de ces tubes du système Nordenfeld, dont voici les dimensions, poids, contenances et pression à l'emploi :

Première série de tubes

Tubes en acier de 2 ^m ,400 de longueur et de 0 ^m ,140 de diamètre	
Poids	30 kilogrammes
Contenance	3 ^m ,900 décimètres cubes
Pression à l'emploi	120 atmosphères

Seconde série de tubes

Longueur des tubes	0 ^m ,760.	Diamètre des tubes	0 ^m ,950
Poids		7 kil. 260	
Contenance		0 ^m ,490 décimètres cubes	
Pression		120 atmosphères	

Troisième série de tubes

Longueur des tubes	0 ^m ,380.	Diamètre des tubes	0 ^m ,950
Poids		4 kil. 260	
Contenance		0 ^m ,280 décimètres cubes	
Pression		120 atmosphères	

L'hydrogène employé est obtenu par l'électrolyse.

L'emmagasinement a lieu au moyen d'une pompe de compression à triple effet.

Le prix de l'oxygène recueilli par la voie électrique est, il est vrai, assez élevé et la production très lente ; mais dans certains cas spéciaux son emploi a donné d'excellents résultats.

La lenteur de la production ne saurait d'ailleurs entrer ici en ligne de compte et il est facile d'y remédier par l'emploi d'un plus grand nombre de tubes, étant donné que la fabrication du gaz s'opère presque toujours loin du terrain des opérations militaires, ou les moyens de production manquent absolument.

Il est bon d'observer d'autre part que l'oxygène recueilli ayant son utilité pour les signaux optiques, au moyen d'appareils à lumière oxy-hydrique qui sont également exposés, abaisse dans une certaine mesure le prix du premier gaz destiné à l'aérostat.

Avant d'en terminer avec cette intéressante exposition des ateliers de l'Ingénieur Gabriel Yon, — disons que cet inventeur n'en restera pas, en matière de Direction aérienne, à l'appareil construit il y a quelques années et duquel nous n'avons parlé que très succinctement pour des raisons faciles à concevoir. Elève et collaborateur des Henri Giffard et des Dupuy de Lôme, qui sont sans contredit les deux grands promoteurs de la navigation aérienne, M. Yon tiendra à honneur de continuer l'œuvre de ses illustres devanciers et nous croyons savoir que le monde savant sera prochainement convié à des expériences de direction qui seront un grand pas en avant, si elles ne sont pas la solution définitive telle qu'elle peut être scientifiquement comprise.

Projet Bary

ETUDES ET DESSINS. — CLASSE 52

Cet inventeur expose un modèle d'aérostat dirigeable à double effet, c'est-à-dire plus léger ou plus lourd que l'air, suivant les différentes phases de son ascension ; la forme générale qu'il a choisie est celle d'un cylindre très allongé terminé à l'avant par une partie conique et à l'arrière par une demi-sphère.

L'auteur prétend qu'avec cette forme il évitera les mouvements de tangage, nous sommes loin d'être d'accord avec lui sur cette question de stabilité.

Le ballon est recouvert d'une housse qui sert de suspension à un grand cadre rigide inférieur, sur lequel repose tout le mécanisme et sous lequel se trouve directement suspendu la nacelle.

D'après les données de M. Bary l'effort ascensionnel et descensionnel est obtenu par une hélice horizontale à trois branches rigides, appelé dans son esprit à supprimer presque complètement le lest.

La force de propulsion actionnant tout le système, porte principalement sur l'emploi d'une seconde hélice placée verticalement sur le grand bâti intermédiaire, le nombre de tours de cette dernière, peut d'après l'auteur, varier entre 100 et 300 tours par minute.

Il existe en plus, et comme complément, pour maintenir la régularité de la marche, un gouvernail de forme oblongue, commandé de la nacelle au moyen de deux drisses venant s'enrouler et se dérouler sur une roue ou barre à poignée comme sur les navires.

L'auteur a placé également et comme adjonction de chaque côté de son aérostat, des plans qu'il intitule, *équilibres* et qui sont composés d'une grande surface d'étoffe tendue sur un châssis en bois *ad hoc*.

Ces derniers sont destinés à imprimer au navire aérien une direction oblique, par la résistance anormale qu'ils offrent à l'avancement ; la décomposition qui s'en suit, donne une résultante proportionnelle basée, *premièrement*, sur la puissance ascensionnelle produite par l'hélice horizontale ; *deuxièmement* sur la poussée de l'hélice verticale propulsive, et enfin *troisièmement* sur l'angle relevé et la surface des deux plans minces, appelés équilibres.

La brochure qui nous a été remise traite aussi de la partie mécanique du système, l'auteur y dit entre autre, avoir étudié les moteurs à air comprimé, les moteurs électriques, voir même les moteurs à vapeur ; mais, nous sommes forcés d'avouer que les quelques chiffres qu'il nous fait connaître, sont entachés d'erreur, et nous ajouterons que les explications qu'il donne sur sa nouvelle machine sans bouilleur, sont tellement incomplètes, qu'elles nous ont semblées purement fantaisistes, et qu'il ne nous a pas paru possible d'en parler utilement ici.

En résumé, nous sommes forcés d'avouer que ce projet a été insuffisamment étudié, et que sa réalisation présenterait des difficultés de premier ordre ; dont l'auteur ne nous semble pas s'être autrement préoccupé.

LES MACHINES MARINES

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

M. E. POLONCEAU

INGÉNIEUR EN CHEF DE LA TRACTION ET DU MATÉRIEL
DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS

Les machines qui se construisaient en 1878 pour les marines militaires ou marchandes de toutes les nations étaient, presque sans exception, du type Woolf ou compound, fonctionnant à double détente, à une pression de régime de 4 à 5 kilogrammes par centimètre carré, qui était la *haute pression* de cette époque.

Nous rappellerons que la double détente s'était répandue à partir de l'année 1860 environ, alors que l'application heureuse de la condensation par surface avait permis d'alimenter les chaudières à l'eau douce, de supprimer l'usage des extractions et d'élever la pression au-dessus de 2 kilogrammes. De ce fait, la consommation de combustible par cheval et par heure avait été abaissée déjà de 1^k,50 à 1 kilogramme, en nombres ronds. A partir de 1878, un progrès du même ordre a été réalisé, en sorte que la consommation par heure et par cheval ne dépasse guère 0^k,75 environ dans les machines modernes. Ce nouveau pas en avant a pu être franchi, en poursuivant la même voie qui avait conduit aux progrès de la période antérieure, savoir : *l'augmentation de la pression de régime et l'allongement de la détente*. La plus grande extension de la détente entraîne comme conséquence l'augmentation du nombre des cylindres où cette détente doit se produire successivement, et, en quelque sorte, en cascade.

De même qu'au-dessus de 2 kilogrammes, l'avantage de la détente s'était clairement manifesté, celui de la *triple détente* devint incontestable pour des pressions de régime dépassant 6 à 7 kilogrammes. Ce dernier type de machines est presque le seul qui se construise aujourd'hui ; sa création a été le principal progrès réalisé depuis 1878, aussi l'examinerons nous avec quelques détails.

Une autre transformation importante qui s'est manifestée surtout dans les appareils des bâtiments de guerre, consiste dans l'allègement des machines et des chaudières, allègement obtenu par l'emploi du tirage forcé, par l'usage de grandes vitesses de piston et par un contrôle sévère des dimensions de tous les organes. Nous constaterons les progrès accomplis dans cette voie, progrès importants au point de vue de l'art de la construction navale de guerre, mais nous ferons ressortir aussi les difficultés que présente le problème de l'allègement des

moteurs et les précautions que réclame sa solution. Le type de moteur allégé le spécimen de ce que nous pourrions appeler la *mécanique à outrance*, est l'appareil des torpilleurs, où l'on trouve à la fois des machines d'allure très rapide et d'échantillons légers, des chaudières du type locomotive, où la combustion est poussée à outrance par une ventilation forcée.

Ce genre d'appareils, dont les premiers spécimens ont été construits en Angleterre, a été, en France, l'objet d'expériences fréquentes commencées en 1878.

Doit-on prévoir pour l'avenir une nouvelle marche en avant dans la voie suivie depuis vingt ans ? Le timbre des chaudières va-t-il s'élever à 15 ou 20 kilogrammes, et la machine à quadruple expansion doit-elle remplacer celle à triple expansion ? Nous le croirions volontiers, mais peut-être sera-t-on conduit, par l'augmentation croissante des pressions, à abandonner le type classique des chaudières cylindriques de grand diamètre, pour adopter des chaudières constituées par un faisceau d'éléments tubulaires de petites dimensions, dont il est facile d'assurer la résistance aux pressions les plus élevées. La Compagnie des Messageries maritimes a déjà obtenu des résultats satisfaisants dans cette voie où la marine militaire s'est, de son côté, engagée résolument. Ces tentatives sont le prélude d'une transformation nouvelle et, à ce titre, mériteront d'attirer l'attention.

Du reste, on peut dire qu'on est entré aujourd'hui dans la pratique des chaudières tubulaires à haute pression. La Maison Belleville expose au Champ de Mars le groupe des chaudières de l'*Alger*, que nous décrivons plus loin, et qui sont timbrées à 17 kilogrammes. Il y a actuellement près de 80 000 chevaux-vapeur commandés à la Maison Belleville sur ce dernier type et devant être appliqués, entre autres, au cuirassé *Brennus*.

On peut remarquer également, à l'Exposition, les chaudières multitubulaires adoptées par la Compagnie Fraissinet, ainsi que le foyer au pétrole pour torpilleurs, système d'Allest, qui permet d'augmenter dans de larges proportions la production d'une chaudière tubulaire donnée.

I. — Divers types de machines à vapeur en usage en 1878.

Le tableau n° 1, joint à cette note, fait connaître les dimensions de quelques appareils qui se trouvaient en cours d'exécution en 1878.

Celui de l'*Arménie* doit être considéré comme le type des machines compound, à pilon, des *cargo-boats* ou bâtiments de commerce proprement dits. Il se distingue par sa très grande simplicité : le petit nombre de ses organes et leurs larges proportions en rendent la conduite et la surveillance des plus faciles. La pompe à air et la pompe de circulation sont conduites par le piston moteur, par l'intermédiaire de balanciers.

FORGES ET CHANTIERS DE LA MÉDITERRANÉE

TABLEAU I

Types de machines en construction en 1878

	Paquebot <i>Arménie.</i> (Comp. Paquet.)	Transports de la Marine <i>Tonquin-Sham- rock, Bien-Hoa- Vinh-Long, Nive-Gironde</i>	Cuirassé d'Escadre <i>Amiral- Duperré.</i>	Croiseurs <i>Forfait, d'Estaing.</i>	Croiseur <i>Miaoulis</i> (Grèce)	Avisos <i>Elan, Mouette.</i>
Système de la machine	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 3 cylindres à pilon	2 machines compound à 3 cylindres à pilon	1 machine compound horizontale à 3 cylind. avec bielles à retour	1 machine compound horizontale à 3 cyl. avec bielles à retour	1 machine compound à 2 cylindres à pilon
Puissance prévue en chevaux indiqués..	1320 chev.	2640 chev.	Tirage naturel 6000 Tirage forcé 8000 ^{ch}	Tirage naturel 2160 Tirage forcé indéterminé.	2100 chev.	350 chev.
Pression de régime..	4 ^k ,06	4 ^k ,133	4 ^k ,133	4 ^k ,133	4 ^k ,5	4 ^k ,133
Système chaudières	cylindrique à 2 foyers à retour de flammes 4 corps	cylindrique à 2 foyers à retour de flammes 8 corps	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes 12 corps	cylindrique à 2 foyers à retour de flammes 6 corps.	cylindrique à 2 foyers à retour de flammes 6 corps	cylindrique à 2 foyers à retour de flammes 1 corps
Surface de grille....	16 ^{m2} ,67	32 ^{m2} ,96	77 ^{m2} ,76	26 ^{m2} ,40	26 ^{m2} ,083	3 ^{m2} ,920
Surface de chauffe...	395 ^{m2} ,80	784 ^{m2} ,16	1742 ^{m2} ,88	621 ^{m2} ,00	665 ^{m2} ,4	100 ^{m2} ,00
Diamètres des petits. cylindres { grands	0 ^m ,960 1 ^m ,770	1 ^m ,400 1 cylindre 1,860 2 »	1 ^m ,550 1 cylindre 2 ^m ,000 2 »	1 ^m ,440 1 cylindre 1 ^m ,670 2 »	1 ^m ,300 1 cylindre 1 ^m ,000 2 »	0,580 1,000
Rapports des surf. des pistons	3,4	3,53	3,3299	2,69	3,03	2,97
Course des pistons..	0 ^m ,900	1 ^m ,000	1 ^m ,000	0,800	0 ^m ,800	0 ^m ,500
Nombre de tours max. prévue	76	66	70 77	84 »	92	145
Vitesses des pistons..	2 ^m ,28	2 ^m ,200	2 ^m ,33 2 ^m ,56	2 ^m ,24 »	2 ^m ,453	2 ^m ,416
Coefficient de détente	5,02	4,413	4,4 4,00	5,59 »	4,40 »	9,00
Volume final p. chev. et p. 1 ^{re}	4 ^{lit} ,25	4 ^{lit} ,53	4 ^{lit} ,9 4,04	4 ^{lit} ,54 »	4 ^{lit} ,69 »	5 ^{lit} ,421
Nombre et système des pompes à air	1 verticale à simple effet, mue par balancier	2 verticales, à simple effet, mues directe- ment par les patins des tiges de piston	1 verticale par machine, à simple effet, mue par balancier	2 horizontales, à plongeur, à double effet, mues directe- ment par les tiges de piston.	1 horizontale à plon- geur, à double effet, mue directement par une tige de piston	1 inclinée à simple effet, mue directement par crosse de piston
Nombre et système des pompes de circulation	1 verticale à double effet, mue par balancier	2 pompes centrifuges	2 pompes centrifuges par machine	2 pompes centrifuges.	1 horizontale à plon- geur, à double effet, mue directement par une tige de piston	1 inclinée à simple effet, mue directement par crosse de piston
Surface de condensation totale	220 ^{m2} ,4	532 ^{m2} ,	2 × 600 ^{m2}	450 ^{m2}	336 ^{m2} ,56	64 ^{m2} ,03
» p. cheval	0 ^{m2} ,167	0 ^{m2} ,2015	0 ^{m2} ,2010 ^{m2} ,15	0 ^{m2} ,208 | »	0 ^{m2} ,16	0 ^{m2} ,182
Puissance réalisée à l'essai de vitesse...	»	2820 chev. 5	»	3002 chev. 8	2446 chev.	420 chev.
d° de consommation	1148 chev.	2715 » 6	6175 chev.	1995 chev. 8	»	380 »
Consommat. p. chev. et p. heure: Essai de vitesse	»	»	»	1 ^k ,214	»	0 ^k ,948
d° de consommat.	1 ^k ,027	0 ^k ,980	0 ^k ,980	1 ^k ,080	»	0 ^k ,882
Consom. p. heure et p. mètre carré de grille:	»	»	»	121 ^k ,260	»	101 ^k ,00
Essai de vitesse.....	70 ^k ,730	80 ^k ,785	»	83 ^k ,600	»	86 ^k ,00
» consommation	»	»	»	»	»	»
Poids...	Machines... 146 423 ^k 110 ^k ,9 Chaudières... 96 523 73,1 Eau..... 50 000 37,9 Total.... 221 ^k ,9	Machines... 304 525 ^k 115 ^k ,3 Chaudières... 183 970 71,6 Eau..... 91 000 34,5 Total.... 221 ^k ,4	Machines... 832 740 ^k 104 ^k ,1 Chaudières... 396 100 49,5 Eau..... 169 000 21,1 Total.... 174,7	Machines... 235 250 ^k 78 ^k ,4 Chaudières... 140 753 46,9 Eau..... 71 000 23,7 Total.... 149 ^k ,0	Machines... 204 600 97 ^k ,4 Chaudières... 147 130 70,0 Eau..... 66 000 31,4 Total.... 138 ^k ,8	Machines... 26 278 ^k 75 ^k ,0 Chaudières... 18 178 51,9 Eau..... 8 515 24,3 Total.... 151 ^k ,2

En service courant, c'est-à-dire lorsqu'on développe à peu près les deux tiers de la puissance maximum, soit 650 chevaux, la chauffe n'est pas poussée à plus de 50 à 55 kilogrammes par mètre carré de grille et par heure. Pendant la navigation ordinaire, le service de l'appareil tout entier est assuré, surveillance comprise, par cinq hommes, dont trois dans la chambre de chauffe et deux dans la machine. Les conditions d'extrême simplicité et de facilité de chauffe et de bonne conduite sont en effet de premier ordre pour les appareils de bâtiments de commerce. Nous retrouverons ce caractère dans les types à triple expansion, construits aujourd'hui pour ce genre de navires.

Les appareils des navires *Tonquin*, *Shamrock*, *Bienhoa*, *Vinhlong*, *Gironde*, destinés aux transports de l'Etat, faisant le service de paquebots de la Cochinchine, représentent un type plus puissant, perfectionné en certains points, mais par suite, un peu moins simple.

Pour obtenir une rotation plus uniforme et éviter l'emploi de trop grands cylindres, on a dédoublé le cylindre de détente, en sorte que ces appareils ont trois manivelles au lieu de deux.

La pompe de circulation, au lieu d'être conduite par l'appareil lui-même, est une turbine actionnée par un moteur spécial.

Les chaudières sont, comme dans le type précédent, proportionnées assez largement pour permettre, en service courant, une chauffe aisée.

La machine du *Miaoulis*, du même modèle que celle du croiseur français, *Le Seignelay*, est le type des appareils de croiseurs de cette époque ; c'est une machine horizontale placée tout entière au-dessous de la flottaison ; à vitesse de piston plus élevée ; déjà plus légère que les machines précédentes. Nous y trouvons encore, mais pour la dernière fois, dans les bâtiments de combat, une pompe de circulation conduite par les pistons moteurs.

L'établissement de cet organe entraîne, en effet, quelques difficultés dans les machines rapides, difficultés surmontées avec succès dans le *Miaoulis* et le *Seignelay*, mais dont il a paru prudent de s'affranchir par la suite. Le débit des pompes de circulation est, en effet, très considérable ; il s'élève à plus de 50 fois le poids de vapeur consommée, soit à près de 1000 tonnes par heure pour le *Miaoulis*, et comme la vitesse de piston est de 2^m,45 par seconde, on conçoit que le régime alternatif du mouvement de l'eau puisse présenter certaines irrégularités et même donner lieu à des chocs plus ou moins redoutables. Une pompe centrifuge, au contraire, établit un courant d'eau de vitesse uniforme dans lequel aucun choc, ni aucune élévation anormale de pression ne peuvent être à craindre. D'autre part, l'indépendance du moteur permet de proportionner le débit de la pompe aux besoins de la condensation, ce qui n'est pas possible lorsque la pompe est conduite par les pistons de l'appareil principal. Aussi arrive-t-il, qu'en général, le débit des pompes de circulation directe-

ment conduites est très exagéré aux petites allures, qui sont les plus fréquentes dans les machines des bâtiments de guerre.

Pour ces motifs, l'emploi de pompes centrifuges de circulation à moteur indépendant doit être considéré comme un progrès pour tous les appareils puissants et d'allure rapide ; au contraire, pour des appareils de bâtiments de commerce, fonctionnant constamment à une allure relativement modérée (50 à 70 tours), la pompe de circulation attelée directement présente l'avantage d'une plus grande simplicité et d'une surveillance plus facile ; ce dispositif devra donc être conservé dans certains cas, même pour les appareils les plus récents et les plus perfectionnés.

L'appareil de l'*Amiral Duperré* est le type des machines des cuirassés à deux hélices de l'époque. Les machines sont à pilon et placées, l'une à tribord, l'autre à babord, séparées par une cloison longitudinale médiane. La partie supérieure des cylindres se trouve, il est vrai, au-dessus de la flottaison, mais elle est protégée par la cuirasse ; ses dispositions générales ne diffèrent pas, en principe, de celles des machines des grands paquebots. Les pompes à air sont conduites par les machines principales, mais les pompes de circulation sont indépendantes. En ce qui concerne les chaudières, nous trouvons que, pour réaliser la puissance maximum, on fait appel dans une certaine mesure au tirage forcé par jets de vapeur dans la cheminée. La consommation par heure et par mètre carré de grille étant d'environ 90 kilogrammes au tirage naturel, on arrive à la pousser à 130 ou 140 kilogrammes, c'est donc une augmentation de 40 % environ, mais, par suite de la dépense de la vapeur lancée dans la cheminée, la production de la chaudière et par suite la puissance de la machine n'est guère augmentée que de 25 %. Enfin, la dépense d'eau douce est considérable et un remplacement par de l'eau de mer ne peut-être admis que pour une marche de courte durée, 3 ou 4 heures au plus.

Ce système qui n'a que le mérite d'une très grande simplicité, ne répond donc pas aux conditions d'une marche normale et prolongée, aussi n'en trouverons-nous plus dans les appareils construits à partir de 1878. A cette date déjà, nous voyons dans l'appareil des croiseurs *Forfait*, *d'Estaing*, etc., l'application d'un système de tirage forcé plus rationnel et plus puissant : celui de la ventilation par refoulement d'air en chambre close.

La chambre close imaginée en Angleterre pour les appareils de torpilleurs, dont elle est en quelque sorte le principe essentiel, a été appliquée aux grands navires, grâce à l'initiative de notre marine militaire. Les résultats obtenus sur le *Forfait*, construit à Marseille en 1878 et essayé en 1880, et ceux du *d'Estaing*, construit, à la même époque, dans les ateliers de la Société au Havre, confirmèrent les prévisions résultant des premières expériences encore incomplètes, exécutées antérieurement par la marine, à Cherbourg, sur le *Labourdonnais*. La puissance qui était de 2094 chevaux au tirage naturel (13

décembre 1880) s'éleva à 2961 chevaux au tirage forcé (16 décembre 1880). A cette allure, la consommation par heure et par mètre carré de grille se trouva de 141 kilogrammes; mais la consommation par heure et cheval atteignit 1 k. 23, chiffre élevé, dénotant une utilisation du combustible moins bonne qu'au tirage naturel. Ce fait résultait de ce que la surface de chauffe des chaudières en usage, n'était pas proportionnée en vue d'une combustion aussi active et montra la nécessité de modifier le type des générateurs en même temps que le système de tirage. Nous trouverons, en effet, dans les applications ultérieures du tirage forcé un rapport de la surface de chauffe à la surface de grille voisin de 45, tandis que le rapport admis pour le tirage naturel était de 28 à 30.

II. — Modifications apportées aux divers types de machines compound depuis 1878.

I. — NAVIRES DE COMMERCE

Pendant les années qui suivirent 1878, les machines construites dans les ateliers ont toujours été étudiées en vue d'améliorer le régime de la détente en employant des pressions initiales plus élevées et surtout en perfectionnant le type des tiroirs de détente. Au lieu de simples tiroirs à grille glissant sur une plaque fixe placée à l'entrée de la boîte à tiroirs, la détente variable est effectuée par des tiroirs de détente placés sur le dos des tiroirs principaux de distribution. On sait que ce dispositif possède le précieux avantage de couper l'afflux de vapeur, aussi près que possible du cylindre, en réduisant à un minimum les espaces morts. On peut ainsi obtenir une détente correcte pour des introductions au petit cylindre de 0,30 à 0,20, chose irréalisable dans l'ancien système où les espaces morts, existant entre la glace de détente et le cylindre, atteignaient parfois 50 % du volume de ce dernier. Ces tiroirs spéciaux de détente sont de divers types: tantôt ils consistent en un simple tiroir à coquille dont la course peut être modifiée en marche; tantôt ils sont du système Meyer. Grâce à ces dispositions, les diagrammes de cette époque présentent une apparence régulière, une forme en quelque sorte théorique. D'autre part, les consommations de charbon s'abaissent souvent jusqu'à 800 ou même 750 grammes environ, c'est-à-dire à la limite inférieure des chiffres qui aient jamais été constatés sur les machines compound dans une expérience précise de consommation prolongée pendant 6 heures; quant au groupement de l'appareil; à la disposition générale des organes, aucun changement n'a été apporté au type, en quelque

sorte classique, de la machine compound de commerce qui a conservé toute sa simplicité. Mais on s'est attaché à rendre les démontages et les visites de plus en plus faciles ; à améliorer les dispositifs de graissage ; en un mot, à perfectionner tous les détails qui ont, en service courant, une si grande importance. Le résultat a certainement été largement atteint ; la plupart des navires construits à cette époque ont fait un service très actif ; aucun n'a jamais éprouvé d'avaries ni nécessité d'autres réparations que des retouches d'entretien courant.

II. — GRANDS PAQUEBOTS

Les exigences toujours croissantes du service des paquebots transatlantiques imposèrent, vers 1884, pour les grands paquebots *Gasconne*, *Bourgoigne*, *Normandie* et *Champagne*, de la Compagnie générale transatlantique, la création de machines d'une puissance bien supérieure à celle des types construits antérieurement. Il s'agissait, en effet, aux termes du marché, de développer plus de 8000 chevaux sur une seule hélice. Pour une telle puissance, l'emploi d'une machine compound eût exigé des cylindres de dimensions excessives. On adopta donc six cylindres disposés en trois groupes Woolf, composée chacun d'un petit et d'un grand cylindre. Le premier est placé en tandem sur le couvercle du second ; les deux pistons reliés par une tige commune actionnant, par l'intermédiaire d'une seule bielle, un même coude de l'arbre moteur. La machine étant composée de trois groupes identiques, il est clair que les couples moteurs transmis à chaque manivelle sont égaux entre eux à toutes les allures, circonstance avantageuse au point de vue de la douceur et de l'uniformité du mouvement de rotation (pl. 97-98).

On doit, sans doute, attribuer en partie à cette circonstance le bon fonctionnement de ces appareils dont la vitesse de piston ($3^m,50$) est pourtant assez élevée et qui sont appelés à marcher à grande allure dans des mers souvent très dures. Cette nécessité oblige à calculer très largement les organes de machines pour éviter les chauffages et avaries en cours de route.

Les arbres atteignent $0^m,576$ de diamètre pour les navires à une seule hélice. Ils sont du type *built up* ou assemblés.

La disposition bien connue des appareils en trois groupes composés d'éléments identiques est favorable à la surveillance et à l'entretien, de sorte que, malgré leur grande puissance, ces machines sont d'une conduite facile.

La puissance réalisée a atteint 8200 chevaux et la consommation à grande vitesse n'a pas dépassé 800 grammes. Depuis leur mise en service sur la ligne de New-York, les deux paquebots ont soutenu souvent la vitesse moyenne de 18 nœuds.

Nous verrons plus loin le nouveau type adopté par la Compagnie transatlantique pour son nouveau paquebot, *la Touraine*, qui a deux machines à triple expansion.

Les machines à quadruple expansion vont évidemment bientôt figurer dans l'effectif des machines marines.

A l'Exposition universelle, la maison Denny et C^{ie}, de Dumbarton, exposait le modèle de la machine à triple expansion du *Buenos-Ayres*, navire de la Compagnie transatlantique de Barcelone.

III. — NAVIRES DE GUERRE, CUIRASSÉS ET GRANDS CROISEURS

La machine du cuirassé d'escadre le *Marceau* est tout à fait analogue, comme disposition d'ensemble, à celle de l'*Amiral Duperré*. Elle se compose de deux machines compound à trois cylindres actionnant chacune une hélice. Comme pour l'*Amiral Duperré*, les pompes à air sont conduites par les pistons moteurs, par l'intermédiaire de balanciers et les pompes centrifuges de circulation, au nombre de deux pour chaque groupe, sont actionnées par des moteurs spéciaux.

Mais l'appareil du *Marceau* se distingue de celui de l'*Amiral Duperré* par le rôle bien plus important attribué au tirage forcé ; ainsi, tandis que la puissance prévue au tirage naturel ne dépasse pas 5548 chevaux on doit développer au tirage forcé 12 000 chevaux.

Ce résultat est assuré par l'emploi de huit ventilateurs capables de refouler chacun 45 000 mètres cubes d'air par heure dans les chambres de chauffe, ce qui permettra de pousser la combustion jusqu'à 250 kilogrammes de charbon environ par heure et par mètre carré de grille. Mais, comme nous l'avons dit, une combustion aussi active, exige pour être efficace, une surface de chauffe plus étendue que celle des anciens types de chaudières à retour de flamme. Par suite, on a abandonné sur le *Marceau* le modèle de générateurs jusqu'alors en usage ; le faisceau de tubes a été placé, non plus en retour au-dessus des foyers, mais dans le prolongement de ceux-ci, disposition qui permet de lui donner un bien plus large développement. Ainsi, la surface totale des grilles étant de 52^{m²},7, la surface de chauffe atteint 2425^{m²},60, soit 46 fois la surface de grille.

Le nouveau type de chaudières a été, avant la mise à bord, l'objet d'expériences très précises, exécutées sous le contrôle de M. l'Ingénieur de la Marine Guillaume et destinées à déterminer le rendement du charbon en vapeur aux diverses allures et à vérifier le bon fonctionnement du générateur au tirage forcé. Quelques difficultés qui s'étaient manifestées d'abord, en ce qui concerne l'étanchéité de l'emmanchement des tubes sur la plaque de la boîte à feu, ont été heu-

reusement surmontées, grâce à l'emploi (imité des locomotives) de tubes en fer raboués en cuivre rouge.

Quant à l'utilisation, les expériences montrèrent que par une combustion de 250 kilogrammes par mètre carré de grille, soit 5 kil. 40 par mètre carré de surface de chauffe, on peut compter sur une production de 8 kilogrammes de vapeur par kilogramme de bon charbon (brique de Anzin). Ces résultats ne laissent aucun doute au sujet du bon fonctionnement du nouveau système de chaudières et de la réalisation de la puissance de 1200 chevaux de l'appareil du *Marceau*.

Le *Cécille*. — L'appareil du grand croiseur le *Cécille* est encore du type compound, mais sa disposition est différente de celles que nous avons examinées jusqu'ici (pl. 99-100).

L'appareil dans son ensemble, comprend huit cylindres formant quatre groupes compound, dont deux actionnent l'hélice de babord et deux celle de tribord. Il y a donc de chaque bord un groupe avant et un groupe arrière. L'arbre de couche du groupe AV est relié à celui de l'AR par des tourteaux d'entraînement disposés de manière à permettre une disjonction rapide. Cette disposition est motivée par l'intérêt qu'il y a, au point de vue économique, à faire fonctionner le groupe arrière seul, lorsqu'on marche à petite vitesse, c'est-à-dire à une allure qui peut n'exiger que le sixième ou le huitième de la puissance maximum de l'appareil. On sait en effet, que lorsqu'on réduit graduellement l'allure de la machine, il arrive qu'à partir d'une certaine limite, la consommation de charbon par cheval augmente rapidement, et cela, parce que les surfaces refroidissantes étant énormes en raison du poids de vapeur qui traverse les cylindres, les condensations nuisibles prennent une importance relative de plus en plus grande.

La division de l'appareil en deux a pour effet de doubler les limites entre lesquelles le régime économique est admissible, et, à ce titre, mérite d'être recommandé pour les grands appareils de bâtiments de guerre.

L'appareil du *Cécille* diffère encore des précédents, par ce fait que les pompes à air sont, comme les pompes de circulation, indépendantes de l'appareil principal et conduites par des moteurs spéciaux. Cette disposition adoptée à la demande de la Marine, est motivée par des raisons analogues à celles qui avaient déterminé l'emploi de pompes de circulation indépendantes.

Il peut y avoir intérêt en effet, à régler l'allure des pompes à air indépendamment de celle de l'appareil principal, ou même à le faire fonctionner pendant les stoppages pour établir, avant le départ, un certain vide au condenseur.

Toutefois nous devons dire que l'indépendance des pompes à air est moins souvent justifiée que celle des pompes de circulation. Ce dispositif entraîne une certaine complication dans la surveillance, multiplie le nombre des organes et augmente l'encombrement; il a été, à notre avis, employé parfois sans utilité bien évidente. Nous en reconnaissons l'avantage pour les machines horizontales rapides qu'on tient à munir de pompes à air verticales, lesquelles procurent en

général un meilleur vide que les pompes horizontales, mais dans la plupart des autres cas, nous préférons conserver les pompes attelées sur les pistons, moteurs.

Le *Cécille* doit développer au tirage forcé une puissance de 10 200 chevaux qui sera vraisemblablement dépassée. Ce résultat est assuré par l'emploi du tirage forcé en chambre close, moins actif toutefois que celui qui a été prévu pour le *Marceau*. Les chaudières sont du type double (double ended) ; leur surface de grille est de $79^m^2,20$, en sorte qu'une combustion de 130 kilogrammes par heure et par mètre carré de grille, soit 4 kil. 10 par mètre carré de surface de chauffe sera suffisante pour la puissance maximum.

L'appareil du cuirassé espagnol *Pelayo* présente, dans son ensemble, le même groupement que celui du *Cécille*. Il se compose de quatre groupes compound à deux cylindres, dont deux actionnent l'hélice de tribord et deux celle de babord. Les pompes à air sont conduites par les pistons moteurs.

Les chaudières, à retour de flamme, au nombre de 12 à trois foyers chacune, sont réparties dans quatre chambres de chauffe. La surface des grilles étant de 76 mètres carrés l'appareil a atteint au tirage naturel sa puissance maximum prévue de 8000 chevaux.

Néanmoins le *Pelayo* est pourvu des installations nécessaires au tirage forcé en vase clos. On a ainsi réalisé très facilement la puissance de 9 600 chevaux, puissance maximum correspondant au poids de vapeur que la machine pouvait consommer à pleine introduction et imprimant au cuirassé la vitesse de 16 nœuds, vitesse maxima compatible avec le degré d'acuité des formes tracées en vue d'une vitesse de 16 nœuds.

Le tirage forcé n'a donc augmenté la puissance que dans le rapport de 9 600 à 8000, soit de 20 %. Ce résultat est sans doute appréciable, mais il importe de remarquer que l'effet du tirage forcé eût été bien plus accentué, si l'appareil évaporatoire eût été moins largement proportionné, et si, par exemple, on n'avait fait au tirage naturel que 6500 chevaux.

En d'autres termes, si on n'avait eu en vue que la vitesse maximum aux essais un appareil moins grand mais plus poussé, aurait pu conduire au même résultat final avec des chaudières moins lourdes ; partant avec un moindre déplacement du navire et une moindre dépense ; mais, d'un autre côté, qu'aurait-on perdu, au point de vue de la facilité de la chauffe et de l'économie du combustible ? Il y a là une question très complexe que nous retrouverons en partie dans les appareils de croiseurs et de petits navires, où l'on s'est préoccupé avant tout de la réduction des poids au minimum.

VI. — CROISEURS.

Les appareils de 3 200 chevaux des croiseurs à 2 hélices, *Epervier*, *Faucon*,

Vautour, ont été étudiés à une époque où l'administration de notre marine militaire se préoccupant, avant tout, de réduire le poids des machines, afin de pouvoir donner aux navires eux-mêmes le *moindre déplacement* compatible avec un ensemble donné de conditions de protection, d'armement, de vitesse, de rayon d'action.

La France avait été précédée dans cette voie de la recherche des minima par l'Angleterre, et, en particulier pour ce qui concerne les machines, par l'usine Hawthorn Leslie et C^{ie} de Newcastle.

Ces derniers constructeurs avait fourni à notre marine l'appareil moteur du *Condor*, dont les plans ont servi de base au programme des appareils commandés par la marine pour les croiseurs similaires *Epervier*, *Faucon*, *Vautour*.

Ces machines se composent de deux groupes compounds horizontaux à deux cylindres, placés l'un en avant de l'autre et actionnant chacun une hélice.

Aux essais, les appareils du type *Faucon* ont développé 3325 chevaux, ce qui fait ressortir leur poids moyen à 99 kil. 6 par cheval, dont 40 kilogrammes pour les machines proprement dites, chiffre inférieur à la moitié de celui de la machine *Miaoulis*, 97 kil. 4. La légèreté relative du *Faucon* est due surtout à son grand nombre de tours (140) qui correspond à une vitesse de piston de 4^m,26, presque double de celle du *Miaoulis*, (2^m,45).

D'autre part, les échantillons sont réduits au-dessous des valeurs admises antérieurement, de sorte que la matière travaille et les surfaces frottantes sont plus chargées. L'expérience a montré que ces conditions ne sont pas incompatibles avec un bon fonctionnement mais on comprend qu'elles imposent un choix de matériaux particulièrement résistants et, pour certains organes, des formes étudiées spécialement en vue de la légèreté, l'économie de main-d'œuvre étant, cette fois, d'importance secondaire. Ainsi, dans les appareils légers, les arbres sont forés; il en est de même des tiges de piston, des bielles, des tiges de tiroir, etc... l'acier forgé est employé au lieu du fer, et l'acier moulé se substitue à la fonte pour les pièces de formes simples comme les pistons, les couvercles, les plaques de fondation, les bâtis. Les dimensions des pièces ne sont arrêtées qu'après une analyse aussi complète que possible des forces en jeu, et non pas seulement par l'application des formules pratiques de construction autrefois en usage; formules d'une approximation parfois assez lointaine et laissant une trop large part aux excédants de matière admis par précaution.

En particulier, on doit faire intervenir les efforts dus à l'inertie des masses en mouvement; efforts parfois supérieurs aux charges statiques dues à la pression de la vapeur. Pour les tiroirs en particulier ce genre d'efforts a une importance de premier ordre et doit intervenir dans le tracé du mécanisme de conduite, dont le bon fonctionnement est, peut-être, le point le plus délicat du problème des machines rapides.

TABLE II

	Paquebot Ville de Pernambuco	Paquebot Canton	Paquebot Golconde	Paquebot Provence	Paquebot Gascogne	Cuirassé d'escadre Marceau	Cuirassé d'escadre Pelayo (Espagne)	Croiseur de première classe Cécille	Croiseurs de troisième classe Epervier, Faucon, Vautour	Croiseur Unebi (Japon)
Système de la machine.....	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 6 cylindres, à pilon, 3 attelages à cylind. superposés	2 machin. compound à 3 cylind. chacune, à pilon	4 machin. compound à 2 cylind. chacune, en deux groupes, à pilon	4 machin. compound à 2 cylind. chacune, en deux groupes, à pilon	2 machin. compound à 2 cylind. chacune, horizontal (inclinaison de 30,30° sur l'axe)	2 machin. compound à 2 cylindres in- clinés
Puissance totale prévue en che- vaux indiqués.....	1000 chev.	1600 chev.	1700 chev.	2400 chev.	8000 chev.	12000 chev.	6800 chev. (Tirage naturel)	9620 chev.	3200 chev.	6000 chev.
Pression de régime.....	5 ^k ,25	5 ^k	5 ^k	5 ^k ,33	6 ^k	6 ^k	5 ^k ,75	6 ^k ,25	7 ^k	6 ^k ,00
Système des chaudières.....	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes	cylindrique à 3 foyers à flamme directe	cylindrique à 3 foyers à retour de flammes	cylindrique, double end, à 6 foyers, à retour de flammes	cylindrique à 2 foyers, à flamme directe	cylindrique à 2 foyers à flamme directe
Surface de grille.....	2 corps 12 ^m 2	4 corps 22 ^m 2,08	4 corps 23 ^m 2,60	4 corps 26 ^m 2,24	12 corps 90 ^m 2	8 corps 53 ^m 2,0240	12 corps 75 ^m 2,6	6 corps 79 ^m 2,20	4 corps 18 ^m 2	9 corps 36 ^m 2,54
Surface de chauffe.....	302 ^m 2,89	556 ^m 2,88	583 ^m 2,41	666 ^m 2,72	2321 ^m 2	2170 ^m 2,40	1975 ^m 2,57	2223 ^m 2	776 ^m 2,7	1435 ^m 2
Diamètre des cylindres { petits .. { grands ..	0 ^m ,830 1 ^m ,600	1 ^m ,000 1 ^m ,850	1 ^m ,020 1 ^m ,870	1 ^m 090 2 ^m ,000	1 ^m ,070 3 cylind. 2 ^m ,030 d°	1 ^m ,580 1 cylind. 2 ^m ,020 2 »	1 ^m ,01 1 ^m ,84	1 ^m ,000 1 ^m ,840	0 ^m ,762 1 ^m ,524	1 ^m ,04 1 ^m ,800
Rapports des surfaces des pistons	3,716	3,422	3,361	3,367	3,6	3,269	3,319	3,386	4	2,99
Course des pistons.....	1 ^m ,000	1 ^m ,080	1 ^m ,080	1 ^m ,250	1 ^m ,700	1 ^m ,000	1 ^m ,00	0 ^m ,920	0 ^m ,910	0,950
Nombre de tours maximum prévu	70	68	70	70	60	90	81	104	130	127
Vitesse des pistons.....	2 ^m ,333	2 ^m ,448	2 ^m ,520	2 ^m ,916	3 ^m ,400	3 ^m ,000	2,70	3 ^m ,189	3 ^m ,950	4,021
Coefficient de détente.....	5,546	5,11	5,016	4,95	5,446	4,81	5,00	5,05	6,15	6,00
Volume final p. chev. et p. seconde	4 ^{lit} ,69	4 ^{lit} ,099	4 ^{lit} ,071	3 ^{lit} ,817	4 ^{lit} ,126	3 ^{lit} ,259	4 ^{lit} ,223	3 ^{lit} ,527	4 ^{lit} ,5	3 ^{lit} ,41
Nombre et système des pompes à air	2 verticales à simple effet, mues par balanciers	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	3 verticales à simple effet, mues par balanciers	1 par machine verti- cale à simple effet, mue par balancier	1 par machine verti- cale à simple effet, mue par balancier	1 par machin., verti- cale à simple effet, mue p. un moteur spécial	2 pompes p. l'appareil complet, verticales à simple effet, mues p. un moteur spécial	4 verticales à simple effet, mues par 2 mo- teurs compound auxiliaires
Nombre et système des pompes de circulation	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge	3 pompes centrifuges	2 pompes centrifuges par machine	1 pompe centrifuge par machine	1 pompe centrifuge par machine	1 pompe centrifuge par machine	2 pompes centrifuges mues par les moteurs des pompes à air
Surface de condensation totale .. d° par cheval	175 ^m 2 0 ^m 2,175	271 ^m 2,92 0 ^m 2,1699	271 ^m 2,92 0 ^m 2,16	384 ^m 2,77 0 ^m 2,1603	1379 ^m 2 0 ^m 2,172	803 ^m 2,5 p. mach. 0 ^m 2,136	340 ^m 2 p. machine 0 ^m 2,20	360 ^m 2,75 p. mach. 0 ^m 2,15	251 ^m 2 p. mach. 0 ^m 2,157	970 ^m 2,72 0 ^m 2,161
Puissance réalisée à l'essai de vi- tesse.....	1118 chev.	1913 chev. 4	2151 chev.	2621 chev. 5	9771 chev 7	»	9564 chev. (Tirage force)	»	3325 chev. 7	6878 chev.
d° de consommation	841 chev. 4	925 chev.	1060 »	1223 chev.	7286 chev.	»	2559 chev.	»	2108 chev.	»
Consommation par cheval et par heure : Essai de vitesse	»	»	»	»	»	»	»	»	0 ^k ,916	»
» de consommat..	0 ^k ,821	0 ^k ,769	0 ^k ,724	0 ^k ,783	0 ^k ,766	»	0 ^k ,721	»	0 ^k ,828	»
Consommation p. heure et p. mètre carré de grille : Essai de vitesse	»	»	»	»	»	»	»	»	164 ^k	»
« de consom.	57 ^k ,59	32 ^k ,23	32 ^k ,54	36 ^k ,51	49 ^k ,6	»	24 ^k ,49	»	97 ^k ,08	»
Machines.....	116010 ^k p. chev. 103 ^k ,7	173050 ^k p. chev. 90 ^k ,4	179625 ^k p. chev. 83 ^k ,0	230070 ^k p. chev. 87 ^k ,8	779340 ^k p. chev. 79 ^k ,7	731000 ^k p. chev. 61 ^k ,»	599260 ^k p. chev. 62 ^k ,66	619000 ^k p. chev. 64 ^k ,5	131310 ^k p. chev. 39 ^k ,5	273970 ^k p. chev. 45 ^k ,6
Chaudières.....	70430 63 ,0	132620 69 ,3	135325 62 ,9	159230 60 ,7	616410 63 ,1	354000 29 ,5	438370 45 ,84	415000 43 ,2	131640 39 ,6	200000 33 ,3
Eau.....	37900 33 ,9	63000 32 ,9	65400 30 ,4	82200 31 ,3	265000 27 ,1	176000 14 ,7	213000 22 ,27	191000 20 ,0	68200 20 ,5	99243 16 ,5
Total.....	200 ^k ,6	192 ^k ,6	176 ^k ,3	179 ^k ,8	169 ^k ,9	105 ^k ,2	150 ^k ,77	127 ^k ,7	99 ^k ,6	95 ^k ,4

Dans ces machines, les pompes à air, aussi bien que les pompes de circulation et les pompes alimentaires sont conduites par des moteurs spéciaux, en sorte que l'appareil principal se trouve réduit à un ensemble d'organes mécaniques simples capable de supporter une allure rapide.

Il est toutefois dans l'étude de ce genre d'appareils, un point dont la prévision échappe à tout calcul : c'est la possibilité de voir se produire dans la coque du navire, des vibrations dont la période serait synchrone de celle de la durée d'un coup de piston. Dans la marche à grande vitesse, cette circonstance qui s'est manifestée sur deux contre-torpilleurs Italiens, peut déterminer des vibrations d'une intensité telle, qu'on est forcé de renoncer à lancer la machine à l'allure prévue, en sorte que la vitesse reste également inférieure aux prévisions.

Les machines du type *Faucon* ont eu un fonctionnement excellent, meilleur peut être que celui du *Condor*, qui provient d'une des plus célèbres usines de l'Angleterre.

Au point de vue économique, les appareils français comparés à celui du *Condor*, ont présenté une supériorité marquée due aux plus grandes sections de passage offertes à la vapeur. Ainsi, la contre-pression sous le piston du cylindre de détente, qui avait atteint sur le *Condor* la valeur de 0^k60 n'a pas dépassé 0^k35 sur le *Faucon* et, en somme, nos machines ont consommé environ 10 % de charbon de moins que la machine anglaise.

Les chaudières des appareils du type *Faucon* sont à flamme directe comme celles du *Marceau*, mais elles n'ont que deux foyers. Leur surface de chauffe, proportionnée en vue d'un tirage forcé actif, représente 43 fois la grille. Dans les essais à grande vitesse, on a brûlé 164 kilogrammes de charbon par mètre carré de grille, soit 3^k8 par mètre carré de surface de chauffe et 0^k92 par cheval. Ces appareils n'ont donné lieu à aucune observation, ni aux essais, ni en service courant.

APPAREILS A DEUX HÉLICES DE 6060 CHEVAUX INDIQUÉS CONSTRUITS PAR LE CREUSOT

(Planches 101 à 106)

Nous allons décrire les machines des croiseurs *Troude*, *Lalande*, *Cosmao*.

L'appareil moteur se compose de deux machines principales compound, horizontales, à deux cylindres et à bielles directes, actionnant chacune une hélice. Les dimensions principales des cylindres sont les suivantes :

Diamètre du cylindre d'admission	0 ^m ,940
» » de détente	1 ,880
Course commune des pistons	0 ,915

La distribution de la vapeur dans chaque cylindre est faite par deux tiroirs cylindriques placés à la partie supérieure et manœuvrés par le dispositif spécial de M. Marshal. L'introduction dans les cylindres est variable en marche au moyen de l'appareil de changement de marche.

La vapeur admise dans le cylindre d'admission passe ensuite dans le cylindre de détente d'où elle est évacuée au condenseur correspondant. Les condenseurs sont du système tubulaire horizontal ; la circulation de l'eau réfrigérante se fait à l'intérieur des tubes au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur spécial.

Le même moteur actionne également deux pompes à air verticales destinées à faire le vide dans le condenseur de chaque machine.

Les pompes alimentaires et les pompes de cale ont également des moteurs indépendants.

L'appareil évaporatoire comprend cinq corps de chaudières cylindriques à trois foyers chacun du type à flamme directe (dit de l'amirauté) avec tubes dans le prolongement des foyers et chambre de combustion intermédiaire.

Surface de la grille.	27 ^{m2} ,50
Surface totale de chauffe	1250 ^{m2} ,00
Timbre	7 k.

Des ventilateurs sont installés dans les chambres de chauffe pour l'aération et le fonctionnement du tirage forcé en vase clos.

La recette de l'appareil de chaque navire comporte trois essais :

Un essai à tirage forcé à outrance d'une durée de deux heures avec obligation de réaliser au moins 6060 chevaux.

Un essai à tirage modérément forcé, d'une durée de douze heures, à l'allure de 4240 chevaux, pendant lequel la consommation mesurée pendant six heures ne dépassera pas 0 kil. 900 par cheval et par heure.

Un essai à tirage naturel d'une durée de six heures pendant lequel la puissance développée sera d'environ 1510 chevaux, et la consommation ne dépassera pas 1 kilogramme par cheval et par heure.

MACHINE DES BATEAUX-EXPRESS DE PARIS

La machine des bateaux-express de Paris, construite par M. Jouffray de Vienne, est une machine compound à deux cylindres, actionnant une hélice de 1^m,40 de diamètre et de 1^m,65 de pas (pl. 107-108).

Les diamètres des cylindres sont de 270 et 445 millimètres avec une course de 300 millimètres.

La chaudière est timbrée à 6 kilogrammes. La machine tournant à 200 tours développe un travail de 90 chevaux.

Dans ces conditions le bateau, plein, pesant 62 tonnes, descend la Seine à une vitesse de 21 kilm. 06 à l'heure et remonte à 14 kilm. 540, soit 17 kilm. 800 comme moyenne, ou en nœuds 9,61.

La consommation est de 1 kilg. 21 de coke par cheval et par heure, ou de 7 kilg. 18 par kilomètre.

La machine avec ses accessoires pèse 5 300 kilogrammes et la chaudière pleine 6 500. Le bateau a 29^m,20 de longueur.

CANOT WHITE, CONSTRUIT PAR LA MAISON CHALIGNY

(Planches 109 à 112)

La machine de ce canot, comme celle de nos torpilleurs, est un type de machine intensive. Elle a été construite d'après les plans du ministère de la marine, et le moteur pesant 180 kilogrammes peut développer un travail de 18 chevaux-vapeur à 375 tours; la vitesse poussée à 450 tours, le travail développé atteint 20 chevaux.

Il existe douze machines semblables et la consommation obtenue est de 1 kil. 300 par cheval et par heure.

La chaudière est timbrée à 8 kil. 500. Les cylindres ont des diamètres de 101 et 178^{mm} et une course de 127^{mm}.

CANOT DE 7^m,80, CONSTRUIT POUR LE CANAL DE SUEZ PAR LES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS CAIL

(Planches 113-114)

Nous devons également mentionner la machine pour canot à vapeur de 7^m,80 construite par la Société des anciens établissements Cail.

Elle est formée par la juxtaposition de deux machines compound verticales disposées en tandem, le petit cylindre en haut; chacune a sa distribution particulière placée vers l'extérieur de la machine.

Diamètre des cylindres HP.	. . . . .	125 mil.
» » BP.	. . . . .	175
Course.	. . . . .	150
Admission totale.	. . . . .	$\frac{1}{3}$
Nombre de tours.	. . . . .	350
Timbre de la chaudière.	. . . . .	6 kil.

La force de la machine dans ces conditions est de 32 chevaux indiqués, développant une vitesse de 7 nœuds, avec une consommation de 1 kilog. 550 de

charbon par heure, et de 12 kilog. 6 de vapeur par cheval-heure, d'après les constructeurs.

Le diamètre des pompes alimentaires est de 38 millimètres ;

La course de ces pompes de 52 millimètres ;

Le diamètre de la pompe à air, 140 millimètres ;

La course » » 38 »

Le poids de la machine est très réduit ; le canot avec ses accessoires, bien que la coque soit en bronze, ne pèse que 2 622 kilogrammes.

Nous donnons également (planches 115-116, 117-118, 119-120), les dessins de deux autres types d'appareils construits par les anciens établissements Cail pour la Marine de l'État : Machines des « Canots à vapeur de 6^m,70 pour le service de la Flotte », et des « Avisos à roues le *Lézard* et la *Cigogne* ».

Machines à triple expansion

Les premières machines compound marchaient à une pression de régime de 4 kilogrammes par centimètre carré. Au bout de quinze ou vingt ans, on atteignait 7 kilogrammes. L'élévation de la pression était, en somme, corrélatrice d'une amélioration du régime économique, toutefois l'avantage parut peu sensible à partir de 6 kilogrammes, et l'on pouvait prévoir qu'il serait nul au-dessus de 7 kilogrammes.

La raison de ce fait est connue aujourd'hui : elle se trouve dans les condensations nuisibles dont l'importance augmente rapidement avec la détente et qui finissent par annuler le bénéfice théorique d'une expansion prolongée davantage. Cette limite étant atteinte, il faut, pour bien utiliser une pression initiale plus élevée, adopter un cylindre supplémentaire, ce qui revient à introduire un échelon de plus dans la cascade de la détente. Les premières machines à triple expansion ont été construites à peu près simultanément vers 1872 par M. Benjamin Normand, pour le *Montezuma* ; en Angleterre, par M. Alexandre de Kirk. Mais la supériorité économique du nouveau type ne se manifesta d'une manière évidente qu'en 1880, c'est-à-dire après que le progrès de la construction des chaudières eût permis d'aborder des pressions de régime de 8 kilogrammes et plus par centimètre carré.

I. — NAVIRES DE COMMERCE.

Si l'on considère l'ensemble des poids consacrés à la propulsion, machine, chaudière et charbon, on reconnaît que l'amélioration du régime économique est corrélatrice d'une réduction des poids nécessaires pour permettre au navire d'exécuter un certain parcours à une vitesse donnée. Par suite, si l'on compare deux navires de même déplacement, l'un, muni d'une machine compound, l'autre, d'une machine à triple expansion, ce dernier, non seulement dépensera moins de charbon à vitesse égale, mais pourra disposer pour son chargement d'une fraction bien plus importante de son déplacement. L'avantage sera, bien entendu, d'autant plus grand, que l'approvisionnement de charbon devra correspondre à un parcours plus long. Ainsi, lorsqu'il s'agit de traversées d'environ 4000 milles, on peut, sans exagération, évaluer à 30 ou 35 % la supériorité de rendement du second navire sur le premier.

Aussi voyons-nous souvent, mais surtout en Angleterre, des Compagnies de navigation condamner des appareils compound de leurs paquebots, appareils encore susceptibles de rendre de bons services, uniquement pour les remplacer par des appareils à triple expansion plus économiques. Cet exemple sera suivi sans doute par les Compagnies françaises.

Malgré l'addition d'un troisième cylindre, la machine commerciale conserve le caractère de simplicité qui lui est propre. Si, d'une part, la machine proprement dite comprend quelques organes supplémentaires et exige, par cela même, un peu plus de surveillance et d'entretien que la machine compound, ce léger inconvénient est largement compensé par la facilité plus grande de la chauffe qui résulte de la moindre consommation de charbon.

En résumé, à quelque point de vue qu'on se place, la machine à triple expansion ne peut présenter que des avantages sur le type compound. Les machines des Cargo-boats des Messageries maritimes *Dordogne*, *Charente* et *Adour*, se distinguent des précédentes par un groupement un peu différent des principaux organes : les tiroirs sont placés, non pas dans l'axe longitudinal des cylindres, mais sur le côté; ils ne sont plus conduits par des coulisses de Stéphenenson, mais par un mécanisme du système que M. F.-C. Marshall, de Newcastle, a beaucoup contribué à répandre, mais qui n'exige qu'un seul excentrique.

L'ensemble de la machine présente un aspect très satisfaisant par sa simplicité et la facilité d'accès de toutes ses parties. Les résultats économiques de la machine de la *Dordogne*, la première et la seule essayée jusqu'ici, de cette série, sont équivalents à ceux de la *Franche-Comté*. (pl. 121-122).

Grands Paquebots

L'appareil de 5400 chevaux du grand paquebot le *Brésil*, exécuté à Marseille sur les plans de la Compagnie des messageries maritimes, est comme ceux dont nous venons de parler, à triple expansion.

Les tiroirs sont conduits par un mécanisme du système Marshall, mais ils sont néanmoins placés dans l'axe longitudinal des cylindres. Cette circonstance a conduit à multiplier le nombre des leviers de transmission de mouvement, en sorte que l'appareil présente dans son ensemble une apparence moins simple que celle du type *Adour*.

Les chaudières du *Brésil* sont du type double ended à retour de flamme. La combustion y est activée par un système de ventilation qui n'est pas précisément un tirage forcé, et qui a pour seul but de rendre l'accès de l'air aux foyers aussi facile qu'il pourrait l'être, si la chaudière, au lieu d'être placée au fond de la cale, se trouvait dans un espace absolument dégagé. A cet effet, des ventilateurs refoulent l'air pris à l'intérieur dans une canalisation qui présente une bouche en regard de chaque foyer. Les panneaux restant ouverts, on ne peut créer ainsi aucune pression, mais au moins arrive-t-on à éviter une dépression qui se produirait si l'appel naturel des foyers devait seul faire affluer l'air au travers des panneaux, toujours plus ou moins encombrés. L'expérience a montré qu'il est possible d'arriver par ce moyen à brûler près de 120 kilogrammes de charbon par mètre carré de grille aux essais et 70 à 80 en service normal. Par suite, il a été possible de réduire de 1/5 environ la surface des grilles et le poids des chaudières qui eussent été nécessaires avec la seule ressource du tirage naturel. De là une économie de poids de l'appareil et, par suite, une réduction du déplacement nécessaire pour satisfaire à un programme donné. Cette installation est peut-être un premier pas vers une application du tirage forcé ou activé, aux paquebots de la marine marchande en général. Sans doute, on ne peut songer à imposer à ces navires pour de longues traversées, un régime de chauffe à outrance qu'il est difficile de maintenir pendant quelques heures sur les bâtiments de guerre, mais il n'en est pas moins vrai qu'un système qui permettrait, sans apporter de gêne sensible au service de la chauffe, de pousser la combustion jusqu'à 120 ou 130 kilogrammes par mètre carré de grille, procurerait une économie notable. Des résultats sérieux ont déjà été obtenus en Angleterre, en soufflant dans les cendriers, ainsi que le constate une note de M. N. Parker, ingénieur en chef du Lloyd ; la Compagnie Florio Rubatino de Gênes a adopté ce même système pour la plupart de ses paquebots, et la Compagnie Transatlantique vient de l'appliquer à ses navires les plus récents. Nous pensons que ces tentatives méritent d'être suivies avec une sérieuse attention.

MACHINE DE L'EUGÈNE PÉREIRE

DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE TRANSATLANTIQUE

(Planches 123 à 128)

Ce navire, en service depuis trois ans, a donné des résultats économiques remarquables, c'est pour cela que nous signalons ici sa machine prise dans le nombre des divers et magnifiques spécimens de construction mécanique navale de la Compagnie Transatlantique et qui sortent de ses ateliers de Penhoët et de Saint-Nazaire.

La consommation brute de la machine de l'*Eugène Péreire* ne dépasse pas 900 grammes par cheval et par heure, chauffage, éclairage électrique, etc., compris ce qui est un très beau résultat de service courant.

Les dimensions principales de cette machine sont :

H. P.	0 ^m ,800
M. P.	1 ^m ,240
B. P.	2 ^m ,000

Course commune 1^m,240.

Nombre de tours de la machine en service, 85 tours.

Surface tubulaire des condenseurs 715^m2.

Une pompe à air à simple effet.

Diamètre	900 mm.
Course	620

Une pompe alimentaire à double effet.

Diamètre	0 ^m ,160
Course	0 ,620

Une pompe de cale à double effet.

Diamètre	0 ,180
Course	0 ,620

MACHINE DE LA TOURAINE

DE LA COMPAGNIE GÉNÉRALE TRANSATLANTIQUE

(Planches 129-130)

La *Touraine*, actuellement en construction, dépassera encore en dimension et en vitesse les quatre magnifiques paquebots : *Normandie*, *Gascogne*, *Bourgogne* et *Champagne*. La longueur est de 163^m,65.

Au lieu d'un arbre unique comme l'ont ces derniers, elle aura deux hélices actionnées par deux machines de 6250 chevaux chacune et dont les plans, que nous devons à M. Daynard, ingénieur en chef de la Compagnie Transatlantique, sont joints à cette note.

Chacune des machines est à triple expansion et a les données suivantes ;

	H. P.	1 ^m 040
	M. P.	1.540
	B. P.	2.540
Course commune		1.660
Nombre des tours en service.		70 tours
Surface tubulaire des condenseurs		990 ^m ².

Une Pompe à air à simple effet.

Diamètre	0.945
Course	0.650

Une pompe alimentaire à double effet.

Diamètre	0.170
Course	0.650

Une pompe de cale à double effet.

Diamètre	0.200
Course	0.650

Les trois cylindres sont côte à côte et à enveloppe de vapeur avec fourreau rapporté. Les pistons coniques permettent de rentrer le presse-étoupe de façon à diminuer la hauteur du bâti. Les cylindres sont fixés sur un plancher intermédiaire qui assure une stabilité considérable à l'ensemble de l'appareil.

Une particularité à noter :

Les condenseurs, contenant 5000 tubes chacun, sont en acier moulé.

La chaudière, timbrée à 10 kil. 500, est probablement un des derniers appareils à grand diamètre : la chaudière locomotive, chaudière marine de l'avenir permettra seule d'aborder des pressions plus élevées sans exagérer les dimensions des tôles.

Ce magnifique bâtiment qui s'achève sera en mesure de recommencer l'exploit du navire anglais *City of Paris* qui a mis moins de six jours pour aller d'Angleterre en Amérique !

Nous pouvons citer comme exemple des derniers navires en construction la *Teutonic* de la White Star Line qui a 178 mètres de longueur.

Comme la *Touraine*, elle est à deux machines. Chacune d'elles à triple expansion peut développer 8500 chevaux.

Les trois cylindres ont 1^m,09, 1^m,73, 2^m,79 de diamètre, avec une course de 1^m,52.

Les chaudières sont timbrées à 12 atmosphères.

III. — BATIMENTS DE GUERRE

La machine à triple expansion s'impose d'une manière absolue pour les bâtiments de guerre, en raison de l'économie de poids qu'elle permet de réaliser sur l'approvisionnement de combustible, économie qui se traduit, toutes choses égales d'ailleurs, par un accroissement équivalent de la protection ou de l'artillerie. Outre cette économie, qui est de beaucoup la plus importante, on doit rechercher dans une juste mesure, celles qui résultent de l'alignement des appareils et de l'application du tirage forcé. Aussi les machines à triple expansion destinées aux bâtiments de guerre, sont-elles étudiées d'après les principes des machines légères, principes dont nous avons fait connaître plus haut les traits généraux.

Les ateliers du Havre construisent, en ce moment, des appareils à triple expansion pour deux cuirassés commandés par le Gouvernement hellénique (pl. 131-132) et deux goëlettes à hélice pour le Gouvernement chilien; à Marseille, on entreprend la construction de trois appareils destinés à deux croiseurs et à un cuirassé, qui font l'objet d'une importante commande du même Gouvernement. Nous signalerons également les appareils des deux garde-côtes construits dans les Forges et Chantiers pour le Gouvernement japonais. Ces appareils sont destinés à marcher à triple expansion aux petites vitesses seulement (jusqu'à 1400 chevaux environ).

Au-delà de cette limite, jusqu'à la puissance maximum de 6000 chevaux, l'appareil fonctionnera en compound avec introduction directe dans les deux premiers cylindres. Cette disposition mixte a pour but de réduire la consommation à 800 grammes par cheval et par heure, pour les allures ordinaires de l'appareil qui ne correspondent qu'à une puissance de 600 chevaux soit 1/10 de la puissance maximum.

L'expérience montrera si cette disposition présente un avantage sur l'emploi de la triple expansion à toutes les allures.

Mais, quel que soit le type adopté, les conditions de la marche à très petite vitesse présentent, pour les navires de guerre, une importance capitale et doivent intervenir dans le choix des dimensions des cylindres. Quand bien même on devrait augmenter quelque peu la consommation à grande vitesse, en adoptant pour cette allure un coefficient de détente un peu faible, il importe de ne pas

admettre des cylindres trop grands pour la marche habituelle. Il arriverait en effet, dans ce cas, que les condensations intérieures provoquées par l'étendue des parois métalliques trop développées, en égard au poids de vapeur qui traverse les cylindres, entraîneraient une augmentation notable de la consommation à l'allure de route.

Nous admettons que le volume final du cylindre de détente par cheval et par seconde doit être compris entre $0^m3,004$ et $0^m3,0027$, et d'autant plus petit qu'on accorde plus d'importance aux allures réduites. Ainsi on se rapprochera du premier nombre pour un paquebot et du second pour un croiseur.

Ainsi dans les appareils destinés aux deux croiseurs de 5 400 chevaux et au cuirassé de 12 000 chevaux commandés par le Gouvernement chilien, le volume final par cheval est de $0^m3,0028$, ce qui correspond à une ordonnée moyenne rapportée à la surface des grands pistons de 2 k. 63 et à un coefficient de détente de 8 environ. Sans doute, la consommation par cheval à grande vitesse sera supérieure à ce qu'elle eût été, si l'on avait admis un coefficient de détente égal à 12, par exemple; mais, par contre, lorsque les appareils ne développeront que $1/6$ ou $1/8$ de leur puissance maximum, ils seront encore dans des conditions économiques bien supérieures à celles d'une machine à cylindres plus grands.

On trouvera dans le tableau III les dimensions principales de ces appareils dont les détails d'exécution sont encore en cours d'étude. Leur poids par cheval ne devra pas dépasser 90 k. 5 dont 48 k. 5 environ pour les chaudières et 42 kilogrammes pour les machines. Ces chiffres sont bien éloignés de ceux que l'on considérerait, il y a peu d'années encore, comme des minima nécessaires pour des appareils de cette puissance. Certains constructeurs étrangers ont construit, il est vrai, des appareils plus légers encore (65 k. à 80 k. par cheval), mais ce résultat a été en général obtenu au prix de sacrifices que nous ne saurions admettre, comme par exemple celui des chemises ou enveloppes de vapeur. Cette suppression, de nature à compromettre le régime économique, surtout à l'allure de route, ne peut produire qu'un bénéfice apparent et doit être absolument rejetée.

Nous nous refuserions également à alléger les chaudières, en admettant pour leurs enveloppes des échantillons réduits (en usage à l'Amirauté anglaise) d'où résulte pour la tôle d'acier une charge de 12 kilogrammes environ par millimètre carré à la pression du timbre. En un mot, tout en reconnaissant que le problème de l'allègement des moteurs présente un sérieux intérêt, nous pensons que l'on ne doit à aucun prix compromettre en quoi que ce soit, ni le régime économique à l'allure de route, ni surtout la sécurité du fonctionnement.

A ce dernier point de vue, nous avons déjà signalé l'importance toute particulière des mouvements de tiroir et la nécessité d'en proportionner largement les organes. Dans les machines à triple expansion, l'élévation de la pression du régime a conduit à adopter, principalement pour le premier ou les deux premiers cylindres, les tiroirs cylindriques constitués comme des pistons qui, par leur

TABLEAU III
Types de machines de construction récente.

	Paquebots <i>Franche-Comté, Dauphiné, Alsace</i> Société Transports maritimes)	Paquebots <i>Tamise, Manche Tigre, Cambodge Guadalquivir Guadiana</i> (Messenger. maritim.)	Paquebots <i>Dordogne Charente Adour</i> (Messenger. maritim.)	Paquebots <i>Brésil La Plata</i> (Messenger. maritim.)	Paquebot <i>Australien</i> construit dans les ateliers de La Ciotat (Messenger. maritim.)	Garde-Côtes <i>Itsukushima et Matsushima</i> (Japon)		Croiseurs <i>chiliens</i>	Cuirassé <i>chilien</i>	Goëlettes <i>chiliennes</i>	Cuirassés <i>grecs</i>	
Système de la machine	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres, à pilon	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres, à pilon	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres, à pilon	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres, à pilon	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres, à pilon	2 machines à 3 cylindres, horizontales inclinées de 60,30 sur l'axe fonctionnant à triple expansion	2 machines à triple expansion, à 3 cy- lindres chacune, horizontales, incli- nées de 5° sur l'axe	2 machines à triple expansion, à 3 cylind. chacune, à pilon	1 machine à triple expansion à 3 cylindres à pilon	2 machines à triple expansion à 3 cylindres inclinés		
Puissance totale prévue en chevaux indiqués . . .	760 chevaux	1450 chevaux	2100 chevaux	5400 chevaux	6600 chevaux	1400 chevaux	6000 chevaux	5400 chevaux	12000 chevaux	250 chevaux	6780 chevaux	
Pression de régime	9 ^k	8 ^k	10 ^k	9 ^k	12 ^k	12 ^k	»	11 ^k ,25 cylindrique, à trois foyers, à flammes directes, avec tubes dans le prolongem.	10 ^k cylindrique, double ended, à 6 foyers, tubes à retour de flammes	10 ^k cylindrique à 2 foyers, à retour de flammes	10 ^k cylindrique double ended	
Système des chaudières	cylindrique à 2 foyers, tubes à retour de flammes	cylindrique double ended, à 4 foyers	cylindrique double ended, à 4 foyers	cylindrique double ended, à 4 foyers	Système Belleville	cylindrique à 3 foyers, à flamme directe	»	4 corps	5 corps	1 corps	4 corps	
Surface de grille	8 ^{m2} ,080	13 ^{m2} ,68	17 ^{m2} ,200	44 ^{m2} ,74	55 ^{m2} ,34	36 ^{m2} ,00	»	27 ^{m2} ,20	64 ^{m2}	2 ^{m2} ,80	37 ^{m2} ,12	
Surface de chauffe	181 ^{m2} ,56	332 ^{m2} ,00	520 ^{m2} ,00	1214 ^{m2} ,34	2143 ^{m2} ,00	1257 ^{m2} ,82	»	1200 ^{m2}	2075 ^{m2}	68 ^{m2} ,50	1240 ^{m2} ,46	
Diamètre des cylindres	petit 0 ^m ,490 moyen 0 ^m ,780 grand 1 ^m ,250	0 ^m ,640 0 ^m ,940 1,400	0 ^m ,700 1 ^m ,120 1 ^m ,780	1 ^m ,160 1 ^m ,600 2 ^m ,600	1 ^m ,120 1 ^m ,700 2 ^m ,700	0 ^m ,390 0 ^m ,620 1 ^m ,440	»	0 ^m ,680 1 ^m ,010 1 ^m ,520	1 ^m ,010 1 ^m ,470 2 ^m ,260	0 ^m ,31 0 ^m ,45 0 ^m ,68	0,77 1,14 1,80	
Rapport des surfaces du petit piston au moyen . .	2,533	2,15	2,559	1,903	2,303	2,527	»	2,206	2,118	2,107	2,19	
d° du petit au grand	6,507	4,78	6,466	5,024	5,811	13,635	$\frac{S_1}{S+S_1}$ 3,865	4,996	5,007	4,81	5,46	
Course des pistons	0 ^m ,900	1,10	1 ^m ,200	1,300	1 ^m ,350	1 ^m ,000	»	0 ^m ,800	1 ^m ,050	0 ^m ,450	1 ^m ,250	
Nombre de tours maximum prévu	88	82	76	82	81	72	111	150	120	130	99	
Vitesse des pistons	2 ^m ,640	3 ^m ,00	3 ^m ,040	3 ^m ,553	3 ^m ,640	2 ^m ,400	3 ^m ,700	4 ^m ,000	4 ^m ,200	1 ^m ,95	4 ^m ,125	
Coefficient de détente	10,66	7,3	10,43	6,816	8,673	20,35	5,769	7,686	7,472	7,4	9,1	
Volume final par cheval et par seconde	4 ^{lit} ,262	3 ^{lit} ,18	3 ^{lit} ,602	3 ^{lit} ,493	3 ^{lit} ,162	5 ^{lit} ,584	2 ^{lit} ,008	2 ^{lit} ,688	2 ^{lit} ,808	2 ^{lit} ,83	3 ^{lit} ,09	
Nombre et système des pompes à air	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	2 verticales à simple effet, mues par balanciers	2 verticales à simple effet, mues par balanciers	2 verticales à simple effet, mues par machines spéciales	»	2 pour l'appareil complet verticales à simple effet, mues par 2 machi- nes spéciales	1 verticales à simple effet, mues par 2 machines spéciales	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticales, à simple effet, mues par 2 mo- teurs compound auxiliaires	
Nombre et système des pompes de circulation . .	1 verticale à double effet, mue par balancier	1 pompe centrifuge mue par moteur spécial	1 pompe centrifuge	2 pompes centrifuges	2 pomp. centrifuges	1 pompe centrifuge par machine	»	1 pompe centrifuge par machine	1 pompe centrifuge par machine	1 pompe centrifuge mue par moteur spécial	2 pompes centrifuges mues par les moteurs des pompes à air	
Surface de condensation totale	129 ^{m2} ,4	200 ^{m2} ,64	352 ^{m2} ,17	936 ^{m2}	1,105 ^{m2} ,00	864 ^{m2}	»	337 ^{m2} ,50 p. mach.	750 ^{m2} p. machine	38 ^{m2} ,64	933 ^{m2} ,32	
d° par cheval	0 ^{m2} ,170	0 ^{m2} ,138	0 ^{m2} ,1677	0 ^{m2} ,173	0 ^{m2} ,1674	0 ^{m2} ,617	0 ^{m2} ,144	0 ^{m2} ,125	0 ^{m2} ,125	0 ^{m2} ,154	0 ^{m2} ,137	
Puissance réalisée à l'essai de vitesse	801 chevaux	»	2145 chevaux	»	»	»	»	»	»	»	»	
d° de consommation	644 chev. 3 $\frac{2}{3}$	1068 chevaux	1555 »	»	»	»	»	»	»	»	»	
Consommation par cheval	»	»	0 ^k ,875	»	»	»	»	»	»	»	»	
et par heure	0 ^k ,742	0 ^k ,749	0,608	»	»	»	»	»	»	»	»	
Consommation par heure et	»	»	109 ^k	»	»	»	»	»	»	»	»	
par mètre carré de grille	59 ^k ,20	58 ^k ,48	55 ^k	»	»	»	»	»	»	»	»	
Poids	Machines 74330 ^k Chaudières 53820 Eau 21700	p. chev. 92 ^k ,8 67,1 27,1	150194 103 ^k ,5 97268 67, » 33872 23,3	p. chev. 104 ^k ,6 63,6 21,6	590400 ^k 109 ^k ,3 64,1 22,6	p. chev. 107 ^k ,57 48,48 3,33	» » »	p. chev. 44 ^k ,17 45,83 16,50	p. chev. 41 ^k ,6 34,8 14,1	p. chev. 548000 ^k 45 ^k ,67 31,41 13,42	p. chev. 11100 ^k 44 ^k ,4 83,6 28,8	p. chev. 375000 ^k 55 ^k ,3 39,1 11,0
Total	187 ^k ,0	193 ^k ,8	189 ^k ,8	196 ^k ,0	159 ^k ,38	»	»	106 ^k ,5	90 ^k ,5	90 ^k ,50	156 ^k ,8	105 ^k ,4

Machines en cours de construction

forme même, sont équilibrés et soustraits à la très forte pression que la vapeur exerçait sur le dos de tiroirs plats. Cette disposition réduit à peu de chose le frottement qui s'oppose à la marche du tiroir, mais les efforts dus à l'inertie de la masse en mouvement n'en sont pas moins très considérables aux allures rapides, et par leur changement de sens incessant de nature à provoquer des irrégularités sérieuses dans le cas où le mécanisme de conduite présenterait la moindre partie faible ou un jeu anormal si faible qu'il fût.

Nous allons passer en revue divers types de machines de la même classe construites par le Creusot.

« ALGER » APPAREIL A DEUX HÉLICES DE 8000 CHEVAUX-INDIQUÉS

(Planches 131-132)

L'appareil moteur se compose de deux machines principales égales et symétriques conduisant chacune une hélice. Elles sont du système vertical à pilon, bielles directes, à trois cylindres et à triple expansion.

Les dimensions principales des cylindres sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression	0 ^m ,860
» à moyenne pression	1 ,360
» à basse pression	2 ,060
Course commune des pistons	0 ,850

La distribution de la vapeur dans le cylindre à haute pression se fait au moyen d'un tiroir cylindrique; celle du cylindre à moyenne pression, au moyen d'un tiroir plan à double orifice; et celle du cylindre à basse pression, par deux tiroirs plans à double orifice également. Tous ces tiroirs sont conduits par des coulisses Stéphenson. Pour chaque cylindre l'introduction est variable en marche à volonté.

La vapeur admise dans le cylindre à haute pression passe successivement dans les cylindres à moyenne et à basse pression d'où elle est évacuée au condenseur. Les condenseurs sont du système tubulaire horizontal; la circulation de l'eau réfrigérante se fait dans chacun d'eux à l'intérieur des tubes, au moyen de deux pompes centrifuges actionnées par des moteurs spéciaux.

Le même moteur actionne également deux pompes à air verticales destinées à faire le vide dans le condenseur.

Les pompes alimentaires du système Belleville et les pompes de cale ont également des moteurs indépendants.

L'appareil évaporatoire comprend 24 générateurs du système Belleville répartis dans 8 chambres de chauffe avec 2 cheminées.

Les éléments principaux sont les suivants :

Surface totale de la grille	70 ^{m2}
» de chauffe.	2068 ^{m2}
Timbre.	17 k.

La pression de la vapeur aux machines est réglée par un appareil détendeur qui la maintient uniforme entre 11 et 4 kilogrammes selon les conditions de puissance à réaliser.

Le tirage forcé est obtenu par un système de jets de vapeur dans les cheminées permettant de consommer jusqu'à 170 kilogrammes de charbon par mètre carré de grille et par heure.

La recette de l'appareil comporte 5 essais dont le principal est :

Un essai à tirage naturel d'une durée de 12 heures avec 24 chaudières et l'obligation de réaliser une puissance de 8000 chevaux ; la consommation ne devra dépasser 1 kilogramme de charbon par cheval et par heure ; elle sera mesurée pendant 6 heures seulement.

« WATTIGNIES » APPAREIL A DEUX HÉLICES
DE 4000 CHEVAUX-INDIQUÉS, CONSTRUIT PAR LE CREUSOT
(Planche 133)

L'appareil moteur se compose de deux machines principales semblables, conduisant chacune une hélice. Elles sont du système horizontal, à bielles directes, à trois cylindres et à triple expansion.

Les dimensions principales des cylindres sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression	0 ^m ,600
» à basse pression	1 ,440
» à moyenne pression	0 ,900
Course commune des pistons	0 ,900

La distribution de la vapeur se fait dans chacun des cylindres à haute et à moyenne pression par un tiroir cylindrique et dans le cylindre à basse pression par deux tiroirs également cylindriques. Tous ces tiroirs placés à la partie supérieure des cylindres sont manœuvrés par le dispositif spécial de M. Marshal.

La vapeur admise dans le cylindre à haute pression passe successivement dans les cylindres à moyenne et à basse pression d'où elle est évacuée aux condenseurs. Les condenseurs sont du système tubulaire horizontal ; la circulation de l'eau réfrigérante se fait dans chacun d'eux à l'intérieur des tubes au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur spécial.

Chaque condenseur est pourvu de deux pompes à air horizontales à double effet, mues par un moteur indépendant.

La pompe alimentaire et les pompes de cale ont également des moteurs spéciaux.

L'appareil évaporatoire comprend quatre corps de chaudières cylindriques à deux foyers du type à flammes directes (dit de l'amirauté) avec tubes dans le prolongement des foyers et chambre de combustion intermédiaire.

Les éléments principaux sont les suivants :

Surface totale de la grille	18 ^{m2}
» de chauffe	836,36
Timbre	11 ^k ,25

Le tirage forcé est obtenu par des ventilateurs placés dans les chambres de chauffe et soufflant en vase clos.

« FORMIDABLE » APPAREIL A DEUX HÉLICES
DE 8500 CHEVAUX-INDIQUÉS, CONSTRUIT PAR LE CREUSOT
 (Planches 134 à 137)

L'appareil moteur se compose de deux machines principales égales et symétriques conduisant chacune une hélice. Elles sont du système vertical, à pilon compound, à bielles directes, à trois cylindres, dont un cylindre d'admission et deux cylindres de détente, ayant les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre d'admission	1 ^m ,570
Diamètre de chaque cylindre de détente.	2 ^m ,020
Course commune des pistons.	1 ^m ,000

La distribution de la vapeur dans les cylindres d'admission et de détente de chaque machine principale est faite par des tiroirs cylindriques manœuvrés par des coulisses Stéphenon. La boîte à vapeur du cylindre d'admission est en outre munie d'un tiroir de détente spécial pour les faibles introductions. Dans une certaine limite, l'introduction dans tous les cylindres est en outre variable au moyen d'un dispositif spécial permettant de changer le point de suspension de chaque coulisse indépendamment des autres.

La vapeur, introduite d'abord dans les cylindres d'admission de chaque machine principale, passe alternativement dans chacun des cylindres de détente de la même machine d'où elle est évacuée aux condenseurs correspondants. Les condenseurs sont du système tubulaire vertical avec la vapeur passant à l'intérieur des tubes ; la circulation de l'eau réfrigérante se fait pour chacun d'eux au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur spécial.

Les deux condenseurs d'une même machine sont pourvus d'une seule pompe

à air verticale, manœuvrée au moyen de balanciers par le piston du cylindre d'admission.

Les pompes alimentaires sont actionnées par le même mouvement ; les pompes de cale sont attelées sur les machines principales.

L'appareil évaporatoire se compose de 12 corps de chaudières de section méplate, à retour de flammes et à trois foyers chacun, timbrés à 4^k,25 par centimètre carré. Les éléments principaux sont les suivants :

Surface de grille totale	78 ^m 2
Surface de chauffe totale	1628

Pour le fonctionnement du tirage forcé, l'installation comprend 4 ventilateurs soufflant en vase clos dans les chambres de chauffe, et des jets de vapeur dans les cheminées.

« LAPÉROUSE, NIELLY, MONGE » APPAREIL A DEUX HÉLICES
DE 2 700 CHEVAUX-INDIQUÉS, CONSTRUIT PAR LE CREUSOT

(Planches 138-139)

L'appareil moteur se compose d'une machine principale conduisant l'hélice. Elle est du système horizontal compound à bielles renversées, à trois cylindres, dont un cylindre d'admission et deux cylindres de détente, ayant les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre d'admission	1 ^m ,380
Diamètre de chaque cylindre de détente	1 ^m ,700
Course commune des pistons	0 ^m ,850

La distribution de la vapeur dans le cylindre d'admission est faite par deux tiroirs plans à simple orifice, placés latéralement de chaque côté du cylindre ; ces tiroirs sont manœuvrés simultanément par des coulisses Stéphenon. Chaque boîte à vapeur du cylindre d'admission est en outre munie d'un tiroir spécial de détente permettant de faire varier l'introduction en marche et à volonté.

Dans chaque cylindre de détente, la distribution de la vapeur est faite par un tiroir plan à double orifice placé latéralement et conduit par une coulisse Stéphenon.

La vapeur admise dans le cylindre d'admission passe alternativement dans chacun des deux cylindres de détente d'où elle est évacuée au condenseur correspondant. Les condenseurs sont du système tubulaire horizontal, la circulation de l'eau réfrigérante se fait à l'intérieur des tubes au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur spécial.

TABLEAU IV
Torpilleurs

	Torpilleur de 27 ^m	Torpilleurs ottomans	Torpilleur Ghelendjik (Russie)	Torpilleur de 35 ^m	Torpilleurs-Avisos Bombe Couleuvrine etc.	Torpilleurs Naluca, Smeul, Shorul (Roumanie)	Torpilleur de haute mer Audacieux Agile	Canots Vedettes
Système de la machine.....	1 machine compound à 3 cylindres à pilon	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	1 machine compound à 2 cylindres à pilon	2 machines compound à 3 cylindres à pilon	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres à pilon	1 machine à triple expansion, à 3 cylindres à pilon	1 machine compound à 3 cylindres à pilon
Puissance totale prévue en chevaux in- diqués.....	320 chevaux	450 chevaux	550 chevaux	525 chevaux	1800 chevaux	540 chevaux	1100 chevaux	80 chevaux
Pression de régime.....	8 ^k ,43	8 ^k ,5	8 ^k ,75	9 ^k ,33	8 ^k ,50	11 ^k ,00	12 ^k	8 ^k ,33
Système des chaudières	Système locomotive 1 corps	Système locomotive 1 corps	Système locomotive 1 corps	Système locomotive 1 corps	Système locomotive 4 corps	Système locomotive 1 corps	Système locomotive 2 corps	Système locomotive 1 corps
Surface de grille.....	1m ² ,956	1m ² ,68	1m ² ,91	2m ² ,30	7m ² ,20	1m ² ,90	3m ² ,816	0m ² ,47
Surface de chauffe.....	58m ² ,30	82m ² ,57	99m ² ,85	94m ² ,23	337m ² ,16	88m ² ,209	157m ² ,54	12m ² ,75
Diamètre des cylindres { petit.....	0m,350 1 cylindre	0,360	0m,390	0m,370	0m,480	0m,310	0m,440	0m,170
{ moyen.....	»	»	»	»	»	0m,450	0m,640	»
{ grand.....	0m,420 2 cylindres	0,640	0m,640	0m,640	0m,560 2 cylindres	0,680	1m,000	0m,270
Rapport de la surface du petit piston au moyen..	»	»	»	»	»	2,107	2,116	»
d° au grand..	2,88	3,16	2,693	2,991	2,72	4,81	5,165	2,522
Course des pistons.....	0m,350	0m,360	0m,360	0m,360	0m,400	0m,380	0m,420	0m,200
Nombre de tours maximum prévu	320	310	310	330	320	320	300	470
Vitesse des pistons.....	3m,733	3m,72	3m,72	3m,960	4m,266	4m,053	4m,200	3m,133
Coefficient de détente.....	4,3	4,78	4	4,5	4,00	7,4	7,915	3,750
Volume final par cheval et par seconde	3lit,232	2lit,66	2lit,175	2lit,426	2lit,33	2lit,725	3lit, »	2lit,243
Nombre et système des pompes à air ..	1 inclinée à simple effet, mue directement par le patin de la tige de piston	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	2 verticales à simple effet, mues par un moteur spécial	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale à simple effet, mue par balancier	1 verticale, à simple effet, mue par balancier
Nombre et système des pompes de cir- culation	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge	1 centrifuge, mue par moteur spécial	1 centrifuge, mue par moteur spécial	1 pompe centrifuge	1 pompe centrifuge
Surface de condensation totale.....	60m ² ,20	71m ² ,87	75m ² ,07	68m ² ,0324	316m ² ,33	68m ² ,03	121m ² ,05	9m ² ,676
d° par cheval ...	0m ² ,188	0m ² ,1597	0m ² ,136	0m ² ,129	0m ² ,175	0m ² ,125	0m ² ,1004	0m ² ,1209
Puissance réalisée à l'essai de vitesse... d° d° de consommation	428 chevaux	451 chev. 7 227 chev. 6	583 chev. 4 103 chev. 7	528 chevaux	2000 chevaux	» 265 chevaux	»	«
Consommation par cheval { Vitesse....	»	»	1 ^k ,292	1 ^k ,250	»	»	»	»
et par heure { Consommat.	»	»	1 ^k ,09	»	»	0 ^k ,710	»	»
Consommat. par heure et { Vitesse....	»	»	394 ^k ,7	286 ^k ,955	350 ^k	256 ^k ,5	»	»
par mètre carré de grille { Consommat.	«	»	59 ^k ,2	»	»	98 ^k ,68	»	»
Poids { Machines.....	7260 ^k	7460 ^k	8370 ^k	8690 ^k	26659 ^k	8824 ^k	16640 ^k	1480 ^k
{ Chaudières.....	16 ^k ,96	16 ^k ,5	14 ^k ,3	16 ^k ,46	14 ^k ,8	16 ^k ,3	15 ^k ,13	18 ^k ,5
{ Eau.....	6600	7210	9510	7380	29538	9216	15050	1045
{	15,42	15,9	16,3	13,98	16,4	17,0	13 ^k ,68	13,1
{	1630	3000	3900	3320	11760	2930	6400	400
{	3,80	6,6	6,68	6,30	6,5	5,4	5,82	5,0
{ Total.....	36 ^k ,18	39 ^k ,0	37 ^k ,28	36 ^k ,74	37 ^k ,7	38 ^k ,7	34 ^k ,63	36 ^k ,6

Chaque condenseur est pourvu d'une pompe à air horizontale manœuvrée directement par le piston du cylindre de détente correspondant.

Les pompes alimentaires et la pompe de cale sont également conduites par la machine principale.

L'appareil évaporatoire comprend huit corps de chaudières cylindriques à retour de flammes et à deux foyers chacun, timbrés à 4^k,133 par centimètre carré. Les éléments principaux sont les suivants :

Surface totale de la grille.	26 ^m 2,40
Surface totale de chauffe	618 ,54

Il est muni d'un système de tirage forcé (système Creusot) par jet de vapeur dans la cheminée permettant de pousser la combustion sur les grilles jusqu'à 150 kilogrammes par mètre carré.

La recette de l'appareil comportait pour chaque navire trois essais : le premier à tirage naturel, d'une durée de 8 heures, devait produire une puissance moyenne d'au moins 2160 chevaux de 75 kilogrammètres ; le deuxième, d'une durée de 6 heures, à tirage naturel avec la même puissance et une consommation ne dépassant pas 1 kilogramme par cheval et par heure ; le troisième d'une durée de 2 heures devait produire 2700 chevaux au moins avec le tirage forcé par jet de vapeur.

Les résultats obtenus ont été les suivants devant la commission des recettes de la marine.

	LAPÉROUSE	NIELLY	MONGE
Essai de tirage naturel — 8 heures — Puissance	2268 chev.	2173 chev.	2263 chev.
Essai de tirage naturel — 6 heures — Consommation	0 ^k ,979	0 ^k ,943	0 ^k ,918
Essai de tirage forcé — 2 heures — Puissance	3093 chev.	2922 chev.	2922 chev.

Nous joignons à cette note les dessins de machines à triple expansion des *Garde-côtes* japonais à deux hélices de 6000 chevaux (pl. 140), des torpilleurs de haute mer *Audacieux* et *Agile* (1100 chevaux) (pl. 141-142) et des torpilleurs *Roumains* de 500 chevaux (pl. 143-144) dont les dimensions sont figurées dans les tableaux des navires construits par les Forges et Chantiers de la Méditerranée qui tiennent si haut le drapeau de notre industrie nationale et auxquels l'étranger doit un si grand nombre de navires de toutes catégories ;

nous citerons en particulier le cuirassé espagnol *Pelayo* construit et armé de l'artillerie Canet en trois années!

Grâce aux renseignements qu'ont bien voulu nous fournir les Forges et Chantiers de la Méditerranée, le Creusot, la Compagnie Transatlantique etc., cette note contient la description des machines types construites depuis 1878 et peut à ce titre, servir de guide dans l'étude si complexe de la construction des machines marines.

En terminant ce travail d'ensemble, nous adressons donc nos remerciements personnels à tous ceux qui, dans un but de confraternité scientifique, ont bien voulu nous aider dans la tâche dont nous avait chargé le comité du Congrès de mécanique, et nous devons aussi les remercier pour ceux auxquels ce travail pourra être utile.

POLONCEAU.

INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION
DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS.

CHAUDIÈRE A CIRCULATION D'EAU

Système A. Lagrafel & J. d'Allest

La transformation capitale qui commence à s'effectuer dans les machines marines et qui consiste à employer la vapeur à des pressions de 12 à 15 kilogrammes se détendant successivement dans trois ou quatre cylindres, nécessite le remplacement des chaudières cylindriques, à foyer intérieur, actuellement en usage.

Ces dernières, en effet, vu leurs grandes dimensions et les efforts énormes qu'elles ont à supporter, ne peuvent être armées de façon à résister à des pressions aussi élevées ; elles sont, en outre, extrêmement lourdes, ce qui est un inconvénient très grave lorsqu'on recherche la vitesse et que, pour l'atteindre, il faut, à tout prix, obtenir des appareils moteurs extrêmement légers.

Ces considérations ont conduit les inventeurs à la création des chaudières dites *multitubulaires*, composées d'un faisceau de tubes contenant l'eau à vaporiser et munies d'une grille placée au-dessous.

Mais, on sait que, dans ce genre de chaudières, l'utilisation du combustible est très mauvaise ; les gaz produits sur la grille, s'élèvent verticalement et se mélangent mal avec l'air ; si on soumet à l'analyse des prises d'échantillons effectuées dans cette partie, on trouve des veines d'air pur cheminant à côté de veines gazeuses composées de gaz combustibles non brûlés ; l'emploi des appareils de brassage, à jet de vapeur ou d'air comprimé, a amélioré un peu ces conditions sans cependant permettre d'arriver à la combustion complète.

Ces chaudières ont, de plus, l'inconvénient d'offrir de très grandes surfaces froides aux gaz carbonés dès qu'ils se dégagent de la grille, ce qui entraîne les phénomènes de dissociation constatés par les expériences de M. Scheurer-Kestner, et occasionne une très grande perte de chaleur, le refroidissement brusque empêchant les éléments dissociés de se recombiner.

Enfin, dans ces chaudières, les produits gazeux circulant verticalement se dépouillent mal de la chaleur qu'ils contiennent et en emportent une grande quantité dans la cheminée.

Par contre, on sait, qu'an point de vue de la combustion, la chaudière marine ordinaire, à boîte à feu et à retour de flamme, est parfaite ; le foyer ne présente pas de grandes surfaces refroidissantes, la présence de l'autel et de la boîte à feu

assurent le mélange des gaz en forçant la flamme à se replier sur elle-même, et le faisceau tubulaire en retour absorbe la chaleur totale contenue dans les produits de la combustion, après que celle-ci a été totalement effectuée ; on ne peut reprocher à ces chaudières qu'une mauvaise circulation de l'eau qui y est contenue, les poids exagérés qu'elles atteignent et l'impossibilité dans laquelle on se trouve de les approprier à l'emploi des hautes pressions.

Ces diverses considérations nous ont conduits à étudier et à construire le type de chaudières représenté figures 1 et 2 de la planche 145-146.

I. — DESCRIPTION DES CHAUDIÈRES

Chaque corps de notre chaudière se compose d'un faisceau tubulaire, à courant d'eau intérieur, mettant en communication deux boîtes planes prismatiques, A et B, parfaitement entretoisées, formant les faces avant et arrière de la chaudière.

Ces boîtes sont, en outre, mises en communication par un cylindre C, horizontal ou incliné, de petit diamètre, placé à leur partie supérieure, et dans lequel se trouvent le plan du niveau d'eau et le réservoir de vapeur.

Les tubes, disposés par rangées verticales rectilignes, sont inclinés sur l'horizon d'une quantité suffisante pour que l'eau et la vapeur produite circulent librement à l'intérieur.

Cette circulation, qui est très active, se propage également dans les boîtes prismatiques A et B ainsi que dans le cylindre C, formant réservoir de vapeur.

Les tubes sont assemblés sur les plaques sans être matés ni rivés, au moyen d'un mandrin à roulettes.

Les faces avant et arrière de la chaudière faisant partie des boîtes prismatiques A et B, portent, en face de chaque tube, une ouverture circulaire, fermée par un bouchon autoclave de même forme, tenu au moyen d'une traverse et d'une tige à écrou. Le joint se fait tout simplement à l'aide d'un anneau en cuivre rouge recuit de 2 millimètres, de diamètre, ou d'une rondelle d'amiante, ou d'un boudin de caoutchouc.

Ces ouvertures sont assez grandes pour permettre de mettre en place, de démonter et de nettoyer les tubes.

Cet ensemble forme un tout rigide, se fixant bien sur un navire et ne pouvant pas se disloquer par les roulis.

La grille D est placée au-dessous de la première rangée de tubes ; celle-ci, recouverte de grilles ayant la forme indiquée sur le dessin, forme ciel de foyer ; les gaz de la combustion produits sur la grille, passent par-dessus un autel F pour arriver dans une chambre de combustion G ménagée entre les tubes ; ils se renversent ensuite sur eux-mêmes et font retour à travers le faisceau tubulaire,

dont la dernière rangée est également recouverte de briques, pour aboutir enfin à une boîte à fumée I, et, de là, à la cheminée K, après avoir chauffé la partie inférieure du réservoir C.

L'intervalle entre deux tubes, multiplié par la longueur des tubes et par le nombre de rangées horizontales, représenté, ici, ce qui constitue, dans les chaudières marines ordinaires, la section tubulaire.

Mais il faut remarquer que les gaz, qui se trouvent à une certaine température T dans la boîte à feu, sont refroidis graduellement à mesure qu'ils traversent le faisceau tubulaire, pour arriver finalement à une certaine température t dans la boîte à fumée.

Pendant ce refroidissement les volumes diminuent dans le rapport

$$\frac{T + 273}{t + 273}$$

de leur température absolue à l'entrée et à la sortie du faisceau tubulaire.

Dans la chaudière marine ordinaire, où les gaz circulent dans les tubes, cette diminution de volume n'a d'autre conséquence que d'entraîner une diminution de vitesse depuis l'entrée jusqu'à la sortie du tube, car une fois qu'un volume de gaz a pénétré dans le tube, il est bien obligé d'en sortir par l'autre extrémité.

Mais, dans notre chaudière actuelle, cette diminution de volume aurait pour conséquence, si la section de sortie était égale à la section d'entrée, de faire suivre au gaz une marche oblique ab et le volume abZ du faisceau tubulaire ne serait pas chauffé ou le serait très imparfaitement.

Pour éviter cela, la partie supérieure de la face de sortie est masquée par un écran XY , laissant en dessous de lui la section YZ nécessaire à l'écoulement du volume de gaz refroidi à la température de sortie; il résulte de cette disposition que les gaz chauds se répandent d'abord à la partie supérieure du faisceau tubulaire et descendent par ordre de densité au fur et à mesure de leur refroidissement, pour s'échapper par l'ouverture YZ , ce qui a pour résultat de les dépouiller complètement de leur chaleur; les mesures des températures, effectuées dans les expériences résumées plus loin, montrent que les choses se passent bien ainsi.

En accouplant deux chaudières, comme le représente le dessin, la boîte à feu est commune, et on réalise ainsi le type appelé *double ended*, des chaudières cylindriques actuelles.

Cette disposition est très bonne au point de vue de la combustion; le brassage des gaz ne laisse rien à désirer et elle a, de plus, l'avantage de permettre de régulariser les variations de la quantité d'air qui arrive à travers les grilles; en effet, si on a la précaution de croiser les charges, c'est-à-dire de charger alternativement le foyer de gauche et celui de droite, voici comment les choses se passent: au moment où on charge le foyer de gauche, par exemple, la couche de charbon sur la grille se trouve à son *maximum* d'épaisseur; l'air qui la tra-

verse pour pénétrer dans le foyer, arrive alors en moins grande abondance et c'est précisément le moment où les carbures très volatils, qui se dégagent rapidement du charbon frais, ont besoin d'un excès d'air pour être brûlés; mais comme le foyer de droite, qui n'a été chargé que bien avant le foyer de gauche, et qui ne recevra sa nouvelle charge que dans quelques instants, se trouve, au contraire, avoir la couche *minima* de charbon sur la grille, celle-ci laisse passer un excès d'air qui, arrivant dans la boîte à feu commune, rencontre les carbures volatils provenant du foyer de gauche et les brûle.

Cette chaudière réalise donc les conditions de combustion de la chaudière marine actuelle, et c'est le meilleur éloge qu'on puisse en faire; mais elle est bien supérieure à cette dernière au point de vue de la circulation de l'eau et se prête, sous un poids moindre et avec la plus grande facilité, à l'emploi des hautes pressions.

I. — ESSAIS DE VAPORISATION

Nous avons effectué, sur deux chaudières de ce type, un très grand nombre d'essais, sous le contrôle de M. Taton, Ingénieur de la marine à Marseille, chargé de la surveillance des travaux confiés à l'industrie, qui a adressé, sur ces appareils, au Ministère de la Marine, un rapport très étudié et des plus élogieux.

Ces essais ont été effectués d'abord à tirage naturel et ensuite à tirage forcé; enfin une troisième série d'essais, dits comparatifs, ont été effectués sur ces mêmes chaudières, mais en les séparant complètement l'une de l'autre et en supprimant la boîte à feu et le retour de flamme, de façon à étudier l'influence de ces organes sur le rendement.

Voici le résultat des principaux de ces essais :

		CONSOMMATION de charbon par heure et par mètre carré de grille	EAU vaporisée par kilogr. de charbon	DURÉE des essais
Disposition à retour de flamme, autel et boîte à feu	Tirage naturel	74 kilog.	9lit,58	6 heures
		75	9 ,23	»
		76	9 ,04	»
		100	9 ,45	»
Suppression du retour de flamme et de la boîte à feu	Tirage forcé...	150	8 ,82	7 heures
		200	8 ,89	»
		250	8 ,43	»
	Tirage naturel.	76	7 ,30	»
		75	6 ,72	»
		10	7 ,60	»

Pendant tous ces essais, le charbon a été introduit dans le foyer à intervalles réguliers et par charges pesées à l'avance ; des analyses de gaz effectuées d'heure en heure ont permis de régler à chaque instant le tirage de façon à éviter les excès d'air ou les combustions incomplètes.

II. — POIDS DES CHAUDIÈRES

Malgré la pression élevée à laquelle ces chaudières fonctionnent, 15 kilogrammes pour les chaudières exposées en 1889, elles sont extrêmement légères.

Voici, à titre d'exemple, les poids d'un appareil de ce type que nous avons actuellement en construction pour un aviso-torpilleur :

Timbre	10 kilog.
Nombre de corps.	4 »
Surface de chauffe totale.	380 m ² .
Surface de grille totale	9m ² ,40.
Rapport de la surface de chauffe à la surface de grille	1/40
Poids total de l'appareil y compris l'eau, les boîtes à fumée, barreaux de grille, supports, accessoires de sûreté ou autres, outils de chauffe, objets de rechange réglementaires pour la marine	44 000 k.
Poids par mètre carré de surface de chauffe . .	115 k.
Id. id. de grille. . .	4 680 k.
Vaporisation <i>minima</i> par heure avec une combustion de 250 kilog. par mètre carré de grille .	18 800 k.
Poids de chaudière par kilogramme de vapeur. .	2 k. 34

NOTE

SUR

L'emploi de l'eau de mer comme supplément

DANS LES

Chaudières marines alimentant des machines à triple expansion

PAR

D. STAPFER

Lorsqu'on a adopté, il y a vingt ans, les machines compound dans la navigation, et qu'on a dû élever la pression des chaudières à 4, 5 ou 6 atmosphères, on a eu beaucoup de peine à résoudre la question de l'alimentation des chaudières marines.

Les premières chaudières ont été promptement corrodées par les acides gras fournis par le condenseur à surface, et provenant des huiles végétales ou animales employées au graissage de la vapeur.

Le carbonate de soude, employé à la neutralisation de ces acides gras, formait, dans les chaudières, une mousse savonneuse qui remplissait le coffre à vapeur.

Le remplacement de ces huiles par les huiles minérales a prolongé notablement la durée des générateurs.

Cependant, pour éviter les dépôts salins sur les foyers et les tubes, on a cherché à réduire au minimum les pertes d'eau et de vapeur, de façon à n'introduire dans l'alimentation qu'un supplément d'eau de mer aussi faible que possible. Quelques compagnies ont même tenu à faire le plein au départ avec de l'eau douce pour que la saturation ne soit réalisée qu'après une très longue traversée.

D'autres compagnies ont installé des distillateurs dont le serpentin était chauffé par de la vapeur.

C'est dans le but de déterminer les dimensions de ces distillateurs que la Compagnie des transports maritimes a fait, en 1873, des expériences très précises

pour constater la quantité d'eau que perdait une machine en marche dans un bon état d'entretien, et sans rejeter de l'eau à la mer par la décharge de la pompe à air.

Elle a déterminé le chiffre de 1/4 de litre par cheval et par heure.

C'est donc 6 000 litres par jour qu'une machine compound de 1 000 chevaux doit se procurer, soit en prenant directement de l'eau à la mer, soit en la distillant.

L'eau de mer contient par litre 0,150 grammes de sulfate de chaux, et n'est saturée à chaud qu'avec 2,000 grammes par litre.

En sorte qu'on peut la concentrer dix à douze fois avant d'avoir un dépôt appréciable de sulfate de chaux.

Et les chaudières ordinaires de 1 000 chevaux, contenant 40 mètres cubes d'eau, ne peuvent pas atteindre la saturation en sulfate de chaux par une introduction journalière de 6 mètres cubes d'eau de mer, même au bout de deux mois.

Aussi ne constate-t-on la présence des incrustations séléniteuses qu'à la suite d'avaries ayant entraîné une introduction exagérée d'eau de mer dans les chaudières.

Depuis la mise en service des machines à triple expansion, on se trouve en présence d'une nouvelle incertitude.

Quelques accidents graves, survenus au début, dans les chaudières timbrées à 10 ou 12 atmosphères, ont donné à penser que ces chaudières devaient être alimentées exclusivement à l'eau douce; mais la distillation journalière de grandes quantités d'eau de mer a souvent occasionné une dépense de combustible équivalente à l'économie produite par la triple expansion.

Certaines machines, qui dépensaient 21 à 22 tonnes par jour, et qui avaient ramené cette consommation à 17 tonnes par l'emploi de la triple expansion, on dépensé en route 20 tonnes de charbon, soit 3 tonnes pour le distillateur.

Il y a donc lieu d'examiner si le distillateur est indispensable; et, dans ce cas, les moyens de le rendre moins coûteux.

Un simple calcul montre facilement que les machines à triple expansion, faisant une détente beaucoup plus prolongée que les anciennes machines compound, doivent dépenser plus d'eau, c'est-à-dire en perdre davantage par le presse-étoupe et les purges.

En effet, si on devait retrouver à la fin de la course du grand piston le même poids de vapeur saturée qu'à l'admission au petit cylindre, on n'aurait transformé en travail que la différence entre la chaleur totale de vaporisation d'un kilogramme de vapeur à 180°, et de la même quantité à 80°, soit :

$$661,4 - 630,9 = 30,5 \text{ calories}$$

représentant 13 000 kilogrammètres par kilogramme; tandis que, d'après les

lois de la thermodynamique, 1 kilogramme de vapeur détendu de 180 à 80°, développe 4 500 kilogrammètres chiffre réalisé du reste dans la pratique, puisqu'il correspond à une dépense de 6 kilogrammes de vapeur par cheval.

Cette différence de 32 000 kilogrammètres, représentant 75 calories, doit être journalière par la condensation dans le cylindre de 13 à 14 % de la vapeur dépensée.

Aussi a-t-on reconnu l'absolue nécessité d'envelopper les trois cylindres avec une chemise de vapeur pour diminuer les claquements, et que de nombreux constructeurs aient cru nécessaire de remplacer les tiroirs à coquille par des tiroirs ronds, qui sont moins étanches, mais ne risquent pas de se décoller de leur siège sous l'effet des contre-pressions.

Le résultat est, malgré tout, un écoulement d'eau presque continu par tous les presse-étoupes de la partie inférieure des cylindres et des boîtes à tiroirs, et l'obligation de purger très souvent.

Les pertes d'eau par les presse-étoupes des pompes et par les joints sont augmentées par le fait qu'on alimente à une pression deux fois plus élevée.

Il n'est donc pas étonnant que la perte totale d'eau douce, pour une machine à triple expansion de 1 000 chevaux, s'élève à 12 tonnes par 24 heures, au lieu de 6 tonnes, et exige près de 3 tonnes de charbon pour être extraite de l'eau de mer au moyen du distillateur.

D'autre part, si les dépôts sont plus à craindre avec des chaudières à très haute pression, où un coup de feu aurait des conséquences très graves, il y a une raison spéciale pour redouter les effets de l'eau de mer à haute température.

Le chlorure de magnésium est beaucoup moins stable que les autres sels contenus dans l'eau de mer.

Depuis longtemps, on avait reconnu qu'il se décomposait à la température de 120 degrés lorsqu'il se trouvait en dépôt sec sur une tôle chauffée, ce qui amenait la corrosion rapide des cheminées intérieures, si employées autrefois, et qu'on a abandonnées depuis quelques années.

Mais il paraîtrait qu'à 180 degrés, température correspondante à 10 atmosphères, le chlorure de magnésium se décompose, même sous l'eau, en produisant un dégagement d'acide chlorhydrique.

Il est donc indispensable de maintenir dans les chaudières un excès d'alcali capable de neutraliser les effets de l'acide chlorhydrique, par l'addition rationnelle de carbonate de soude, à raison de 5 ou 6 grammes par litre d'eau de mer introduit dans l'alimentation.

Soit environ 30 kilogrammes par jour pour 1 000 chevaux, puisque l'eau de mer contient environ 5 grammes de chlorure de magnésium par litre.

Je serais même d'avis de remplacer une bonne partie du carbonate par du sul-

fate de soude, qui a la propriété de transformer à chaud le chlorure de magnésium en sulfate de magnésie, très soluble et beaucoup plus stable que le chlorure.

L'expérience faite dans un autoclave à 180° a donné :

Avec de l'eau distillée, peroxyde de fer formé. . .	0 gr. 035
Avec de l'eau additionnée de 1 % de chlorure de magnésium	0 gr. 175
Avec de l'eau additionnée de 1 % de chlorure de magnésium et 2 % de sulfate de soude.	0 gr. 110

Dans ce dernier cas la liqueur contenait, après l'expérience du sulfate de magnésie.

Mais il est utile de conserver une certaine proportion de carbonate de soude pour maintenir à la surface les huiles minérales qui peuvent ainsi être enlevées par des extractions hautes, avant de former, par leur mélange avec les sels de chaux des boules graisseuses assez denses pour tomber au fond de la chaudière.

Pour ne pas introduire de sels de magnésie dans les chaudières il faudrait, au préalable, épurer l'eau de mer comme on le fait dans l'industrie pour les eaux magnésiennes, au moyen du carbonate et du silicate de soude, mais cela forcerait à employer, dans la navigation, des appareils auxquels le personnel n'est pas habitué.

Reste donc la distillation, au moins pour la pratique journalière et normale.

Si on alimente le serpentin du distillateur avec de la vapeur fraîche, pour envoyer les produits de la distillation au condenseur, la dépense est très considérable puisque cette vapeur ne produit aucun travail.

Un constructeur de Bordeaux a cherché à réduire la dépense, en prenant la vapeur chaude à sa sortie du premier cylindre, et en envoyant la vapeur produite à la boîte à tiroir du grand cylindre.

On récupère ainsi plus de la moitié du travail qu'aurait produit la vapeur en se détendant dans les trois cylindres. Mais l'ingénieur de la Compagnie Paquet a eu l'heureuse idée de n'envoyer au serpentin que la vapeur qui s'échappe du grand cylindre après avoir accompli un cycle complet, il fait naturellement évacuer au condenseur, et la purge du serpentin et les produits de la distillation. L'appareil distillatoire devient ainsi une annexe du condenseur et ne coûte rien à la machine.

Cet appareil fonctionne à la façon du 3^e groupe d'un appareil de sucrerie à triple effet, puisqu'il est chauffé avec de la vapeur à 80 degrés et évacue à la pression de 1/5 d'atmosphère du condenseur, soit à 60 degrés environ.

Les mêmes précautions doivent être prises que dans les appareils de sucrerie, pour éviter les entraînements d'eau salée et pour l'extraction des eaux saturées.

Seulement les distillateurs ordinaires de 12 tonnes, ne peuvent pas produire, avec cette disposition, plus de 6 tonnes, à cause de la faible chute de température entre l'entrée et la sortie.

CONCLUSIONS

1° Il n'y a généralement pas avantage à transformer en triple expansion (à tripler) les machines anciennes, et on devra se borner à les améliorer en élevant la pression des chaudières à 7 ou 8 kilogrammes et en augmentant la détente à chacun des cylindres.

2° Les machines neuves à triple expansion, réalisant une détente effective de 12 à 15 fois, devront avoir des chemises de vapeur aux trois cylindres, et des purgeurs automatiques à toutes les boîtes à tiroir, voir même aux fonds des cylindres.

Toutes les purges devront aboutir au condenseur ou à la bêche, pour ne rien laisser perdre.

Leurs pompes alimentaires seront aussi réduites que possible pour être plus étanches et ne pas pomper de l'air.

Le robinet de supplément devra être extrêmement petit pour empêcher tout abus d'eau de mer.

3° Les pertes normales seront remplacées par l'eau douce produite par un distillateur à basse température alimenté par la vapeur qui sort du second, ou du troisième cylindre.

4° Les pertes dues aux fuites et aux extractions seront compensées par des introductions modérées d'eau de mer, en ayant soin d'introduire dans l'alimentation environ 30 kilogrammes, par jour et par mille chevaux, de carbonate de soude cristallisé ou d'un mélange de carbonate et de sulfate de soude.

5° Enfin, pour les traversées de 2 ou 3 jours, en moyenne, le distillateur peut être supprimé, à la condition de vider les chaudières à chaque voyage et d'injecter par jour 30 kilogrammes de carbonate de soude pour 1 000 chevaux ou 45 kilogrammes de sulfate de soude.

LES MATIÈRES EXPLOSIVES

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

P.-F. CHALON

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

INTRODUCTION

Les matières explosives figurent, à l'Exposition, dans un assez grand nombre de classes, sous les formes variées de *poudres, dynamites et autres explosifs proprement dits* — *matières premières et produits chimiques servant à leur fabrication* — *et industries diverses basées sur l'emploi des celluloses et hydrocarbures nitrés.*

C'est qu'en effet certaines matières explosives ont reçu, en dehors de leur utilisation dans les mines, des applications d'un caractère tout différent, et ont même donné naissance à des produits nouveaux dont bien des gens ignorent souvent l'origine.

Beaucoup de personnes ne laisseront pas d'apprendre avec quelque surprise que la nitroglycérine, par exemple, est employée en médecine sous le nom de *glonoïne* pour les maladies de cœur, les troubles nerveux, l'asthme, etc., que certains hydrocarbures nitrés (nitrobenzols, nitrophénols, etc.) ont des propriétés colorantes très recherchées en teinture, et que les nitrocelluloses, qui entrent dans la composition des poudres sans fumée, servent également à fabriquer la soie artificielle, des vernis très fins, les collodions photographiques, le cellulose, etc.

L'étude complète de toutes ces applications exigerait un cadre plus vaste que celui de la Revue ; aussi nous bornerons-nous à exposer brièvement celles qui

sont le moins connues et celles qui nous sont révélées pour la première fois à l'Exposition.

C'est ainsi que, sans chercher à établir un lien entre ces diverses innovations, nous examinerons successivement :

- 1° Les dynamites et autres explosifs.
- 2° Les hydrocarbures nitrés.
- 3° Les nitrocelluloses et les industries qui en dérivent.

PREMIÈRE PARTIE

I. — Les Poudres et Explosifs

Jusqu'au commencement du siècle, la fabrication de la poudre est restée stationnaire et les soldats de l'Empire tiraient encore la vieille poudre de leurs aïeux de Fontenoy et de Rocroy.

C'est vers 1820 que des perfectionnements sérieux apportés aux appareils de fabrication modifièrent avantageusement l'antique pulvérin de salpêtre, soufre et charbon.

En 1860, l'artillerie faisait usage de la poudre en grains de 25 millimètres. A cette époque, et dans le but d'obtenir des *poudres progressives à combustion régulière*, et de diminuer la pression dans les armes, on eût l'idée d'augmenter la grosseur des grains de poudre auxquels on donna jusqu'à 30 millimètres de diamètre, puis de mouler le mélange ternaire en prismes et cylindres perforés.

D'autres perfectionnements qui amenèrent une transformation des canons et fusils furent faits plus particulièrement en vue d'obtenir une plus grande vitesse initiale.

La cartouche de 1866 donnait à la balle du poids de 25 grammes une vitesse de 405 mètres. Celle de 1874 correspondait à 435 mètres ; la charge étant de 5,50 grammes dans le premier cas, et de 5,25 dans le second.

En 1879 on parvint à obtenir une vitesse de 445 mètres.

Cet accroissement de vitesse correspond à certaines exigences, et en particulier à une diminution du poids de la balle et une réduction du calibre de l'arme;

or ces deux conditions étaient difficiles à réaliser avec la poudre noire qui brûle mal et donne une médiocre utilisation.

On eût alors l'idée d'essayer les poudres picratées qui avaient été étudiées par le capitaine d'artillerie (aujourd'hui général) Brugère ; et le gouvernement français mit à l'essai la poudre NP, ou poudre noire picratée, puis la poudre PP aux picrates de potasse et d'ammoniaque. Les résultats balistiques furent satisfaisants ; cependant la fabrication fut promptement abandonnée, ces poudres présentant le double inconvénient d'être trop brisantes et de s'altérer rapidement.

Il fallait trouver mieux. En 1885, M. Vieille, ingénieur des poudres et salpêtres, après de longues et patientes recherches sur les poudres pyroxyliées inventées en 1867 par le colonel Schultze de l'artillerie prussienne, parvint à établir la formule qui a été définitivement adoptée pour l'armée française : c'est la poudre BF qui, à la charge de 2,70 grammes, imprime à une balle du poids de 16 grammes, dans un fusil de 8 millimètres de calibre, une vitesse de 620 mètres.

Nous verrons plus loin que les inventions de MM. Schultze et Vieille ont été le point de départ d'un grand nombre de poudres dites *sans fumée*. A la vérité, le problème de la suppression de la fumée, suppression considérée aujourd'hui comme la qualité maîtresse de ces poudres, n'a été résolu que fortuitement et sans que l'on y pensât. On cherchait une poudre capable de donner une grande vitesse initiale, et il s'est trouvé que celle-ci avait l'avantage ou le désavantage de ne donner qu'une très faible fumée.

Les profondes modifications qui ont été apportées aux poudres de guerre se sont également étendues aux grands explosifs. Les dynamites, toujours si dangereuses à fabriquer et à manier, tendent aujourd'hui à céder la place à de nouveaux explosifs formés de matières inoffensives séparément, mais dont la réunion constitue des mélanges qui font explosion sous l'action d'un détonateur convenable. Tels sont la *mélinite*, la *bellite*, la *roburite*, les *poudres Favier*, etc., etc., et en général tous les composés dans lesquels entrent un hydrocarbure nitré. Ces explosifs sont connus depuis plusieurs années déjà, et l'Exposition ne nous révèle rien de nouveau à leur sujet, sinon que de grands efforts sont faits pour les approprier aux besoins des mines grisouteuses, comme nous le verrons plus loin.

D'autre part, et si la nitroglycérine tend de plus en plus à être écartée de la fabrication des explosifs, les celluloses nitrées jouissent au contraire d'une faveur croissante. Toutes les marines de guerre ont conservé jusqu'à présent l'usage du fulmicoton ; c'est pourquoi il nous a paru utile d'indiquer, quoique brièvement, la préparation de cet intéressant explosif dont on trouve de nombreux spécimens dans le Pavillon du service des poudres et salpêtres.

II. — Les Explosifs pour mines grisouteuses (1)

En général tout explosif susceptible de projeter des particules incandescentes doit être proscrit des mines à grisou.

Ce principe est basé sur le fait bien connu qu'il suffit de mettre un point d'un mélange grisouteux en contact avec une flamme, une forte étincelle, ou un charbon incandescent pour provoquer l'explosion ou la combustion du mélange. Le plus souvent c'est un semblable contact qui met le feu au grisou plutôt que l'échauffement proprement dit des gaz développés ; et ce qui le prouve, c'est que le *formène*, qui constitue la partie principale des mélanges grisouteux, est l'un des gaz combustibles le plus difficile à enflammer. Il faut même, comme l'a reconnu M. Le Châtelier, qu'il soit maintenu pendant un certain temps à sa température normale d'inflammation (650° C.) pour que celle-ci se produise.

Pour résoudre le problème il faut donc chercher un explosif qui, en détonant, ne donne que des produits gazeux à une température relativement basse. Mais, quoique l'on fasse, cette température est toujours assez élevée pour porter au rouge les matières légères et facilement inflammables. C'est pour ce motif qu'il est nécessaire de ne jamais effectuer un bourrage de mine avec des poussières de charbon. L'argile légèrement humide constitue un excellent bourrage ; elle agit comme les *cartouches à eau* et les *bourres de sûreté*, quoique d'une façon moins complète, en refroidissant les particules ou les gaz trop chauds lancés par le fourneau de mine.

Il serait bon également de supprimer, toutes les fois qu'il est possible de le faire, les enveloppes en papier des cartouches, car leur inflammation même partielle suffirait pour mettre le feu au grisou.

Ces observations peuvent se résumer ainsi : *Il faut éviter, dans les mines grisouteuses, que ni l'explosif ni le bourrage ne contiennent des matières susceptibles de s'échauffer jusqu'à l'incandescence.*

Quels sont les explosifs répondant à cette condition ?

La poudre noire ne supporte pas l'examen, elle doit être écartée *à priori*. On peut en dire autant des dynamites à la silice, au charbon, à la sciure de bois, à la farine, au sucre, au tripoli, au mica, etc., et autres du même genre qui toutes renferment des matières non volatilisables et pouvant être projetées hors du trou de mine à l'état de particules enflammées ou incandescentes.

Les nitrogélatines, qui sont composées de nitroglycérine, de nitrocellulose et d'un nitrate, particulièrement lorsque celui-ci est le nitrate d'ammoniaque, sont moins dangereuses. La dynamite-gomme l'est moins encore, car s'il est vrai que

1. Note présentée par l'auteur au Congrès international des Mines et de la Métallurgie, le 5 septembre 1889.

sa température de détonation soit moins élevée que celles des précédentes, il est incontestable que les matières formant sa composition sont volatilisables ou à peu près.

A tout prendre, la dynamite-gomme est préférable aux autres dynamites dans les mines grisouteuses. La pratique le prouve aussi bien que la théorie, et le fait est bien connu dans les charbonnages belges, allemands et anglais.

Pour atténuer le danger résultant de l'emploi des dynamites ordinaires, on a cherché à réduire la quantité de chaleur qu'elles dégagent en explosant. C'est ainsi que l'on a préconisé les *dynamites à l'ammoniaque*, la *grisoutite*, la *grisoutine* et autres produits qu'exposent la *Société générale pour la fabrication de la dynamite et des produits chimiques* et la *Société française des explosifs*.

Or, il est clair qu'en réduisant la quantité de chaleur dégagée on diminue l'énergie de l'explosif : celle-ci étant fonction de la chaleur produite et du volume de gaz développé.

Prenons, par exemple, la *grisoutite*. C'est une dynamite ordinaire à laquelle on a ajouté une certaine quantité de carbonate de magnésie. On n'a pas tardé à l'abandonner parce que l'on a reconnu que le mélange donnant le moins de flamme n'a plus d'énergie, et que la flamme reparait dès que l'on augmente la proportion de dynamite dans le but d'accroître la force explosive.

On peut remplacer le carbonate par le sulfate de magnésie, ou encore par le carbonate ou le sulfate de soude, et en général, par tout autre sel susceptible d'abandonner à basse température son eau de cristallisation.

Mais tous ces explosifs, nous le répétons, perdent en force ce qu'ils gagnent en innocuité relative.

La *grisoutine*, exposée par la Société générale, n'a pas donné de résultats plus concluants ; elle est composée de :

Nitrogélatine	20 parties
Nitrate d'ammoniaque	80 »

Parmi les nouveaux explosifs, il en est un qui présente une certaine sécurité, c'est la *bellite*, mélange de binitro-benzine et de nitrate d'ammoniaque. Les deux substances dont elle est composée sont inoffensives et résistent soit isolément, soit mélangées, aux chocs et au feu. C'est dire que la manipulation, le transport et l'usage de la bellite ne présentent point de danger.

Les *explosifs Favier* qui sont représentés à l'Exposition, dans la section belge, sont dans le même cas.

Les produits fabriqués à l'usine de Trois-Fontaines, en Belgique, sont généralement des mélanges de nitrate d'ammoniaque et de mononitronaphtaline. Ils sont présentés sous forme de cylindres légèrement comprimés et portant une cavité

centrale que l'on remplit du même mélange à l'état pulvérulent. En cet état, le mélange explose sous l'influence d'un détonateur à fulminate de mercure. Il ne détone plus, au contraire, lorsqu'il a été fortement comprimé; ce qui s'explique d'ailleurs tout naturellement par ce fait qu'une compression trop énergique fait sortir l'hydrocarbure nitré et qu'il ne reste plus pour former le corps de la cartouche que du nitrate d'ammoniaque, composé extrêmement difficile à faire détoner.

DEUXIÈME PARTIE

Les Hydrocarbures nitrés

Lorsqu'on distille la houille pour la fabrication du gaz d'éclairage ou la préparation du coke, on obtient un certain nombre de sous-produits et, en particulier, des goudrons qui, par distillations fractionnées, fournissent une grande variété de matières industrielles brillamment représentées à l'Exposition.

Citons, entre autres, les benzols, phénols, toluols, naphthols, etc., qui, par nitration, donnent des composés de nature explosive.

La classe des phénols est particulièrement intéressante; elle comprend :

Les phénols monoatomiques.

Phénol ordinaire	$C^6H^5 (OH)$
Crésol ou crésylol	$C^7H^7 (OH)$
Naphtol	$C^{10}H^7 (OH)$

Les phénols diatomiques.

Résorcine	$C^6H^4 (OH)_2$
Orcine	$C^7H^6 (OH)_2$

Les phénols triatomiques.

Pyrogallol	$C^6H^3 (OH)_3$
Phloroglucine	$C^6H^3 (OH)_3$

Des benzols on retire la *benzine* mélangée avec du *cumène*, du *toluène*, du *xylène*, etc. Sous l'influence d'agents réducteurs, la benzine se transforme en *aniline* qui fournit cette riche collection de couleurs employées en teinture.

En général tous les hydrocarbures du commerce sont loin d'être purs ; aussi leur nitration donne-t-elle des produits assez complexes. Celle-ci résulte du remplacement de 1, 2, 3, ..., atomes d'hydrogène, par 1, 2, 3, ..., atomes du composé AzO^2 que l'on désigne sous le nom d'*azotyle* ou *nitryle* ; et les combinaisons qui en résultent sont dites *mono*, *bi*, *trinitrées*, etc.

Pour nitrer les hydrocarbures, on les traite par l'acide nitrique, étendu ou concentré suivant les cas. Souvent on fait intervenir l'acide sulfurique dans le but de fixer l'eau qui se dégage pendant les réactions. On peut encore obtenir le même résultat par la méthode des acides sulfoconjugués, ou par l'emploi du nitrate de potasse avec l'acide sulfurique.

Mais, quel que soit le procédé usité, la nitration est toujours difficile, lors même que l'on opère sur des produits purs ; et au lieu d'obtenir un seul dérivé nitré, le trinitré par exemple, on trouve un mélange d'hydrocarbures mononitré, dinitré et trinitré, mélange dans lequel domine celui de ces corps qui est le plus facile à former.

Chacune des molécules d'un hydrocarbure nitré est formé par la réunion d'atomes hétérogènes d'oxygène, d'hydrogène, d'azote et de carbone qui coexistent les uns à côté des autres et dont l'équilibre peut être rompu par certaines manifestations de l'énergie, un choc très violent par exemple. Et, comme on le conçoit aisément, la combinaison nitrée est d'autant plus stable que cette rupture d'équilibre est plus difficile.

L'énergie, sous une forme convenable, provoque la détonation des hydrocarbures nitrés parce que ceux-ci constituent par eux-mêmes des explosifs complets dans lesquels se trouvent réunis à la fois des éléments comburants et des éléments combustibles. C'est ainsi que sous l'influence d'une charge suffisante de fulminate de mercure, on peut arriver à faire détoner les hydrocarbures nitrés qui, en apparence, présente une certaine stabilité.

C'est sur ce principe qu'est basé l'emploi de ces corps pour la préparation des grands explosifs : mélinite, crésylite, émilite, bellite, roburite, poudres Favier, fortis pierique, etc., la plupart représentés à l'Exposition, dans les sections belge et française, par d'importants produits.

Le tableau suivant représente les principaux hydrocarbures nitrés, dérivés des goudrons de houille, qui ont été expérimentés au point de vue de leurs propriétés explosives.

HYDROCARBURES nitrés	FORMULES	PROPORTION d'azotyle %	POIDS atomiques	POINTS de fusion
Mononitrobenzine .	$C^6 H^3 (AzO^2)$	37,39	123	3°
Dinitrobenzine . .	$C^6 H^4 (AzO^2)^2$	54,75	168	(m) 81 à 90°
Trinitrobenzine . .	$C^6 H^3 (AzO^2)^3$	64,78	213	121°
Nitrotoluol	$C^6 H^4 (AzO^2) CH^3$	23,57	137	(p) 54°
Dinitrotoluol . . .	$C^6 H^3 (AzO^2)^2 CH^3$	50	182	70°, 5
Trinitrotoluol . . .	$C^6 H^2 (AzO^2)^3 CH^3$	60	227	82°
Nitronaphtaline . .	$C^{10} H^7 (AzO^2)$	26,60	173	50 à 61°
Dinitronaphtaline .	$C^{10} H^6 (AzO^2)^2$	40,35	228	216°
Trinitronaphtaline .	$C^{10} H^3 (AzO^2)^3$	50,55	273	(z) 122°
Nitrophénol	$C^6 H^4 (AzO^2) OH$	33	139	60 à 70°
Dinitrophénol . . .	$C^6 H^3 (AzO^2)^2 OH$	50	184	64 à 144
Trinitrophénol . . .	$C^6 H^2 (AzO^2)^3 OH$	60,26	229	122°
Nitrocésol	$C^7 H^6 (AzO^2) OH$	30	153	Liquide
Dinitrocésol	$C^7 H^5 (AzO^2)^2 OH$	46,50	198	Liquide
Trinitrocésol	$C^7 H^4 (AzO^2)^3 OH$	56,80	243	110°
Résorcine nitrée . .	$C^6 H^3 (AzO^2) (OH)^2$	29,67	155	
— binitrée	$C^6 H^2 (AzO^2)^2 (OH)^2$	46	200	
— trinitrée	$C^6 H (AzO^2)^3 (OH)^2$	56,32	245	175°

La troisième colonne indique les proportions en poids d'azotyle, la quatrième les poids atomiques et la cinquième les points de fusion.

Comme on le voit, le point de fusion croît avec le degré de nitration. Toutefois il est bon de remarquer que les températures données dans ce tableau ne sont qu'approximatives; la raison en est que ces corps nitrés sont généralement impurs et que les matières étrangères qu'ils renferment abaissent plus ou moins le point de fusion. D'ailleurs, comme nous l'avons dit plus haut, les hydrocarbures nitrés sont des composés assez mal définis; ainsi l'on connaît trois binitrobenzines qui fondent respectivement aux températures de 81 à 90°, 118 et 172°; deux trinitrobenzines fondant à 121 et 153°, trois trinitrotoluols dont les points de fusion sont 82, 104 et 112°; etc., etc. On trouve même dans le commerce des dinitrobenzines qui fondent à une température inférieure à 70°.

D'autre part, la proportion d'azotyle influe considérablement, pour un même hydrocarbure, sur sa nature explosive. Ainsi, la dinitrobenzine qui renferme 55 % d'azotyle est plus explosive que la mononitrobenzine qui n'en contient que 37 %. De même, la trinitronaphtaline, à 60 % d'azotyle fournit un meilleur explosif que la mononitronaphtaline qui n'en a que 33 %.

En un mot, et pour un même hydrocarbure, le composé le plus fortement nitré

est celui dont les propriétés détonantes sont le plus développées. Il serait imprudent de généraliser la règle à tous les hydrocarbures nitrés, comparés les uns aux autres ; c'est cependant le cas le plus fréquent.

Nitrobenzines, nitrotoluols, etc. — Les nitrobenzines sont connues depuis longtemps ; l'une, la mononitrobenzine, est utilisée pour la fabrication des *poudres Favier* ; quant à la dinitrobenzine, elle entre dans la composition de la *bellite*, de la *roburite* et de la *sécurité*. La dinitrobenzine a des propriétés toxiques et sa préparation cause de fréquents maux aux ouvriers.

Les nitrotoluols ne sont pas utilisés comme explosifs à cause de leur cherté.

La mononitronaphtaline sert également à préparer les explosifs Favier, pour la *bellite*, on donne la préférence à la trinitronaphtaline.

Nitrophénols. — Les mononitrophénols et dinitrophénols n'ont pas reçu d'application. Mais le trinitrophénol, plus connu sous le nom d'*acide picrique*, est très recherché pour explosifs de guerre, et particulièrement pour la fabrication de la *mélinite* en France, de la *lyddite* en Angleterre, et très probablement aussi de la matière explosive actuellement employée en Allemagne pour le chargement des obus.

L'acide picrique, exposé comme matière tinctoriale, se présente dans le commerce sous forme de cristaux jaunes enchevêtrés ou de lamelles très brillantes. Il a une saveur amère et une réaction acide.

Sa solubilité dans l'eau est assez faible ; ainsi une partie d'acide picrique se dissout dans :

166 parties d'eau à la température de			
86	—	—	15°
81	—	—	20°
73	—	—	26°
26	—	—	77°

Toutefois, il se dissout facilement dans l'alcool, l'éther et l'acide sulfurique concentré.

Quoiqu'il ne soit pas considéré comme vénéneux, il se pourrait cependant que la respiration de sa poussière agit à la longue sur les organes, car il se combine facilement avec les matières animales auxquelles il donne une teinte jaune assez persistante. On le voyait, à l'Exposition, dans la section agricole, préconisé comme insecticide pour les parasites et les maladies cryptogamiques de la vigne ; ce qui laisserait supposer qu'il possède des qualités toxiques.

L'acide picrique brûle à l'air libre sans détoner, en donnant des vapeurs nitreuses et une fumée épaisse. Si on le fait exploser à l'aide d'un détonateur convenable, il se décompose en gaz simples : oxyde de carbone, acide carbonique, hydrogène, azote, et laisse un résidu carbonacé.

Chauffé vivement dans une cornue, il détone violemment et se décompose en azote, acide carbonique, acide cyanhydrique et charbon.

L'acide picrique devient dangereux lorsqu'il est resté pendant quelque temps en contact avec des sels métalliques, et en particulier avec des substances oxydantes, telles que les nitrates; on cite des cas de décomposition spontanée et d'explosion qui n'ont pas d'autre origine.

Les picrates ou sels de l'acide picrique sont plus dangereux que celui-ci. Quand ils ont été soigneusement desséchés, il sont plus explosifs et plus inflammables. Certains d'entre eux sont toxiques: le picrate de plomb, par exemple. Le picrate de soude est, de tous, le plus soluble dans l'eau.

Les picrates de plomb et de potasse sont les plus explosifs; leur poussière s'enflamme facilement et peut communiquer le feu à distance. En outre, ils sont très sensibles aux chocs.

Les picrates doubles, de soude et de plomb, de soude et de baryte, etc., sont les moins dangereux, et pour ce motif on les substitue en totalité ou en partie au picrate de potasse dans la préparation de certaines poudres telles que la *bronolite*.

Nitrocrésols. — Le crésol brut est le produit qui passe après le phénol, vers 200°, lorsqu'on distille le goudron de houille. On le retire aussi des créosotes. accompagne l'acide phénique dans le goudron de bois.

C'est un liquide incolore, à odeur de créosote, bouillant à 203°, et soluble dans une dissolution d'ammoniaque.

La nitration du crésol donne les trois produits actuellement connus sous les noms de *mononitro*, *dinitro* et *trinitrocrésol*.

Le *mononitrocrésol* ou *acide mononitrocrésylique* est un liquide oléagineux qui s'obtient en chauffant à 60 ou 70° une solution aqueuse de crésol avec de l'acide nitrique étendu.

Le *dinitrocrésol* est un produit analogue.

Le *trinitrocrésol* ou *acide trinitrocrésylique* est plus important. C'est l'un des constituants des explosifs connus sous les noms de *crésylite* et *émilite*.

Il cristallise en aiguilles jaunes. Il est assez peu soluble dans l'eau; ainsi pour en dissoudre une partie, il faut

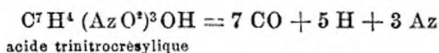
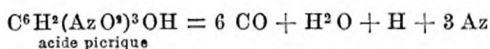
450 parties d'eau à 20°
123 — 100°

Il est soluble dans l'alcool et l'éther, et fond un peu au-dessus de 100°. A une température plus élevée, il se décompose en fusant comme l'acide picrique.

Les trinitrocrésylates, ou sels du trinitrocrésol, ont des propriétés détonantes analogues à celles des picrates; et comme ils peuvent être produits à meilleur

marché que ces derniers, il est probable que l'industrie des poudres et explosifs les utilisera tôt ou tard. Citons en particulier le trinitrocrésylate de potasse, celui d'ammoniaque, et celui de baryte.

Afin de pouvoir comparer l'acide trinitrocrésylique à l'acide picrique, au point de vue des effets explosifs, considérons les deux formules théoriques de décomposition :



Pour obtenir une combustion complète, avec formation d'acide carbonique et de vapeur d'eau, il manque, dans le premier cas 6.5 équivalents d'oxygène et dans le second 9.5. On voit donc que la combustion de l'acide picrique est moins incomplète que celle du trinitrocrésol.

D'autre part, le tableau qui précède nous montre que le premier de ces composés renferme 60.26 % de son poids d'azotyle, tandis que le second n'en a que 56.80 %.

Il en résulte, à priori, que l'acide trinitrocrésylique doit avoir des qualités explosives inférieures à celles de l'acide picrique. Toutefois, il présente un grand intérêt, capable même, dans certains cas, de balancer cette infériorité : sa fabrication est plus économique que celle de l'acide picrique.

L'un des meilleurs procédés de préparation a été indiqué en 1889 par M. Serrant; c'est le suivant :

On chauffe pendant une heure ou deux, au bain de sable, un mélange en parties égales de crésol et d'acide sulfurique à 66° B. Il se forme un *acide oxycrésylsulfureux*. En ajoutant une solution concentrée de nitrate de potasse ou de soude, on obtient d'une part de l'acide trinitrocrésylique, et de l'autre du bisulfate de potasse ou de soude.

On peut également traiter le crésol par l'acide nitrique concentré; mais l'emploi d'un nitrate est préférable parce qu'alors l'acide nitrique agit à l'état naissant comme nitrant et non comme oxydant. De plus, le rendement est plus considérable, et il ne se produit pas de dégagement de vapeurs nitreuses pendant le cours des opérations.

En dehors des hydrocarbures que nous venons de passer en revue, il en existe beaucoup d'autres qui, par nitration, sont susceptibles de fournir des composés explosifs. Citons en particulier la *vaseline* qui figure, dans l'Exposition des Etats-Unis d'Amérique, sous forme de préparations pharmaceutiques ou de parfumerie.

C'est un mélange mal défini d'hydrocarbures, de consistance semi-solide, et que l'on extrait des goudrons de pétrole.

La vaseline fond à 35° et bout entre 250 et 300°. Elle a la propriété de dissoudre une foule de substances telles que le camphre, le brôme, l'iode, le soufre, le phosphore, les corps gras, les huiles fixes et essentielles, les résines, la paraffine, etc.

Insoluble dans l'eau et l'alcool à froid, elle se dissout dans le sulfure de carbone, les huiles minérales, l'éther bouillant, etc.

Pour la préparer, on chauffe à l'air libre le goudron de pétrole jusqu'à ce qu'il ait perdu son odeur caractéristique, puis on filtre à chaud sur du noir animal. Le produit obtenu a besoin d'être décoloré, et à cet effet on le maintient en fusion pendant 24 heures sur une couche de noir animal; on reprend ensuite par l'éther et on distille.

Quoique la vaseline n'ait pas encore été étudiée au point de vue des qualités détonantes de ses composés nitrés, ses propriétés dissolvantes la désignent d'une façon spéciale à l'attention des inventeurs et des fabricants de matières explosives.

TROISIÈME PARTIE

LES NITROCELLULOSES

I. — Celluloses et Nitrocelluloses

La cellulose nitrée a été découverte, en 1833, par Braconnot, qui, en traitant l'amidon, corps isomère de la cellulose, par l'acide nitrique très concentré, obtint une substance blanche, facile à enflammer et à laquelle il donna le nom de *xyloïdine*.

Pelouze répéta l'expérience avec la cellulose; en 1837, il reconnut que (1) « si, au lieu de dissoudre la cellulose (coton, chanvre, lin, papier, etc.) dans l'acide nitrique monohydraté, on l'immerge pendant quelques instants seulement dans ce liquide et qu'on l'en retire ensuite pour la laver à grande eau, on obtient

1. *Abrégé de Chimie. Chimie organique*, par Pelouze et E. Frémy. Paris 1859.

« une matière qui a conservé la forme et l'apparence de la cellulose et qui est « extrêmement inflammable. » Pelouze avait confondu cette substance avec la *xyloïdine*.

Vers la fin de 1846, Schonbein annonça la découverte du *coton-poudre*, découverte qu'il rendit publique en 1847 en indiquant son procédé de fabrication. Il plongeait pendant quelques instants le coton cardé dans un mélange d'acides sulfurique et nitrique concentrés. Le produit ainsi obtenu, et qui est identique à celui qu'avait déjà trouvé Pelouze, fut désigné, par le chimiste Otto, de Brunswick, sous les noms de *pyroxyle* et *pyroxyline*.

Schonbein préconisa pour les usages militaires l'emploi de son produit, auquel il donna le nom significatif de *coton-poudre*.

Telle est l'origine des pyroxyles et de leurs applications.

Les substances celluloses qui servent à la fabrication des pyroxyles se trouvent dans les tissus des végétaux sous les formes isomères de *cellulose*, *paracellulose*, *métacellulose* et *vasculose*.

Le coton est plus particulièrement formé de cellulose, comme l'indique la composition suivante :

Cellulose.	91,35
Eau	7,00
Matières ligneuses	0,75
Substances graisseuses	0,40
Matières azotées	0,50
Total	100,00

Les fibres de bois, au contraire, sont constituées par un mélange assez complexe des diverses formes de cellulose ou de vasculose, sans parler des autres composés étrangers.

Voici, d'après MM. Frémy et Urbain (1), les différences qui caractérisent ces divers corps au point de vue chimique.

La cellulose, la paracellulose et la métacellulose sont solubles dans l'acide sulfurique concentré.

La cellulose se dissout immédiatement dans le réactif ammoniaco-cuivrique ; la paracellulose ne s'y dissout qu'après action préalable des acides ; la métacellulose y est insoluble.

La métacellulose est soluble dans l'acide nitrique et les hypochlorites.

La vasculose, qui forme la partie principale des vaisseaux et relie entre elles les fibres et les cellules, est insoluble dans le réactif ammoniaco-cuivrique, et résiste très longtemps à l'acide sulfurique concentré ; elle est rapidement attaquée par l'acide nitrique, les hypochlorites, le chlore, l'acide chromique, le perman-

1. Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1881

ganate de potasse, etc. Les alcalis caustiques la dissolvent à chaud; c'est ainsi qu'en traitant le bois et le papier par la soude caustique, on enlève la *vasculose*.

La différence entre le coton et le bois n'est pas moins grande au point de vue physique. Dans le coton, les fibres cellulosiques sont creuses; ce sont de véritables tubes dans l'intérieur desquels les liquides peuvent circuler avec plus ou moins de facilité; aussi la nitration du coton, à différents degrés, s'obtient-elle avec une certaine précision. Dans le tissu ligneux, au contraire, les fibres sont intérieurement remplies de matières étrangères solidifiées, et l'attaque de la cellulose par l'acide nitrique est plus lente et moins complète.

Toutes ces raisons expliquent la préférence donnée aux fibres de coton pour la préparation du fulmicoton ou coton-poudre, cellulose au maximum de nitration, et à la fibre de bois pour la fabrication des poudres Schultze, qui sont des celluloses beaucoup moins nitrées.

Elles expliquent encore pourquoi il suffit d'employer des acides faibles pour obtenir avec le coton un produit moyennement nitré, tandis que, dans tous les cas, des acides très concentrés sont nécessaires pour nitrer à un degré quelconque des substances aussi réfractaires que les fibres ligneuses.

Le degré de nitration d'une cellulose est, pour ainsi dire, impossible à déterminer avec précision. Les uns, quadruplant la formule de la cellulose, admettent avec M. Berthelot que l'on peut remplacer 1 à 12 atomes d'hydrogène par 1 à 12 atomes d'*azotyle* ou *nitryle* (AzO^*). On aurait ainsi 12 celluloses nitrées, parmi lesquelles nous citerons les suivantes :

Dénominations	Formules chimiques	Dosage % en azote	Dosage % en azotyle	Produits.
Cellulose tétranitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{36}(\text{AzO}^*)^4 \text{O}^{20}$	6,76	22,22	Cot. friables.
— heptanitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{33}(\text{AzO}^*)^7 \text{O}^{20}$	10,17	33,22	
— octonitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{32}(\text{AzO}^*)^8 \text{O}^{20}$	11,10	36,50	Nitrocellulose solubles.
— ennéanitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{31}(\text{AzO}^*)^9 \text{O}^{20}$	11,90	39,30	
— décanitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{30}(\text{AzO}^*)^{10} \text{O}^{20}$	12,75	41,90	Fulmicotons.
— endécanitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{29}(\text{AzO}^*)^{11} \text{O}^{20}$	13,47	44,27	
— duodécanitrique. .	$\text{C}^{24}\text{H}^{28}(\text{AzO}^*)^{12} \text{O}^{20}$	14,14	46,47	

D'autres, conservant la formule de la cellulose, considèrent simplement trois celluloses nitrées :

Dénominations	Formules chimiques	Dosage % en azote	Dosage % en azotyle	Produits
Mononitrocellulose. .	$\text{C}^6\text{H}^9(\text{AzO}^2) \text{O}^5$	6,75	22,22	Cotons friables.
Dinitrocellulose. .	$\text{C}^6\text{H}^8(\text{AzO}^2)^2 \text{O}^5$	11,10	36,50	Nitrocell. solubles.
Trinitrocellulose. .	$\text{C}^6\text{H}^7(\text{AzO}^2)^3 \text{O}^5$	14,14	46,47	Fulmicotons.

Le premier groupe comprend les *cotons friables* qui sont des nitrocelluloses

incomplètement nitrées, ou même des mélanges de coton non attaqué et de celluloses plus ou moins nitrées. Ces produits sont insolubles, ou à peu près, dans l'éther alcoolisé. L'éther acétique les gonfle et les rend gélatineux, mais sans les dissoudre.

Le second groupe correspond aux *nitrocelluloses solubles* dans l'éther alcoolisé.

Enfin, la série des *fulmicotons* comprend les nitrocelluloses au degré maximum de nitration, insolubles dans l'éther alcoolisé, mais soluble dans l'éther acétique. Ils conservent l'apparence du coton.

Ces trois groupes ne sont pas nettement tranchés; on passe de l'un à l'autre insensiblement et non par sauts brusques. C'est cette raison qui a déterminé MM. Berthelot et Vieille à quadrupler la formule de la cellulose; ce qui leur a permis de faire des intercalations entre les trois principaux termes de la nitration.

Le fulmicoton est à peu près insoluble dans le mélange de deux parties d'alcool et une partie d'éther. Il correspond théoriquement à la trinitrocellulose ou à la cellulose duodécanitrique de MM. Berthelot et Vieille; mais, en réalité, il est difficile de l'obtenir à l'état de pureté absolue, et il renferme toujours une certaine quantité de nitrocellulose soluble qui, pour les épreuves militaires, ne doit pas dépasser 10 %. En général, le fulmicoton contient 40 à 45 % d'azotyle, au lieu de 46,47 % qu'indique la théorie. Sa formule se rapproche par conséquent de celle que l'on attribue à la cellulose endécانيتrique.

De même, la nitrocellulose soluble (dinitrocellulose, ou cellulose octonitrique) devrait être entièrement dissoute par le mélange d'alcool et d'éther, tandis qu'en réalité il reste toujours de 40 à 60 % de matières non dissoutes. Elle correspondrait donc à des mélanges de celluloses hepta, octo et ennéanitriques, mélanges dans lesquels dominerait, selon le cas, la cellulose heptanitrique ou l'ennéanitrique.

Ainsi, la poudre Schultze, que l'on fabrique, comme poudre de chasse, en Allemagne, en Angleterre, en Belgique et en France, renferme de 34 à 35 % d'azotyle. C'est, par conséquent, un mélange de celluloses nitrées à différents degrés et probablement aussi de cellulose non attaquée. On sait qu'elle est obtenue en traitant la farine de bois, préalablement purifiée, par un mélange de :

2 parties d'acide sulfurique concentré ;
1 — — — nitrique, $d = 1,50$.

On obtiendrait un produit analogue avec des acides faibles et du coton.

Il ressort de ce qui précède, que la nature de la cellulose employée a une grande influence sur l'état des produits obtenus.

Il en est de même du temps pendant lequel se fait l'attaque par les acides. En général celle-ci est rapide. Avec le coton, en particulier, on peut obtenir en quelques minutes le maximum de nitration.

Une observation assez curieuse a été faite par M. Von Forster, directeur de la fabrique autrichienne de fulmicoton de Valsrode : c'est que si l'on prolonge le contact avec les acides au-delà d'un certain temps, il se produit une *dénitration partielle*, et le fulmicoton renferme alors une grande proportion de matière soluble.

D'autre part, M. Vieille a observé qu'en présence d'un grand excès d'acide sulfurique, la vitesse de la réaction est considérablement ralentie.

S'il s'agit, au contraire, de préparer une nitrocellulose soluble, un trop long contact avec les acides peut donner lieu à une *surnitration*, c'est-à-dire à la production d'une grande quantité de nitrocellulose insoluble, tandis qu'une exposition insuffisante donnera une substance insuffisamment nitrée et même partiellement inattaquée.

D'autre part, les proportions et le degré de concentration des acides ont également leur influence, et les expériences sont loin d'être concluantes, tout au moins pour la fabrication des nitrocelluloses solubles. Les travaux de M. Vieille (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1882, et *Mémorial des poudres et salpêtres*, sept. 1883) et ceux de M. de Chardonnet (1889) ont cependant jeté quelque lumière sur ce point particulier.

Les produits varient encore lorsque, au lieu de traiter les celluloses par un mélange d'acides sulfurique et nitrique, on emploie l'acide sulfurique avec un nitrate de soude et de potasse. Ce dernier procédé a l'avantage d'être plus économique et plus sûr; il permet en outre d'opérer à chaud et par suite avec plus de régularité.

Enfin, la température à laquelle on opère joue un rôle très important. C'est ainsi que les nitrocelluloses préparées à 15° diffèrent notablement de celles que l'on obtient à 50 ou 60°. Les premières conservent une apparence fibreuse et sont particulièrement explosives; les autres, au contraire, sont pulvérulentes, plus solubles, et spécialement aptes à la fabrication des collodions photographiques. Ajoutons encore que dans l'un quelconque de ces deux groupes la solubilité varie; telle nitrocellulose est très soluble parce qu'elle a été préparée à une température déterminée; telle autre l'est moins, soit parce que le thermomètre a varié pendant la nitration, soit parce que celle-ci s'est effectuée à une température un peu plus basse ou plus élevée de quelques degrés seulement.

Notons enfin que la stabilité du produit obtenu est d'autant plus grande que celui-ci renferme une plus grande proportion d'azotyle.

Bref, on comprend que s'il est relativement facile de fabriquer du fulmicoton proprement dit, c'est-à-dire une nitrocellulose au degré maximum de nitration, le cas est tout autre s'il s'agit d'une nitrocellulose soluble proprement dite, ou

cellulose dont le degré de nitration ou de solubilité doit être arrêté en un point déterminé.

La difficulté est particulièrement grande quand, au lieu d'employer du coton, cellulose presque pure, on fait usage de fibres ligneuses ou de farine de bois, qui sont composées de divers corps cellulosiques dont la nitration peut s'effectuer et s'effectue probablement dans des circonstances et des conditions différentes.

Toutefois, la cellulose de bois tend de plus en plus à se substituer au coton, à cause de son bon marché. Le hêtre et le bois résineux, que l'on employait au début, sont remplacés par le sapin blanc, qui est plus facile à nitrer et donne une nitrocellulose de couleur légèrement foncée. Celle-ci renferme de 40 à 42 % de substance soluble dans le mélange de 2 parties d'éther et 1 partie d'alcool; elle correspond par conséquent à un mélange de cellulose soluble et de fulmicoton.

La fabrication de la cellulose de bois a pris une très grande importance, surtout en Norvège; la section norvégienne, à l'Exposition, donne une idée de l'énorme développement qu'a pris cette industrie.

Elle date de 1857, mais les premières usines de traitement chimique par le sulfite, invention suédoise, n'ont été installées qu'en 1870.

Actuellement le nombre des usines fabriquant la farine de bois, la cellulose proprement dite, et la pâte de papier, dépasse 120. L'exportation, qui était de 6,000 tonnes en 1872, atteint 52,000 tonnes en 1889. La production totale en 1889 est de 149,000 tonnes.

La cellulose de bois, qui doit être transformée en nitrocellulose, nécessite un supplément de traitement, dans le but de la débarrasser des substances résineuses, incrustantes et autres qui accompagnent toujours la matière cellulosique et vasculosique.

Les nitrocelluloses que nous avons obtenues en 1886 avec les fibres de coco pulvérisées, bien connues sous le nom de *cofferdam*, sont de couleur rougeâtre. Elles s'enflamment facilement mais laissent beaucoup de résidu; ce défaut résulte de la difficulté que l'on éprouve à éliminer de la fibre naturelle les matières incrustantes et colorantes.

Les formules et procédés de préparation des nitrocelluloses varient selon l'emploi auquel elles sont destinées. Nous les indiquerons pour chacune des applications suivantes : *fulmicotons, poudres sans fumée, collodions photographiques, vernis au pyroxyle, soie artificielle.*

II. — Fabrication du Fulmicoton

La transformation du coton en fulmicoton pour les usages de la guerre, de la marine et des mines, comprend la série d'opérations suivantes :

- (a) Purification du coton.
- (b) Nitration.
- (c) Pulpage.
- (d) Mise en cartouches.

(a) *Purification du coton.* — Le coton brut ou en bourre, destiné à subir la transformation chimique, doit être préalablement débarrassé des matières étrangères et purifié.

On commence par le trier et le nettoyer des grains de sable et des poussières

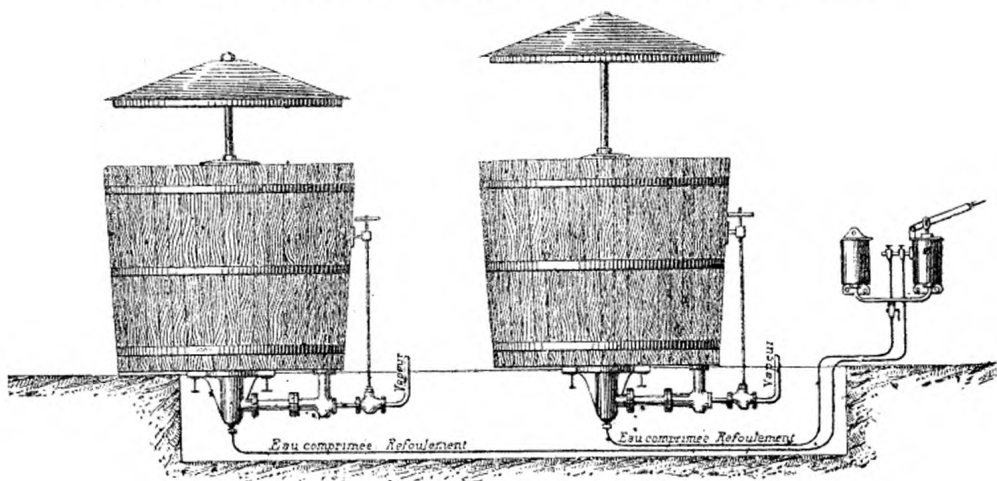


FIG. 1

au moyen d'une cardé ; puis, pour enlever les substances huileuses et le rendre raide et apte à l'attaque par les acides, on le traite par une lessive alcaline. On opère sur 100 kilogrammes de coton avec 1100 à 1200 litres d'eau additionnée de 16 kilogrammes de soude caustique. On fait bouillir pendant 8 heures et on laisse égoutter 10 ou 12 heures. On recommence l'opération avec de l'eau pure et, après un nouvel égouttage, on expulse l'eau à l'essoreuse centrifuge ou *hydro-extracteur*.

On peut simplifier les opérations qui précèdent en faisant usage des appareils qu'expose la maison H. Chasles tels que la machine double à lessiver (fig. 1) qui fonctionne par vapeur à jet continu et par températures graduées. Elle se

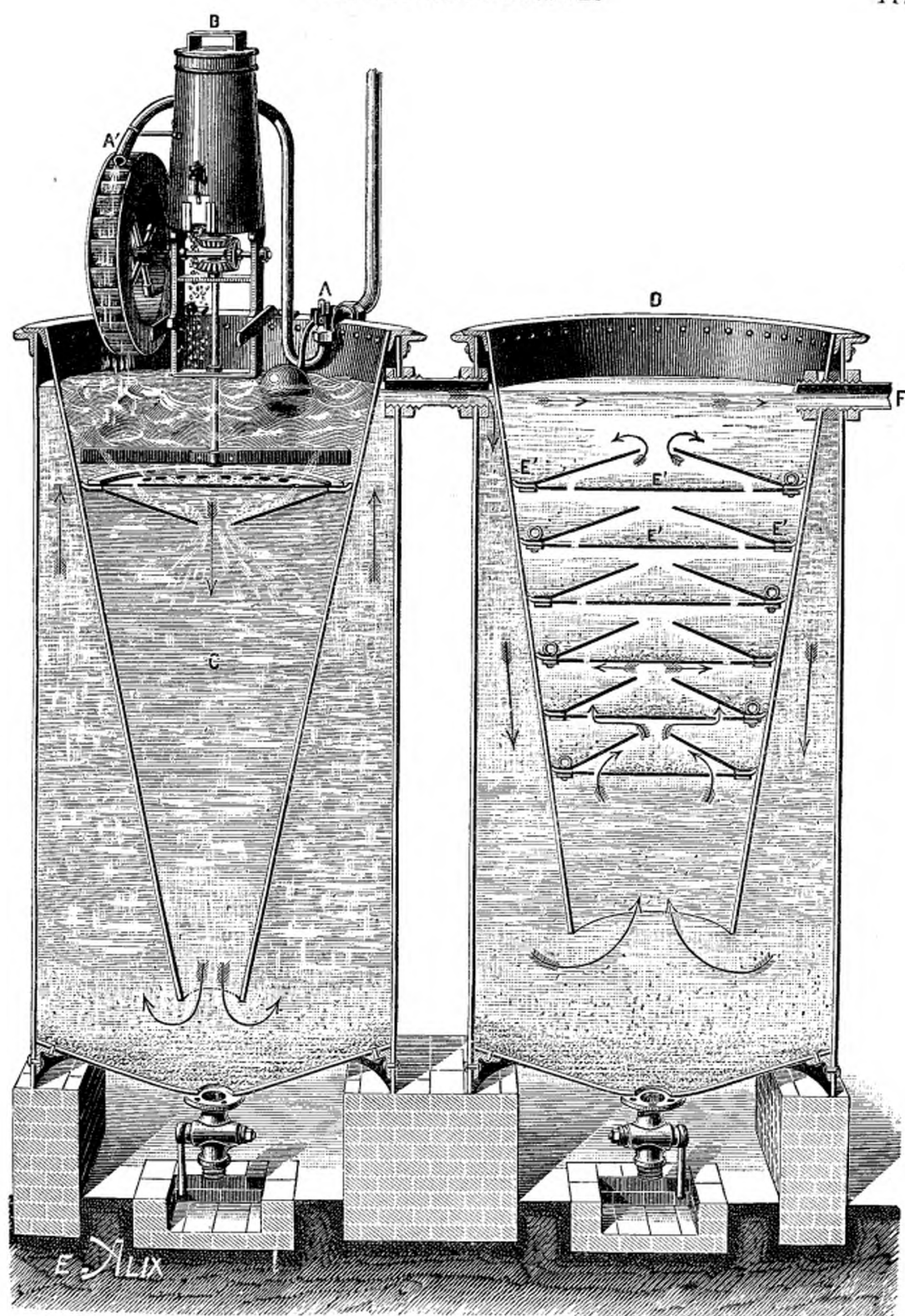


FIG. 2. — DÉCANDEUR MAIGNEN

compose de cuves à double fond munies d'un injecteur spécial qui reçoit le liquide du double fond et le refoule dans une colonne verticale terminée à la partie supérieure par un tourniquet à deux branches. L'injecteur est raccordé à une tuyauterie à robinet amenant de la vapeur qui presse sur la lessive et la refoule dans les branches d'arrosage. La lessive qui monte s'échauffe au contact de la vapeur et acquiert une température de plus en plus élevée qui arrive finalement à l'ébullition. Pour concentrer la chaleur, chaque cuve est surmontée d'un monte-couvercle hydraulique que l'on manœuvre à l'aide d'une petite pompe à main.

Tous ces lavages doivent être faits avec une eau aussi abondante et aussi pure que possible ; l'eau dont on dispose doit donc être préalablement adoucie

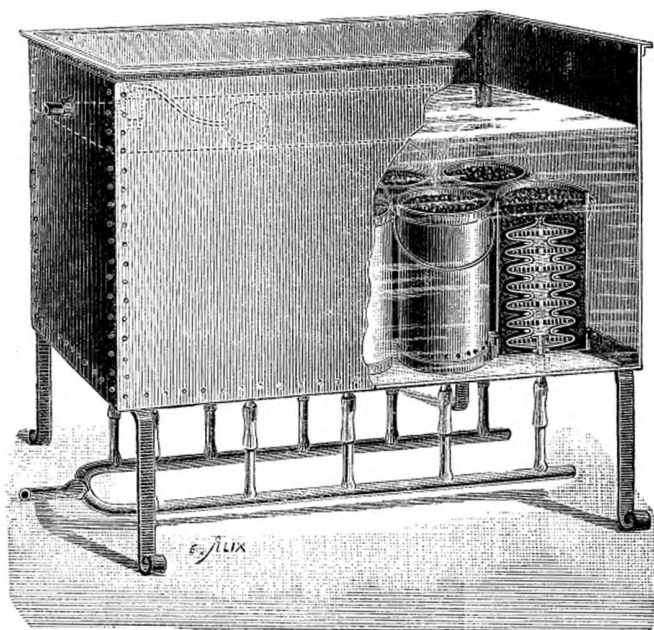


FIG. 3. — FILTRE MAIGNEN

et filtrée. L'appareil qui réalise le mieux ces conditions est le *filtre à grand débit* dont *M. Maignen* expose le type dans plusieurs classes.

L'épuration complète comporte deux opérations successives.

- 1° L'adoucissement de l'eau ;
- 2° La filtration de l'eau adoucie.

L'adoucissement se fait au moyen de l'*anti-calcaire Maignen* dans deux cylindres en tôle ; l'un est l'*agitateur*, l'autre le *décanteur*.

Dans le premier, l'eau arrive sur une petite roue hydraulique A qui se met en mouvement et débite l'anti-calcaire contenu dans le bassin B (fig. 2). L'eau descend dans le cône C, se mélange à l'anti-calcaire, puis remonte le long des parois du cylindre D et passe dans le *décanteur* M. Là, les sels précipités se déposent dans une série de petits cônes E, formant autant de chicanes ; l'eau qui arrive par en bas traverse tous ces cônes sans jamais rencontrer les dépôts en voie de formation et sort limpide par la partie supérieure.

Elle passe ensuite dans le *filtre* proprement dit, lequel se compose (fig. 3) d'un certain nombre de seaux en tôle étamée renfermant des sacs d'amiante doublés en forme d'accordéon et présentant une grande surface filtrante que l'on recouvre d'un charbon spécial.

Les eaux filtrées sont recueillies dans un réservoir commun.

Les appareils Maignen, pour l'adoucissement et la filtration des eaux, sont des plus remarquables et donnent les meilleurs résultats. Ils peuvent être d'ailleurs utilisés pour l'épuration de toutes les eaux industrielles aussi bien que des eaux de ville.

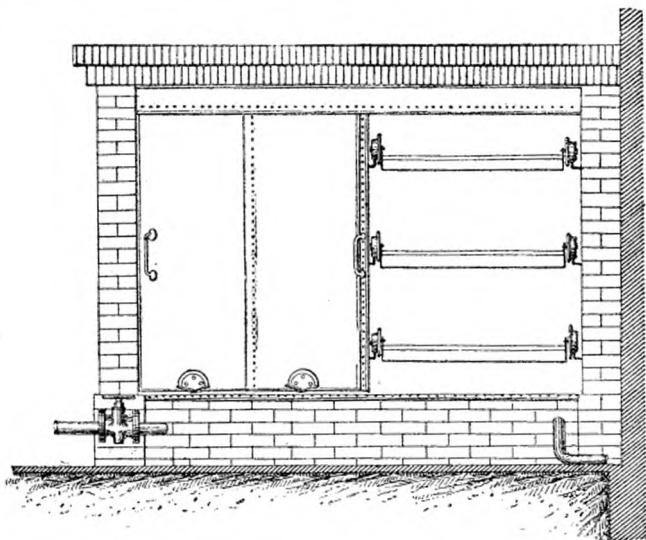


FIG. 4

Le coton ayant été lavé et essoré à l'hydro-extracteur est séché d'abord dans une chambre chauffée à l'air, à la température de 70 à 80°, puis dans un séchoir à vapeur construit en briques (fig. 4). Celui-ci est muni de deux portes en

tôle. L'intérieur contient des tiroirs qui peuvent glisser sur des rails en fer; le chauffage se fait à la vapeur, dans des tuyaux à ailettes. La dessiccation dure 8 heures à 100 ou 110°; lorsqu'elle est terminée, le coton ne renferme plus que $\frac{1}{2}$ p. 100 d'humidité environ.

Il est nécessaire de pousser la dessiccation aussi loin que possible, car la présence d'une certaine quantité d'eau affaiblirait l'acide nitrique employé à la nitrification et pourrait en outre amener une surélévation de température dangereuse pendant le traitement chimique.



FIG. 5.

Le coton ainsi desséché est refroidi dans des boîtes en fer blanc; il est alors prêt à recevoir l'action des acides pour être transformé en fulmicoton.

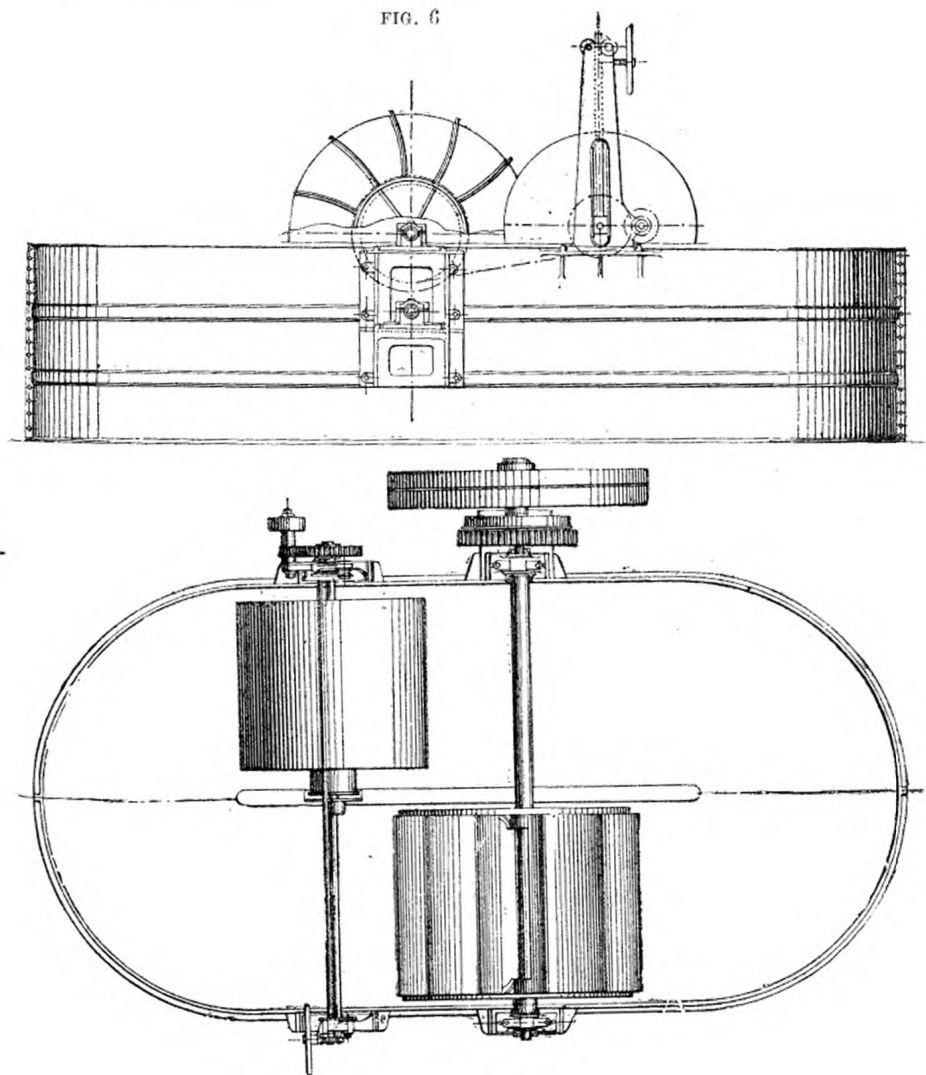
(b) *Nitration*. — On commence par refroidir un mélange composé de :

1 p.	en poids d'acide nitrique ($d = 1,50$)
3	id. d'acide sulfurique ($d = 1,85$)

Les acides doivent être aussi purs que possible; on les amène par une conduite en fonte dans les cuves de trempage. Le coton, plongé par petits paquets de 500 grammes, est ensuite placé dans des vases en grès, dits *pots de digestion*, que l'on charge par groupe de 6 ou 8 dans une auge en ciment à circulation d'eau froide. La température ne doit jamais dépasser 20°.

Quand la transformation est terminée, le fulmicoton est nettoyé dans uneessoreuse centrifuge. On fait usage d'un hydro-extracteur muni de paniers en cuivre doublés de caoutchouc durci (fig. 5); cet appareil est exposé par la maison Pierron et F. Dehaitre. Les acides expulsés sont recueillis pour être purifiés et servir à nouveau.

FIG. 6



La pâte qui sort de l'essoreuse est purifiée dans une *pile laveuse* (fig. 6). L'immersion doit être faite avec beaucoup de précaution, car le contact subit de l'eau est dangereux; pour l'éviter, on place la pâte dans un distributeur d'où on la fait tomber par petites quantités à la fois sur la roue à palettes du laveur, et de là dans l'eau du bassin. La pile de MM. Escher et Wyss, dans la section suisse de l'Exposition, est bien disposée pour ce genre de travail, c'est celle qui est représentée en plan et élévation par la figure 6.

On fait un nouveau turbinage, puis on lave, jusqu'à la température d'ébullition, dans de l'eau additionnée de 5 à 6 kilogrammes de carbonate de soude

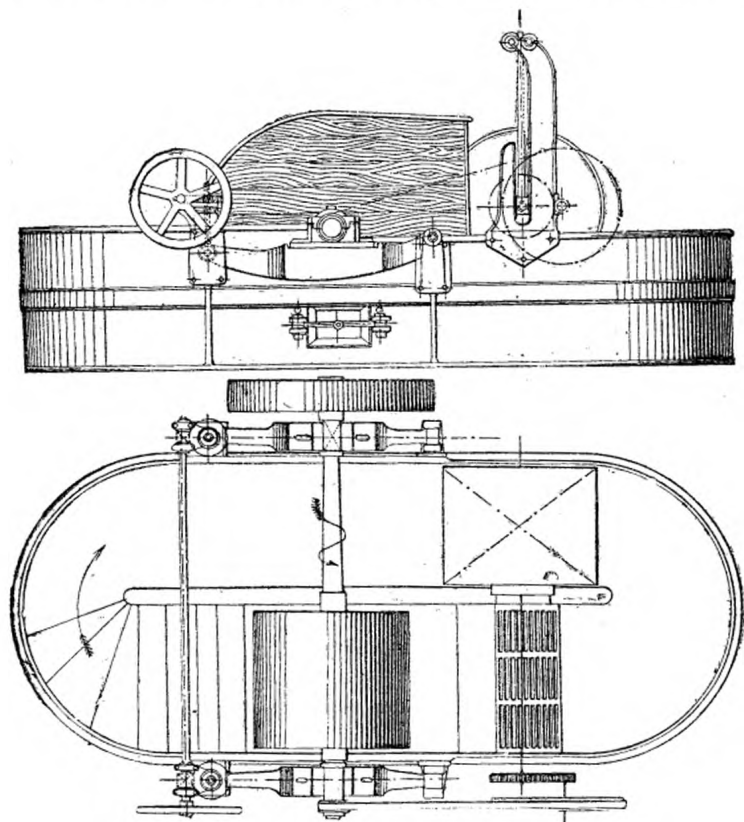


FIG. 7

afin de détruire et séparer les parties insuffisamment nitrées qui ne présenteraient pas assez de stabilité aux épreuves de fulmi-coton. Ce lavage dure de 7 à 8 heures; il faut éviter tout contact avec la vapeur.

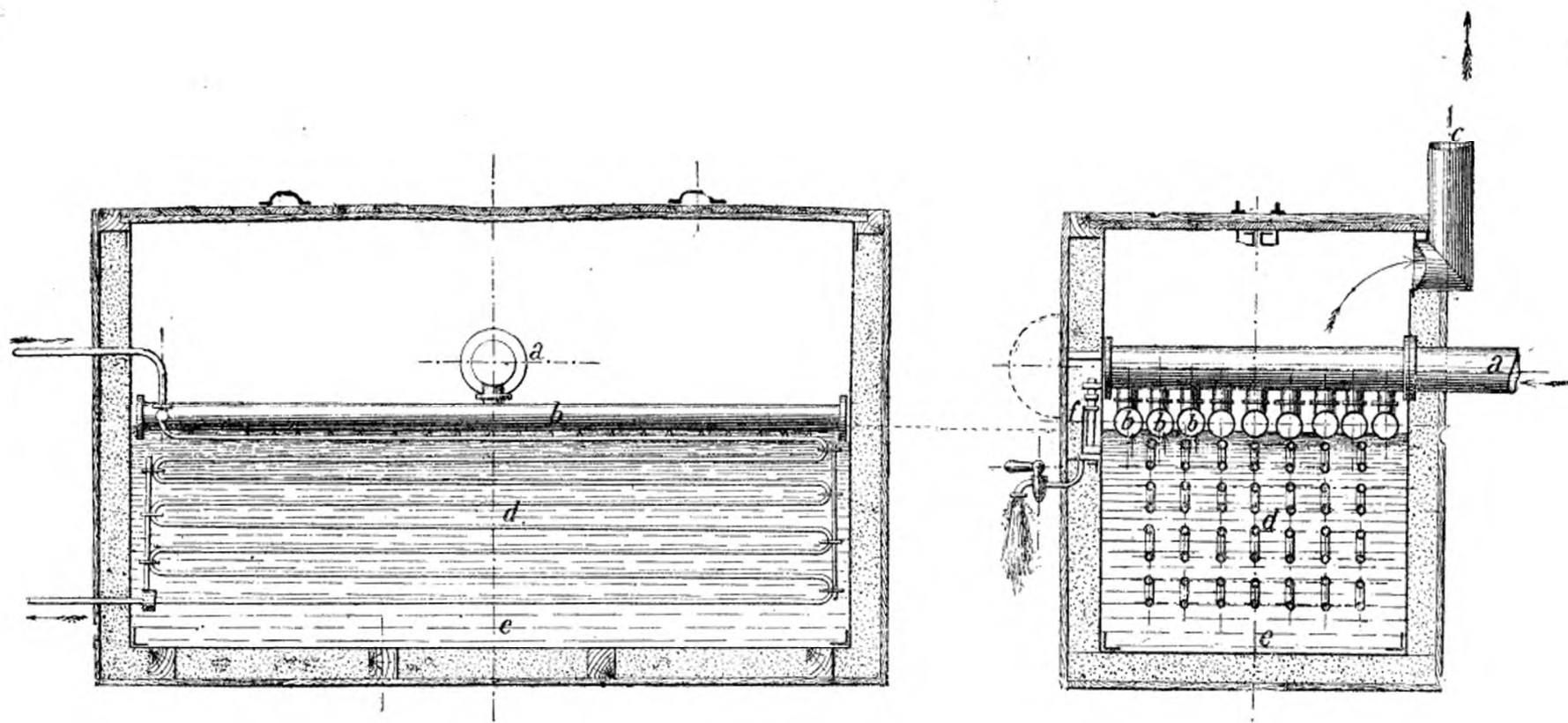


FIG. 8

On passe ensuite au centrifuge ; on fait bouillir de nouveau pendant 8 heures à l'eau pure, puis on égoutte et on essore une dernière fois.

Théoriquement 100 parties de coton sec devraient donner 184 parties de coton nitré, mais en réalité on n'en obtient guère que 175 à 180.

(c) *Pulpage*. — Le fulmicoton ainsi préparé doit être adapté aux différents usages pour lesquels il est destiné, à la guerre, à la marine, aux travaux de mines, etc.

La première opération consiste à le réduire en fin poussier dans une *pile défleuse* (fig. 7). Celle-ci comprend une cuve en ciment, un rouleau portant 40 ou 50 couteaux en lames d'acier, une platine fixe avec couteaux d'acier, un appareil de relevage et un tambour laveur à palettes.

La cuve est recouverte d'un chapeau en bois, afin d'éviter les projections. En passant entre les couteaux, les fibres de fulmicoton sont déchiquetées et débitées en particules très ténues qui se délaient dans l'eau avec laquelle elles forment une pulpe.

Cette rupture des tubes fibreux est nécessaire pour expulser les liquides qui y resteraient enfermés.

La pulpe ainsi obtenue est agitée pendant une heure dans une pile laveuse ; le fulmicoton se dépose au fond du bassin ; on décante, puis au moyen d'une pompe on l'envoie dans un réservoir de dépôt.

Ce dernier lavage, fait avec 1350 litres d'eau de chaux, additionnée de 1 kilog. 500 de carbonate de soude, et de 1 kilog. 500 de calcaire fin, a pour but de prévenir et de neutraliser tout dégagement ultérieur de vapeurs nitreuses.

(d) *Mise en cartouches*. — La pulpe est moulée en blocs, puis comprimée en cartouches par la presse hydraulique entre deux plaques d'acier perforées.

Le moulage se fait à la pression de 6 à 8 kilogrammes par centimètre carré, et la compression varie de 120 à 200 kilogrammes.

Le fulmicoton est débité en blocs, cylindres ou disques ; lorsqu'il sort de la presse, il contient encore 12 à 16 p. cent d'eau. Cette proportion s'accroît jusqu'à 33 p. 100 avant l'utilisation.

Le détonateur qui sert à faire exploser ce fulmicoton humide est du fulmicoton sec. La dessication se fait à l'air chaud, ou mieux à l'aide de l'air froid obtenu dans les appareils de M. Sencier, construits par MM. Rouart frères et C^{ie}. Le refroidisseur d'air (fig. 8), se compose d'un collecteur *a* envoyant de l'air dans les tuyaux *b* percés de trous ; ceux-ci sont immergés de 2 millimètres dans un liquide dont le niveau est réglé au moyen d'une valve *f*. On produit le refroidissement du liquide au moyen d'une solution aqueuse de chlorure de calcium qui circule dans une série de serpentins. L'air qui s'échappe des tubes *b* traverse

l'eau refoidie, et y dépose son humidité jusqu'au moment où la tension de sa vapeur correspond à celle du liquide froid.

L'air refroidi est envoyé par la conduite *c* dans des étuves en métal, parfaitement closes, et renfermant le fulmicoton à dessécher.

Avant d'être livré aux différents usages auxquels on le destine, le fulmicoton doit subir la série d'épreuves suivantes :

1° *Epreuve d'alcalinité.* — Il s'agit de reconnaître la quantité de carbonate de soude retenue.

Dans ce but on prépare deux liqueurs titrées contenant l'une 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique par litre, et l'autre 200 grammes de carbonate de soude. On traite 2 grammes du fulmicoton à examiner par 10 centilitres de la liqueur acide, puis on filtre en ajoutant de petites quantités de la même liqueur jusqu'à ce qu'il n'y ait plus trace d'acidité.

On neutralise ensuite un volume égal d'un mélange d'eau avec 10 centimètres cubes de la liqueur acide normale. Par comparaison, on déduit facilement la quantité de carbonate de soude que renfermait le fulmi-coton.

2° *Epreuve d'humidité.* — Par dessiccation à 50° on détermine la quantité d'eau contenue.

3° *Epreuve d'incinération.* — On enflamme 2 grammes de fulmicoton, et le résidu ne doit pas être supérieur à 4 ou 5 p. 100.

4° *Epreuve de solubilité.* — On opère sur 3 grammes, et on calcule la quantité de nitrocellulose qui peut être dissoute par un mélange de 1 partie d'alcool à 40° et 2 parties d'éther rectifié. Celle-ci ne doit pas être supérieure à 10 %.

5° *Epreuve de chaleur.* — Cette épreuve a pour but de s'assurer qu'il ne reste pas d'acide libre et que le produit est suffisamment stable. On opère sur quelques grammes de fulmicoton desséché que l'on met dans un tube suspendu au centre d'un bain d'eau chaude. Ce tube est fermé par un bouchon qui porte une bande de papier amidonné et iodé. On chauffe à 52°; et le fulmicoton doit supporter cette chaleur pendant 15 minutes sans que le papier brunisse.

La fabrication du coton-poudre, après être restée longtemps dans la période des tâtonnements, est devenue industrielle et pratique à la suite des travaux du baron von Lenk en Autriche et de sir Frédéric Abel en Angleterre. Le premier a démontré qu'il était absolument nécessaire d'opérer avec des matières pures et d'enlever jusqu'aux dernières traces d'acidité. M. Abel a rendu l'emploi de cet explosif facile et sans danger par l'invention du pulpage qui brise les fibres cotonnées pour en expulser les liquides intérieurs, par l'alcalisation qui pare aux

dangers d'une dénitration postérieure, et enfin par la compression en disques, cartouches, etc.

Le fulmicoton, tel qu'il sort des fabriques, renferme de 15 à 20 p. 100 d'eau. Il peut être coupé, percé, travaillé de toutes façons, transporté et emmagasiné sans danger.

Il est employé pour le changement des obus.

L'artillerie prussienne, jusqu'en 1888, s'en servait sous formes de rondelles de 5 centimètres d'épaisseur, empilées dans des boîtes en tôle légère avec remplissage de paraffine. Ces boîtes étaient enfermées dans des obus en acier, à parois minces, à chapeau ogival.

Les obus lancés avec le mortier de 21,5 centimètres de diamètre et de 5 ou 6 calibres de longueur, portaient des charges de 19 à 26 kilogrammes.

L'obus de 26 kilogrammes traverse, à la distance de 4000 mètres, une voûte en maçonnerie de 1 mètre d'épaisseur, recouverte d'une chape en ciment de 60 à 80 centimètres et d'une couche de terre damée de 3 mètres à 3^m,50. Un semblable projectile produit, dans un sol de consistance moyenne, une excavation mesurant 4^m,80 de diamètre et 2^m,50 de profondeur.

En dehors de leurs applications militaires, les cartouches de coton-poudre sont employées aux travaux de mine ; elles sont utilisées également pour la production de signaux.

Signaux de détresse. — La Société « The Cotton Powder » expose, dans la section anglaise, des signaux pour navires, désignés sous le nom de *signaux à dé*, et qui sont susceptibles de projeter de vives lumières et de produire en même temps une forte détonation. Leur emploi, déjà sanctionné par l'expérience, est basé sur la vivacité d'inflammation et d'explosion du fulmicoton.

Ces appareils sont destinés à remplacer l'antique et classique canon d'alarme et les fusées volantes ; leur usage permet de supprimer les approvisionnements de poudre, cause fréquente d'accidents sur les navires de commerce.

On les installe à bord avec la plus grande facilité, et leur manœuvre n'exige ni baguettes, ni allumettes, ni porte-feu.

L'appareil se compose d'un petit cylindre métallique, mesurant 0^m,18 de longueur et 0^m,05 de diamètre, et qui renferme les matières inflammables : c'est la fusée proprement dite. Elle est remplie de charges alternées de *tonite*, ou fulmicoton au nitrate de baryte, et de poudre noire ; l'amorçage se fait par l'intermédiaire d'un détonateur dont la charge de fulminate est recouverte d'une poudre noire ordinaire ou bien d'un composé de salpêtre, soufre et sulfure d'antimoine.

La fusée est placée dans un dé en bronze phosphoreux que l'on peut visser sur la lisse ou disposer sur le pont (fig. 9). On la projette au moyen d'une ficelle qui est reliée à un tube de friction (fig. 10).

En tirant vivement sur la ficelle, on donne au signal une impulsion suffi-

sante pour le faire sortir du dé. En même temps la friction détermine l'inflammation de la charge, et la fusée s'élève et brûle jusqu'à ce qu'elle ait atteint une hauteur de 150 à 180 mètres. En ce moment, la détonation se produit avec une violence telle que l'on peut l'entendre à plusieurs kilomètres de distance.

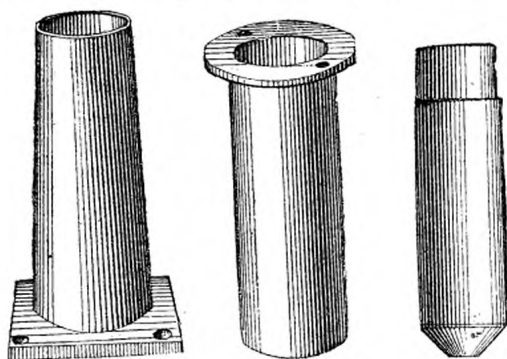


FIG. 9

Le plus souvent on ajoute à la charge quelques compositions à étoiles qui sont projetées de tous côtés en laissant de brillantes traînées ; on peut obtenir des feux verts, rouges, etc., en faisant entrer dans le mélange certains nitrates comme celui de baryte ou celui de strontiane.

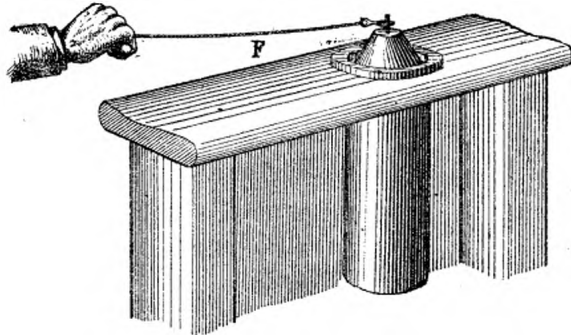


FIG. 10

Ces signaux se manœuvrent sans la moindre difficulté par tous les temps, pendant les orages, et dans les circonstances les plus défavorables ou les plus critiques. Aussi rendent-ils de grands services à bord des navires et des embarcations en détresse. On les ajuste dans la lisse, ou bien on les attache sur le pont, sur le tillac, ou en tout autre endroit aussi dégagé que possible ; ils sont toujours prêts à fonctionner.

Le cas échéant, on peut remplacer le tube à friction par une mèche Bickford

que l'on enflamme à la main ; mais, dans tous les cas, il faut veiller à ce qu'aucun obstacle ne vienne entraver le départ de la fusée.

Les signaux à dé peuvent encore être utilisés pour répandre de l'huile, pendant une tempête, sur une mer agitée, dans le but de produire autour du navire une zone liquide relativement calme. A cet effet, ils sont accompagnés d'un cylindre rempli d'huile. Lorsque l'explosion se produit, le cylindre vole en éclats et l'huile est dispersée en pluie fine. On sait que toutes ces gouttelettes d'huile tendent ensuite à se réunir et à recouvrir uniformément une surface plus ou moins considérable de la mer.

Des expériences faites récemment par le capitaine allemand Meissel, il résulte que l'explosion de cinq de ces cylindres, à 450 mètres de distance, suffit pour couvrir d'huile environ 1 500 mètres carrés de vagues, et pour créer ainsi un certain calme autour d'un navire.

L'emploi des signaux à dé et à cylindre d'huile pourrait également rendre de grands services dans les stations de sauvetage ; ils permettraient de protéger les embarcations jusqu'à une assez grande distance des côtes et faciliteraient ainsi les opérations ou tentatives de sauvetage.

III. — Poudres sans fumée

Généralités. — Lorsqu'on fait détoner une poudre dans une arme quelconque, une portion seulement des effets explosifs sont utilisés, ceux qui ont pour résultat de chasser le projectile. Les autres correspondent à des pressions, parfois très considérables, exercées sur les parois de l'arme, et sont, par conséquent, des plus nuisibles.

Pour bien utiliser une poudre, il faudrait donc, d'une part, augmenter son effet utile, celui qui imprime au projectile sa vitesse initiale ; et, d'autre part, diminuer son effet nuisible, lequel est représenté par la somme des pressions exercées sur l'arme elle-même.

En outre, il y a lieu de considérer qu'une poudre peut agir de deux façons différentes : soit en chassant brusquement le projectile, et la poudre est dite *vive* ; soit en le poussant par une série d'efforts qui se superposent et qui finissent par déterminer le mouvement, c'est le cas d'une poudre *lente*.

Or, si une poudre est trop vive, son explosion peut provoquer la rupture des armes ; si, au contraire, elle est trop lente, sa combustion complète s'effectuera avant que le projectile n'ait eu le temps de sortir de l'arme, et, par suite, avant que celui-ci ne soit en état d'utiliser sa vitesse maximum.

Les recherches faites depuis 30 ou 40 ans ont eu exclusivement pour but l'amélioration de l'ancienne poudre au salpêtre, soufre et charbon ; on a cher-

ché à modifier ses propriétés, afin d'obtenir une augmentation de la vitesse initiale du projectile et, en même temps, une diminution de la pression des gaz à l'intérieur des armes.

Dans ce but, on a perfectionné les procédés de fabrication, et les poudres à mousquet, granulées, agglomérées ou comprimées, ont été avantageusement substituées à l'ancien *pulvérin*. Toutefois les résultats n'ont jamais été complètement satisfaisants, car, en dépit de tous les perfectionnements, la poudre noire conserve tous les défauts inhérents à sa nature : elle est salissante et encrasse les armes ; elle développe une température très élevée qui nuit à la facilité et à la rapidité des chargements ; elle a toujours un effet corrosif et elle dégage une fumée épaisse.

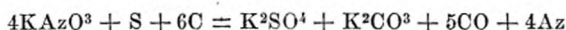
Pour ces raisons, les recherches des inventeurs se sont portées vers des poudres de compositions différentes. Ainsi, entre 1865 et 1869, on a essayé les *poudres picriques ou picratées* (poudres de Borlinetto, de Brugère, de Désignolle, etc.). Les résultats étaient bons, particulièrement avec le picrate d'ammoniaque ; ces poudres donnent, en effet, une grande vitesse initiale, elles n'encrassent pas les armes, et la fumée qu'elles dégagent est relativement faible. Malheureusement, leur conservation est très défectueuse ; elles s'altèrent rapidement, en perdant une partie de leurs qualités.

En 1867, le colonel Schultze, de l'artillerie prussienne, eut l'idée d'utiliser le *pyroxylyle* ou *cellulose nitrée*. Ses premières tentatives ne furent pas heureuses, du moins au point de vue militaire, et pendant longtemps la poudre Schultze fut exclusivement utilisée comme poudre de chasse, avec plus ou moins de succès. Mais, avec tous ses défauts, elle avait des qualités sérieuses qui attirèrent l'attention ; elle suscita de nouvelles recherches, et les travaux de MM. Abel en Angleterre, Nobel et Vieille en France, conduisirent à la fabrication actuelle des poudres de guerre, dites *poudres sans fumée*, par l'utilisation des grands explosifs.

Les explosifs tels que la nitroglycérine et le fulmicoton présentent, en effet, de sérieux avantages ; ils laissent peu de résidu, ne donnent qu'une faible fumée et impriment aux projectiles une grande vitesse initiale. Leur défaut principal est de développer une pression subite et considérable ; pour y remédier, autrement dit, pour constituer au moyen de ces explosifs une poudre d'une lenteur relative, susceptible d'être employée sans danger, on les a mélangés avec certaines substances *ralentissantes*. Puis on a été amené à dissoudre le fulmicoton dans des préparations chimiques spéciales, et finalement à faire usage des *nitro-celluloses solubles*, soit seules, soit mélangées au fulmicoton.

Compositions et effets des poudres sans fumée. — Si, à l'inverse des poudres noires ordinaires, les grands explosifs tels que la nitroglycérine et le fulmicoton ne donnent qu'une faible fumée, c'est parce que les produits de leur décomposition sont des gaz simples.

Prenons par exemple, une poudre noire ; le dernier résultat produit par son explosion peut s'établir approximativement par la formule suivante :

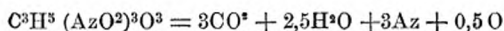


c'est-à-dire qu'il y a formation de sulfate et de carbonate de potasse. En admettant qu'il y ait détonation complète, il est probable qu'il se fait une première décomposition en éléments simples volatilisés, puis le contact de l'air donne lieu à des recombinaisons. On aurait d'abord des vapeurs de soufre et de potassium, puis du sulfure de potassium, et enfin du sulfate et du carbonate de potasse.

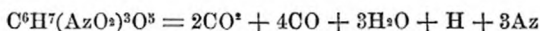
Ces corps solides produisent la fumée que vient encore épaissir la présence du charbon généralement en excès ou inutilisé.

En remplaçant le nitrate de potasse par le nitrate d'ammoniaque, la fumée est moindre, parce que le sel ammoniacal, en se décomposant, ne donne que des gaz et de la vapeur d'eau.

La détonation de la nitroglycérine est plus simple, car elle donne de l'acide carbonique, de l'eau, de l'azote et de l'oxygène, tous gaz simples, suivant la formule suivante :



De même, le fulmicoton dégage des gaz simples : acide carbonique, oxyde de carbone, vapeur d'eau, hydrogène et azote.



C'est ainsi que l'on a été amené à utiliser la nitroglycérine et le fulmicoton pour fabriquer des poudres de guerre, puis à donner la préférence aux nitrocelluloses solubles, pour les raisons que nous avons établies précédemment, et comme le démontrent les différentes préparations que nous allons indiquer.

Les nitrocelluloses qui servent à préparer les poudres sans fumée, sont dissoutes dans un liquide volatil qui, après évaporation, laisse une masse plus ou moins transparente, plus ou moins cassante, que l'on transforme ensuite en grains ou en écailles.

On emploie la nitrocellulose seule ou mélangée avec un ou plusieurs agents oxydants, ou encore avec certaines matières qui, comme le camphre ou la benzine, ont la propriété de ralentir la vivacité de l'explosion.

Les dissolvants doivent sécher très vite, ne pas absorber l'humidité de l'air, et surtout ne pas altérer la composition ou les qualités de la poudre. Parmi les nombreux dissolvants qui ont été préconisés, citons :

L'alcool méthylique ou éthylique avec l'éther sulfurique ;
L'acétate d'amyle seul ou avec l'alcool amylique ;
L'acétate de méthyle ;
L'acétone ;
Le chloroacétone de chloroamyle ;
L'éther acétique ;
L'acide acétique cristallisable ;
La benzine rectifiée ;
La nitrobenzine pure ;
Et, en général les hydrocarbures nitrés de la série aromatique, etc.

En résumant ce qui précède, on peut dire que les difficultés de fabrication d'une poudre sans fumée consistent :

1° Dans la préparation d'une nitrocellulose de composition constante et homogène, aussi complètement soluble que possible, et ne laissant pas de résidu cellulosique ou carbonacé ;

2° Dans le choix d'un dissolvant non hygroscopique et donnant avec la poudre une substance indécomposable dans les conditions ordinaires de préparation, de manipulation et d'emmagasinement, et susceptible d'être conservée sans détérioration, pendant plusieurs années, avec les simples précautions usuelles.

Nous allons passer en revue les principales poudres sans fumée, en commençant par celle du Colonel Schultze, la première en date (1867), celle qui a inspiré toutes les autres.

1° *Poudre Schultze*. — Elle est connue par les chasseurs sous les noms de poudre de bois, poudre pyroxylée, poudre blanche, etc. On la prépare au moyen d'une nitrocellulose de bois mélangée avec du salpêtre.

Elle se présente sous la forme de petits grains jaunâtres.

Elles se décompose en donnant 95 p. 100 de son poids en gaz simples... la poudre noire n'en fournit que 25 à 30 p. 100.

A la charge de 2 gr. 50 elle communique à la balle la même vitesse que 4 gr. 70 de poudre ordinaire de chasse ; elle a en outre l'avantage de donner beaucoup moins de fumée et de ne laisser qu'un faible résidu.

2° *Poudre Vieille*. — La poudre Vieille, en usage dans l'armée française depuis 1887, est connue sous les noms de poudre B et poudre BF.

Le secret de sa composition a été jusqu'à présent admirablement gardé, et aucune puissance n'a encore pu trouver une poudre équivalente pour l'ensemble de ses propriétés.

La poudre BF est de couleur brune, elle est formée de petites plaquettes brillantes de 2 millimètres de côté et $\frac{1}{3}$ de millimètre d'épaisseur ; il en faut 550 pour faire le poids d'un gramme.

Elle peut se conserver longtemps en magasin sans se détériorer.

Résultats obtenus avec une balle de 16 grammes et le fusil de 8 millimètres :

Poids de la charge.	2,70 grammes.
Vitesse initiale.	620 mètres.
Pression	2.657 kilog.

3° *Poudre Abel.* — Sir Fred. Abel a breveté en Angleterre, le 15 nov. 1886, une poudre sans fumée, sous le nom de *Smokeless explosive*.

Elle est composée de :

Nitrocellulose pulvérulente et sèche.	100 p.
Nitrate d'ammoniaque desséché.	10 à 50 p.

Le mélange de ces deux substances est pétri avec de l'huile ou de l'essence de pétrole, puis moulé en blocs, prismes ou grains.

La compression chasse une partie du pétrole, et le reste est expulsé en chauffant modérément.

On traite ensuite par un dissolvant qui ne fait que dissoudre superficiellement la nitrocellulose en formant autour des grains ou blocs une sorte de vernis protecteur.

On peut mélanger préalablement le dissolvant avec le pétrole.

4° *Poudre Turpin.* — M. Turpin a fait breveter, en 1888, la poudre suivante :

On dissout la nitrocellulose dans la nitrobenzine, un hydrocarbure nitré de la série aromatique, l'aniline, les aldéhydes, le nitroamidon, l'acétone, les éthers, etc., ou encore l'ammoniaque en dissolution dans un éther, sulfurique ou autre.

La pâte est égouttée, comprimée, desséchée et finalement découpée en petits fragments.

Pour retarder la rapidité de la combustion, on ajoute du camphre, de la paraffine, de la nitrobenzine, du nitrotoluol, etc.

5° *Poudre-papier de Wetteren.* — La grande poudrerie belge de Wetteren fabrique, depuis 1888, une poudre sans fumée en dissolvant la nitrocellulose mélangée avec du nitrate de baryte, dans l'acétate d'amyle. On sèche en feuilles et on divise ensuite en fragments carrés de 2 millimètres de côté et d'une très faible épaisseur.

Cette poudre a une couleur de feuilles mortes. Elle est connue, dans la fabrication courante, sous la désignation de n° 32.

Résultats obtenus avec une balle de 14 grammes :

Poids de la charge	2,50 grammes
Vitesse initiale	590 mètres
Pression, environ	2800 kilog.

6° *Poudre Gaens*. — M. Fred Gaens, a fabriqué à Hambourg, en 1889, une poudre présentant la composition suivante :

Nitrocellulose.	25 p.
Nitrate de potasse	60 p.
Ulmate d'ammoniaque	15 p.

On dissout dans l'éther acétique, puis on comprime la masse, on la granule et on la dessèche.

L'ulmate d'ammoniaque est obtenu en traitant la tourbe par l'ammoniaque.

7° *Poudre Wolf*. — La firme Wolf et C^{ie}, à la fabrique autrichienne du fulmicoton de Walsrode, recouvre les grains de fulmicoton d'un vernis protecteur en dissolvant superficiellement la nitrocellulose, au moyen d'éther acétique ou de nitrobenzine. Ce vernis retarde la combustion de la poudre, qui peut dès lors être employée sans danger dans les armes.

8° *Poudre Maxim*. — M. Maxim, l'inventeur des mitrailleuses bien connues, fabrique une poudre sans fumée par le procédé suivant :

On chauffe de l'éther acétique au bain-marie et la vapeur produite est envoyée dans un cylindre rempli de fulmicoton ; on a préalablement fait un vide d'air partiel. Le fulmicoton s'imprègne d'éther ; quand il est saturé, on le comprime, on chasse ensuite l'excès d'éther par évaporation, et finalement on granule ou on pulvérise.

9° *Poudre Hengst* (1889). — M. Ch. Fred. Hengst emploie la paille d'avoine, qui demande un soin particulier pour être purifiée. Il la transforme ensuite en nitrocellulose soluble, comme la *paléine* que M. Lanfrey préparait, il y a quelques années, à l'usine d'Arrendonck (Belgique).

Le produit obtenu est maintenu, pendant une période variant de 2 à 6 heures, dans un bain bouillant composé de la manière suivante :

	kilog.
Eau.....	1.000 »
Salpêtre..	12.50
Chlorate de potasse.....	3.125
Sulfate de zinc.....	12.50
Permanganate de potasse.....	12 50

On laisse refroidir, puis on expulse les liquides par compression, et l'on transforme ensuite en grains ou en poudre fine.

10° *Poudre Johnson-Borland*. — Suivant le brevet de 1885, on prépare d'abord une poudre grenée avec les éléments suivants :

Nitrocellulose.....	50 p.
Nitrate de potasse.....	40 p.
Noix de fumée ou amidon torréfié..	10 p.

On la sature ensuite avec une solution de camphre dans un dissolvant volatil, pétrole ou benzine. En chauffant à une température inférieure à 100°, le dissolvant disparaît et le camphre reste intimement mélangé avec la nitrocellulose.

On chauffe de nouveau, mais en vase clos, et le camphre produit une sorte de vernis, tandis que la masse prend une grande dureté.

C'est une préparation analogue à celle du *celluloïde*.

11° *Poudre Nobel*. — Sa composition est celle d'une nitrogélatine, ou plutôt elle renferme tous les éléments de la gélatine de guerre :

Nitroglycérine.	100
Nitrocellulose	100
Camphre	5 à 15

On commence par dissoudre le camphre dans la nitroglycérine, puis on ajoute 200 à 400 parties de benzine ou d'acétate d'amyle et enfin la nitrocellulose. On fait évaporer la benzine, puis on lamine la masse entre des rouleaux creux chauffés à 50 ou 60° par un courant de vapeur. On obtient des feuilles que l'on découpe ensuite en grains cubiques.

M. Nobel ayant reconnu que la présence du camphre, corps très volatil, ne permettait pas d'obtenir des produits toujours constants, a proposé une nouvelle formule ; c'est celle de la *balistite*, poudre sans fumée des Italiens.

La fabrication de la balistite est assez compliquée. On commence par immerger la nitrocellulose dans la nitroglycérine à la température ordinaire ; après addition de benzine en dose suffisante pour insensibiliser la nitroglycérine et faciliter la dissolution. Puis, au moyen d'une pompe pneumatique, on fait un vide partiel au-dessus du mélange, de façon à éliminer les nombreuses bulles d'air qui sont restées emprisonnées et qui plus tard retarderaient la dissolution et donneraient une dessiccation irrégulière. Cela fait, on comprime la matière pour en expulser l'excès de nitroglycérine, et on la chauffe dans de l'eau à 80° afin de compléter l'absorption de la nitrocellulose dans la nitroglycérine. On obtient une pâte qui est laminée, à l'épaisseur de 2 millimètres, entre des plaques ou des rouleaux creux chauffés à 80°. On achève la dessiccation à chaud, ou dans le vide, et finalement on procède au découpage.

La cellulose nitrée doit être aussi complètement soluble que possible et par-

faitement neutre ; dans ces conditions, les plaques sont transparentes et sans taches.

Pour s'assurer contre toute émanation nitreuse de la nitroglycérine on lui incorpore, avant l'emploi, une petite quantité de *diphénylamine*.

La balistite est brune. Elle est découpée en petits fragments cubiques de 1,5 millimètre de côté. Comme tous les produits à base de nitroglycérine, elle se conserve difficilement et résiste mal au froid et à l'humidité.

Résultats obtenus :

Poids de la charge	2,35 grammes
Vitesse initiale	623 mètres
Pression	2535 kilog.

12° *Cordite*. — La cordite, imaginée par sir Fred. Abel, est, comme la poudre Nobel, préparée avec une gélatine de guerre.

On étire la matière en filaments analogues au vermicelle, on les recoupe à la longueur des cartouches et on les assemble en faisceaux.

La cordite est de couleur brun clair.

13° *Poudre Emmens ou gellite*. — Le Dr Emmens, de New-York, a inventé une poudre sans fumée qui est actuellement à l'essai aux États-Unis (1890).

C'est une nitrocellulose saturée de picrate d'ammoniaque. On la prépare à l'aide de papier, que l'on nitre par les mêmes procédés que le coton. Le nitro-papier ainsi obtenu, ayant été lavé, puis neutralisé au carbonate d'ammoniaque, est chauffé avec de l'acide picrique. On fait ensuite passer dans la masse un courant de gaz ammoniac, qui transforme l'acide picrique en picrate d'ammoniaque.

Cette poudre laisse peu de fumée ; elle donne, dit-on, de très bons effets balistiques.

Telles sont les principales poudres sans fumée actuellement connues. Nous n'avons pas discuté leur valeur, et nous nous bornerons à résumer les qualités ou propriétés que doit avoir la poudre *idéale*. Elle doit :

Se fabriquer et se manipuler sans danger ;

Brûler à l'air libre sans déflagration, et n'exploser que dans un espace clos ;

Donner une grande vitesse initiale et par suite un tir très tendu ;

Développer une pression modérée à l'intérieur des armes ;

Ne pas encrasser les armes ;
Laisser peu de fumée ;
Se conserver en magasin sans détérioration.

Différente de la poudre noire, qui se prête à tous les services et à tous les calibres d'armes, la poudre sans fumée n'a pas encore pu, jusqu'à présent, se généraliser dans ses emplois. Il faut la modifier suivant les dimensions de l'arme, car elle doit brûler d'autant plus lentement que le calibre de la chambre de combustion est plus petit.

Ce n'est là, d'ailleurs, qu'un inconvénient auquel on ne tardera pas à remédier, avec les perfectionnements que l'on apporte tous les jours à la fabrication des poudres sans fumée.

Disons toutefois, pour terminer, que, de l'aveu de tous, le fusil de guerre français, modèle 1886, du calibre de huit millimètres, est on ne peut mieux approprié à l'usage de la poudre BF.

Conclusions. — Malgré tous leurs avantages, les poudres sans fumée à la cellulose seront remplacées tôt ou tard par quelque nouveau produit, plus avantageux encore, mais surtout plus économique. C'est là une nécessité de premier ordre sur laquelle il est inutile d'insister. Il est impossible actuellement de fabriquer une poudre sans fumée à moins de 3 fr. 50 à 7 francs par kilo (prix de revient), et un prix aussi élevé est un obstacle aux grands approvisionnements ; étant donné d'ailleurs que la longue conservation de la plupart des poudres nitrocellulosiques n'est rien moins que certaine.

Les recherches faites depuis quelques années, principalement dans le but d'utiliser, pour produire la force motrice, les matières détonantes liquides (explosifs Sprengel, explosifs Bichel, pancastites, hellhoffite, etc.), ou les gaz liquéfiés (ammoniaque, chlorure de méthyle, acide carbonique, anhydride sulfureux, etc.), ou encore les mélanges gazeux détonants ; et les résultats déjà obtenus font prévoir la possibilité d'une appropriation de ces produits aux armes de guerre, dans des conditions nouvelles de tir et de manœuvre.

La difficulté du problème provient du fait de la violence des pressions qui se développent instantanément ; et la solution consisterait à trouver une substance facile à emmagasiner sous un petit volume et susceptible d'être utilisée par doses successives et par très petites quantités à la fois.

Il est à supposer que la prochaine Exposition universelle nous apportera la solution.

IV. — Collodions photographiques

Le collodion s'obtient en dissolvant la nitrocellulose soluble dans un mélange d'alcool éthylique et d'éther sulfurique. Par évaporation, le collodion laisse une

pellicule transparente sur les fibres de laquelle se forment les images photographiques.

Les premiers qui aient recommandé l'usage de ce produit sont les Anglais : Archer, Fry et Bingham. (1851-1852).

Le meilleur procédé de préparation de la nitrocellulose soluble pour collodion est celui qui a été indiqué par le célèbre photographe belge, M. Van Monckhoven. (1)

Le coton cardé est dégraissé dans une lessive bouillante composée de 100 litres d'eau et 2 kilogrammes de soude caustique. On lave à l'eau froide, puis à l'eau légèrement acidulée par 1 % d'acide sulfurique. On procède ensuite au blanchissage dans une solution étendue de chlorure de chaux, on rince à l'eau pure et on sèche. Le produit ainsi obtenu ne doit pas être cassant.

La nitration se fait, par petits paquets de coton de 50 grammes, dans des pots de porcelaine contenant le mélange suivant :

800 c. cubes d'acide sulfurique ($d=1,82$)
20 à 50 — d'eau pure.
500 grammes de salpêtre desséché.

On opère à la température de 60° ; l'immersion dure 10 minutes. On lave à grande eau, on exprime l'excès d'humidité et on laisse sécher à l'air.

Quand la préparation est bien conduite, 1 kilo de coton donne 1 k. 500 de nitrocellulose pour collodion.

Si le rendement dépasse 50 %, c'est que la nitration a été poussée trop loin ; dans ce cas le produit obtenu est incomplètement soluble et donne un collodion épais.

On peut encore opérer la nitration au moyen d'un mélange d'acides sulfurique et nitrique dans les proportions suivantes :

146 c. cubes d'acide nitrique ($d=1,45$).
292 — d'acide sulfurique ($d=1,85$).
73 — d'eau.

La température doit être maintenue entre 75 et 78°, et l'on immerge le coton par paquets de 10 grammes pendant 5 minutes.

La nitrocellulose ainsi obtenue est pulvérulente et donne un collodion mince et poreux.

Le collodion dit *normal* se prépare par la formule suivante :

1. *Traité général de photographie* par Von Monckhoven.

Nitrocellulose soluble.	20 grammes.
Alcool éthylique	250 c. cubes
Ether sulfurique.	500 c. cubes

L'importante question de la photographie à l'Exposition sera traitée dans une autre partie de cette Revue, mais il nous a paru intéressant d'indiquer ici l'emploi des nitrocelluloses, corps explosifs, pour la préparation des collodions.

V. — Le Vernis au pyroxyde

Les vernis ordinaires, en usage dans le commerce et destinés à protéger les objets en métal poli contre l'oxydation et l'attaque lente des agents extérieurs, présentent toutes sortes d'inconvénients. Ils sont rapidement ternis par le contact des acides, de l'eau de mer, des mouches, etc.; de plus, leur opacité relative tend à diminuer considérablement le brillant naturel du métal, et toute rayure ou éraillure dessine sur leur surface des lignes blanchâtres d'un aspect désagréable.

On a cherché à remplacer ces vernis par des compositions à base de nitrocellulose ou de collodion; celles-ci ont l'avantage d'être inaltérables et transparentes, mais elles ont l'inconvénient d'adhérer difficilement au métal, et comme elles séchent trop vite, malgré leur hygroscopicité, elles se recouvrent de bandes irrégulières ou nuageuses et de stries.

M. Crane expose, dans la section américaine, un vernis au pyroxyde, appelé *zapon*, qui paraît donner les meilleurs résultats. C'est une sorte d'email incolore qui s'applique en couches minces, au pinceau ou par immersion, sur les surfaces polies de métal, bois, marbre, ivoire, etc.; il est assez transparent pour n'altérer en aucune façon le brillant des objets qu'il est destiné à protéger. Il n'est pas hygroscopique et résiste aux liquides, aux acides et aux vapeurs nuisibles.

M. Crane compose son vernis en dissolvant la nitrocellulose dans un mélange de deux ou trois des composés suivants :

- 1° L'alcool méthylique ou éthylique avec l'éther sulfurique;
- 2° L'alcool amylique, propylique ou butylique;
- 3° La benzine rectifiée ou tout autre hydrocarbure léger dont le point d'ébullition est au-dessus de 105°;
- 4° L'acétate d'amyle avec l'alcool amylique.

Voici, par exemple, une des formules recommandées :

Acétate d'amyle	16 litres.
Alcool amylique, éthylique ou méthylique.	8 —
Benzine rectifiée	16 —
Nitrocellulose soluble	1 kilo.

L'acétate d'amyle a très peu d'affinité pour l'eau, la benzine n'en a pas ; l'alcool, au contraire, est hygroscopique. D'autre part, l'acétate d'amyle, qui seul dissoudrait assez mal la nitrocellulose, sèche lentement, tandis que l'alcool sèche vite. La combinaison de ces trois composés organiques, aux propriétés pour ainsi dire antagonistes, constitue un dissolvant facile à employer, qui ne sèche pas trop vite et qui est inaltérable à l'air, à l'eau et aux émanations gazeuses.

Le vernis Crane s'emploie à froid, soit par application au pinceau pour de petites surfaces, soit par immersion lorsqu'il s'agit de vernir une grande quantité d'objets à la fois. Le bain liquide est renfermé dans un réservoir étamé, disposé sur l'unique côté ouvert d'une cage en bois dans laquelle on maintient, autant que possible, une température constante de 25 à 30°.

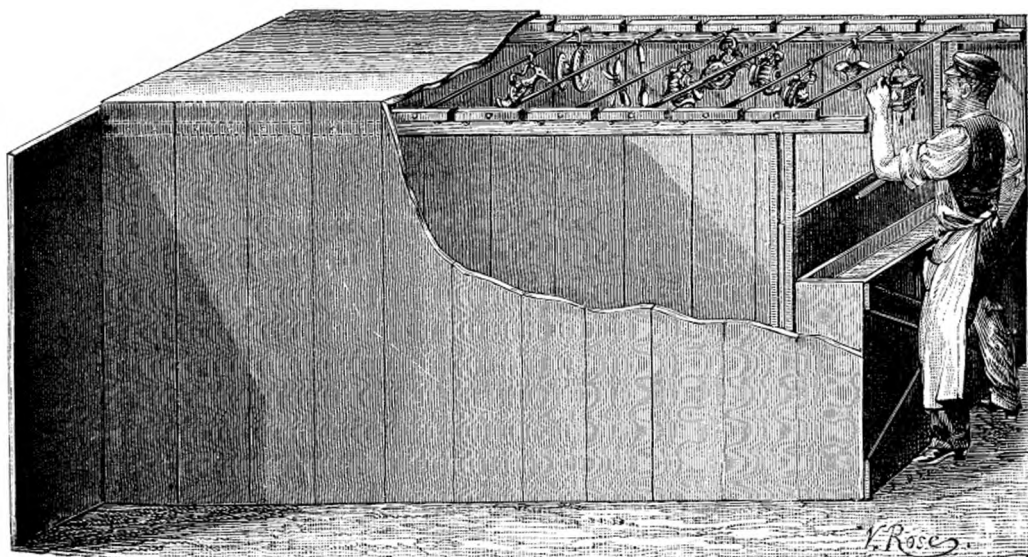


FIG. 11

Les pièces à vernir, après avoir été préalablement nettoyées et au besoin dégraissées, sont trempées, puis accrochées sur des tringles à égouttage que l'on pousse au fur et à mesure au fond de la cage (fig. 11.). Il est important d'éviter les courants d'air qui, en venant frapper brusquement les objets, produiraient une dessiccation trop rapide ou irrégulière.

Les qualités du vernis Crane dépendent beaucoup du degré de solubilité des nitrocelluloses dont on fait usage ; il importe, par conséquent, que celles-ci

soient aussi bien préparées que possible et ne renferment qu'une faible proportion de matières insolubles ou incomplètement solubles.

La fabrique de vernis Crane installée à Short-Hills, New-Jersey, aux États-Unis, prépare elle-même ses nitrocelluloses, en suivant une série d'opérations analogues à celles que nous avons indiquées pour la fabrication du fulmicoton, et, en général, des nitrocelluloses que le commerce ou l'industrie demande par grandes quantités à la fois. Les ateliers sont séparés et isolés les uns des autres, comme dans les fabriques de matières explosives, dans le but d'assurer la sécurité des ouvriers et de diminuer les dommages en cas d'accident.

VI. — La Soie artificielle

Le problème de la production artificielle de la soie a été posé en 1865, pour a première fois, par M. Émile Blanchard, membre de l'Académie des sciences, dans les termes suivants :

« Les investigations des naturalistes ont déjà été poussées assez loin pour que « l'on puisse espérer avec raison un nouveau pas dans la voie des découvertes, « et penser que ces chercheurs ne tarderont pas à se rendre compte de quelques « actions chimiques qui se passent dans le corps des animaux. Ce succès obtenu, « à l'égard des glandes séricipares du ver à soie, ne serait pas seulement un beau « triomphe pour la science, mais encore une admirable fortune pour les intérêts « matériels ».

Depuis cette époque, M. Blanchard n'a pas discontinué de faire des recherches sur cet intéressant sujet, et, à plusieurs reprises, il a communiqué à l'Académie des sciences les résultats de ses expériences. Il a établi que les matériaux constitutifs de la soie existent dans la nourriture même de l'animal, c'est-à-dire dans la feuille de mûrier.

« Après que les produits de la digestion, dit-il, ont passé dans le sang, les pa- « rois des glandes dites séricigènes apparaissent comme une membrane opérant « la séparation du fluide nourricier de la substance destinée à s'étirer en fils « soyeux. »

M. E. Blanchard a pu en quelque sorte suivre cette dialyse dans des circonstances où des vers à soie avaient été nourris avec des feuilles de mûrier saupoudrées, soit avec de l'indigo, soit avec de la garance (1). La substance qui s'accumule dans les glandes entraîne avec elle quelque peu de la matière colorante, et son passage se trouve manifesté par la coloration des cocons qui prennent une coloration rouge, due à la garance, ou une coloration verdâtre

1 Comptes rendus de l'Académie des sciences. — Avril 1890.

produite par une combinaison du bleu de l'indigo et du jaune de la matière sécrétée.

Pour reproduire artificiellement la soie, il faudrait donc dissoudre la feuille de mûrier dans une combinaison chimique convenable, puis trouver une membrane capable d'effectuer la dialyse de la matière soyeuse à l'instar de la membrane qui constitue les glandes séricigènes.

« En réalité, dit encore M. Blanchard, la substance contenue dans les grosses glandes, bien que fournissant des fils soyeux, ne donne pas la soie elle-même; il faut que les brins, à leur passage dans les filières, se trouvent imprégnés par les vernis qui procurent à la matière textile son magnifique éclat, en un mot, sa plus belle qualité. »

Cette synthèse théorique de la soie n'a pas encore pu être reconstituée expérimentalement. Toutefois, deux inventeurs, M. de Chardonnet et M. du Vivier, sont arrivés, par des moyens plus ou moins détournés, à la reproduire partiellement dans son évolution la plus simple. On peut, en effet, admettre que le ver à soie absorbe la cellulose de la feuille de mûrier, et qu'il la sécrète ensuite, après l'avoir dissoute, sous la forme d'une matière, liquide ou visqueuse, qui se solidifie en arrivant au contact de l'air.

Or, la cellulose commerciale n'ayant pas de véritable dissolvant, on use d'un subterfuge qui consiste à la transformer préalablement en nitrocellulose soluble, et à dissoudre ensuite celle-ci dans une liqueur convenable. C'est cette dissolution que l'on transforme en fils ténus en l'écoulant par un tube capillaire dans de l'eau froide.

MM. de Chardonnet et du Vivier exposent, l'un dans la Galerie des Machines, l'autre dans le Pavillon des Forêts, au Trocadéro, leurs appareils et les produits obtenus, bruts et tissés. Nous allons en donner la description :

1° *Procédé de Chardonnet.* — La nitrocellulose est préparée avec un soin particulier et des procédés spéciaux dans le but d'éliminer, autant que possible, les parties insolubles. Nous avons suffisamment insisté, à propos des poudres sans fumée, sur la difficulté d'obtenir un résultat à peu près satisfaisant. Les recherches et les travaux poursuivis par M. de Chardonnet, depuis 1884, époque à laquelle il déposait sous pli cacheté, à l'Académie des sciences, sa première communication relative à l'imitation de la soie, permettent de supposer qu'il a fait faire un grand pas à la question.

Son exposition ne comprend pas la fabrication de la nitrocellulose; celle-ci est préparée par des procédés tenus secrets dans l'usine de l'Isère. C'est de là que sont envoyés les produits travaillés à l'Exposition.

On dissout 3 grammes de nitrocellulose dans 120 à 150 centimètres cubes d'un mélange en parties égales d'alcool et d'éther, auquel on ajoute 2,5 centi-

mètres cubes d'une solution alcoolique de 10 % de perchlorure de fer ou d'étain- et 1,5 centimètre cube d'une solution alcoolique d'acide tannique.

La liqueur, ainsi obtenue, est filtrée et maintenue sous pression dans un réservoir en cuivre étamé dont le fond est relié à une conduite sur laquelle sont fixés des tubes de verre à terminaison capillaire A (fig. 12). Un second tube B enveloppe chacun des premiers et reçoit un excès d'eau par la tubulure C. L'eau qui circule dans le tube extérieur, est retenue par une garniture en caoutchouc et déborde à la partie supérieure en recouvrant l'extrémité du tube A. La dissolution de nitrocellulose, qui est chassée par pression dans ce dernier tube, se solidifie dès qu'elle arrive au contact de l'eau, et forme un fil fin que saisit une pince automatique et qui est successivement tiré, guidé, et enroulé sur un dévidoir mobile (fig. 13).

Une certaine quantité de tubes capillaires fonctionnent simultanément, et chacun d'eux débite un fil de soie.

L'ensemble de l'appareil est renfermé dans une cage vitrée où circule un cou-

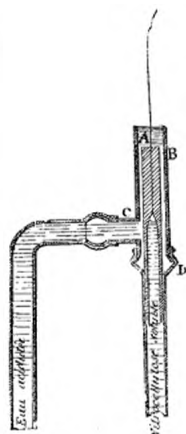


FIG. 12

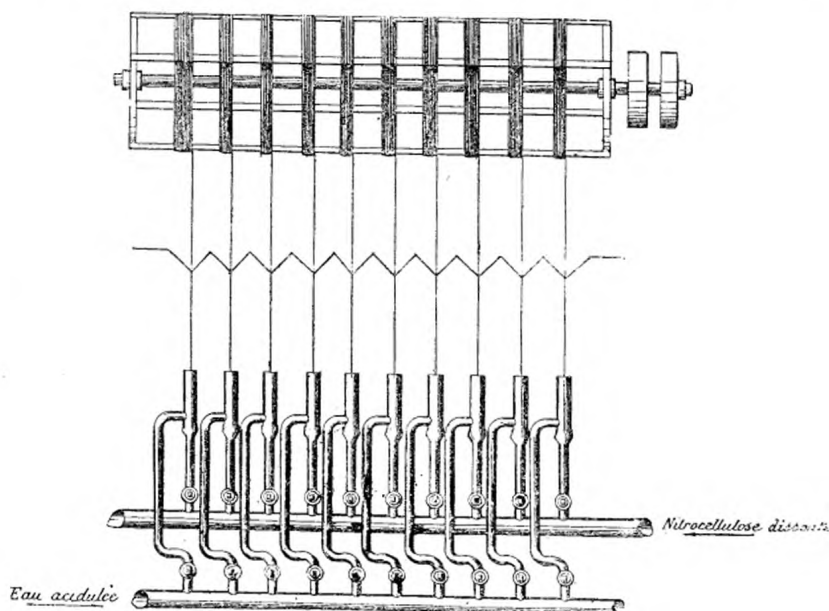


FIG. 13

rant d'air froid et sec qui dessèche le fil et chasse les vapeurs; celles-ci sont recueillies et condensées, et sont destinées à régénérer le dissolvant.

La matière textile ainsi obtenue possède un brillant analogue à celui de la soie. Sa densité, qui est de 1,49 environ, est comprise entre celle des grèges (1,66) et celle des soies cuites (1,43). L'épaisseur des fils, que l'on règle à volonté, au moyen d'un obturateur, peut varier, selon l'inventeur, depuis $\frac{1}{1000}$ jusqu'à $\frac{40}{1000}$ de millimètre; leur résistance à la rupture, toujours d'après l'inventeur, est de 25 kilogrammes, celle des soies grèges étant de 30 à 45.

En introduisant des couleurs d'aniline dans la solution de nitrocellulose, avant le filage, on obtient des soies colorées.

2° Procédé du Vivier. — M. du Vivier emploie, comme M. de Chardonnet, les nitrocelluloses solubles, et particulièrement les nitrocelluloses de coton; mais, au lieu de les dissoudre dans un mélange d'alcool et d'éther, dont les vapeurs sont toujours dangereuses, il emploie comme dissolvant l'acide acétique cristallisable.

La fabrication de la soie artificielle, par le procédé du Vivier, comprend la série d'opérations suivantes :

On prépare de la cellulose pure en immergeant du coton pendant 72 heures dans une lessive de soude caustique et d'ammoniaque; puis on procède à la nitruration, à la température de 60°, au moyen de nitrate de soude et d'acide sulfurique; on dissout la nitrocellulose ainsi obtenue dans l'acide acétique cristallisable, auquel on a ajouté une solution de gutta-percha dans le sulfure de carbone, une certaine quantité de colle de poisson, et quelques gouttes de glycérine et d'huile de ricin.

On forme ainsi une liqueur visqueuse que l'on écoule dans l'eau froide par un tube à terminaison capillaire. Le fil qui se produit par solidification est successivement passé.

(a). Dans un bain de soude, afin de neutraliser l'acide acétique en excès;

(b). Dans un bain d'albumine à 3 p. 1 000, pour animaliser la matière cellulosique;

(c). Dans une dissolution de bichlorure de mercure, à 54 p. 1 000, ou bien dans une dissolution alcoolique d'acide phénique, pour coaguler l'albumine et la rendre insoluble. Cette coagulation se complète par un passage dans un courant de gaz acide carbonique; mais on pourrait éviter cette complication en prolongeant de quelques minutes le séjour du fil dans chacun des bains.

(d) Finalement, on passe le fil dans une eau ammoniacale à 10 pour cent, afin d'éliminer les dernières traces d'acide; puis dans un bain de sulfate d'alumine qui se décompose en présence de l'ammoniaque en excès et abandonne de l'alumine. Cette dernière opération a pour but de recouvrir la matière soyeuse d'une enveloppe de nature minérale, laquelle peut atténuer, jusqu'à un certain

point, les propriétés combustibles d'un fil fabriqué avec une substance aussi explosive que la nitrocellulose.

Ce n'est qu'après avoir subi toute cette longue série d'opérations que la soie obtenue est séchée puis enroulée sur des dévidoirs.

L'installation faite par M. du Vivier au Pavillon de l'Exposition forestière comportait la disposition suivante :

La liqueur cellulosique, placée dans un récipient fermé, coule par un tube à ouverture capillaire, dans le premier bain où elle se coagule immédiatement. Le fil qui en résulte tombe au fond d'une éprouvette (fi. 14), passe sous l'extrémité re-

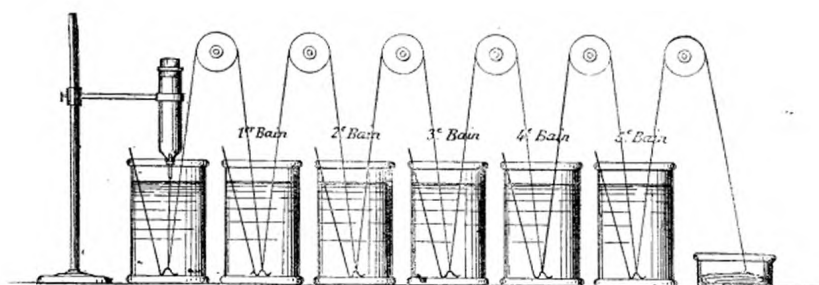


FIG. 14

courbée d'une baguette de verre ou guide-fil et remonte sur une poulie qui le conduit dans le second bain, où il est tendu sous un autre guide-fil. Il est repris par une seconde poulie qui l'envoie dans le troisième bain, et ainsi de suite. Au sortir de la dernière éprouvette, il s'entasse sur une soucoupe d'où il est saisi et enroulé finalement sur de grands tambours-dévidoirs. C'est là qu'on le laisse sécher.

Les poulies sont animées d'un mouvement uniforme dont on peut accélérer ou ralentir la vitesse, selon que l'on veut forcer ou réduire la production, et aussi suivant le degré de finesse que l'on désire obtenir.

L'un et l'autre de ces procédés donnent des fils brillants, mais qui sont loin d'avoir la souplesse et la ténacité de la soie naturelle, comme on peut aisément s'en rendre compte par l'observation des échantillons tissés que les deux inventeurs présentent dans leurs vitrines. Il semble que le seul moyen d'utiliser pratiquement ces produits serait de les tisser en les mélangeant avec des soies grèges; les pièces travaillées avec ces deux sortes de fils et qu'expose M. de Charbonnet sont, en effet, très remarquables et conviennent bien, par exemple, pour ornements d'église, chasubles et autres tissus demandant une certaine raideur.

Mais, quoi qu'il en soit, cette nouvelle et intéressante substance, préparée avec

une matière explosive, a le défaut inhérent à son origine : elle est très inflammable ; et il faudrait pouvoir la dénitrer ou la recouvrir d'un enduit incombustible.

C'est ce dernier moyen qu'emploie M. du Vivier lequel, comme nous l'avons indiqué plus haut, cherche à minéraliser ses fils en les enveloppant d'un dépôt d'alumine.

M. de Chardonnet préfère procéder par dénitrification comme il l'indique dans une récente communication à l'*Académie des Sciences* (1).

« Les divers pyroxyles perdent de leur acide nitrique dans les bains tièdes
« réducteurs et même dans l'eau pure, mais la réaction est plus complète dans
« l'acide nitrique dilué. L'acide nitrique de la nitrocellulose est enlevé par une
« dissociation qui marche d'autant plus vite que le bain est plus chaud et con-
« centré, mais qui peut être poussée d'autant plus loin que le bain est plus froid
« et dilué ».

M. de Chardonnet emploie à cet effet un bain renfermant $\frac{1}{2}$ p. cent d'acide nitrique monohydraté, et pendant la durée de l'opération, la température doit descendre lentement de 35° à 25° C.

Il est encore un moyen de diminuer la combustibilité des soies artificielles, c'est de les imbiber de phosphate d'ammoniaque.

Dernièrement M. Frémy a proposé le sulfhydrate d'ammoniaque, en dissolution étendue, comme agent de dénitrification. Il se produit alors les réactions suivantes ; l'élément nitrique des fils devient soluble dans l'eau et se laisse absorber par le composé sulfureux. Quant au principe cellulosique filamenteux, il reste à l'état insoluble et peut ensuite être nettoyé par un simple lavage à l'eau. L'action du sulfhydrate d'ammoniaque est lente et demande un temps assez long. Pour s'assurer que l'opération s'avance, on prend de temps en temps un petit échantillon, on le dessèche, et on l'essaie au feu ; elle est terminée quand la combustion cesse de se faire avec brusquerie.

Tous ces procédés sont encore imparfaits ; il y aurait lieu, d'ailleurs, de rechercher, si, après dénitrification, le fil de soie artificielle n'a pas perdu la plupart de ses propriétés primitives.

Le procédé que nous venons d'exposer et qui pêche par complication de baigns, de poulies, de manutention, etc., etc., a été simplifié depuis l'Exposition. Aujourd'hui, M. Du Vivier ne fait plus usage que d'un seul bain au sortir duquel le fil s'enroule sur un tambour animé d'un mouvement circulaire en spirale. Les écheveaux recueillis sont immergés dans des baigns convenables, et chaque immersion est suivie d'un séchage complet. En opérant ainsi, on n'a plus

à redouter les ruptures, fréquentes et inévitables, d'un fil encore mou et mal formé, ruptures qui causaient une perte de temps considérable et un surcroît de main-d'œuvre et de surveillance.

D'autre part, et pour diminuer la combustibilité, M. du Vivier ne fait plus entrer dans la composition de sa matière soyeuse que 50 p. 100 environ de nitrocellulose ; le reste comprend des substances n'ayant aucun caractère explosif et ayant pour objet de former une substance se rapprochant autant que possible de la composition de la soie du bombyx.

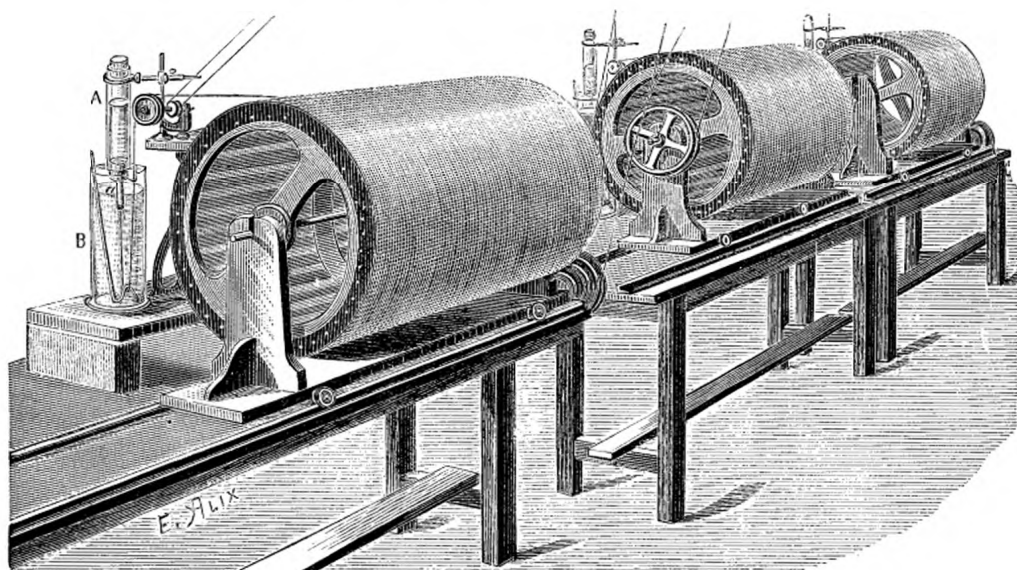


FIG. 15

Celle-ci, d'après M. Mulder, comprendrait :

Fibroïne	53,40
Substances gélatineuses	20,70
Albumine	24,40
Divers	1,50
Total	<u>100,00</u>

La fibroïne constitue la matière textile proprement dite, la gélatine semble jouer le rôle d'agglutinant, et l'albumine donne à la soie l'inaltérabilité et la souplesse.

La fabrication de la soie artificielle par le nouveau procédé du Vivier se fait de la manière suivante (1) : La liqueur nitrocellulosique est placée dans un tube de gros diamètre A qui est disposé au-dessus d'un bain chimique (fig. 15). La matière s'écoule par l'orifice capillaire du petit tube *a* et se solidifie dès qu'elle arrive en contact avec le liquide du bain. Le fil formé passe sous un guide-fil, remonte sur une petite poulie en porcelaine et se rend de là sur un gros tambour feutré. Celui-ci se déplace longitudinalement sur un petit chariot mis en mouvement par une vis.

Au bout de deux ou trois heures, le fil est sec ; on l'enroule sur de petites bobines, puis on le passe à la moulieuse.

1. D'après la *Revue universelle des Inventions nouvelles* à laquelle nous empruntons également la figure 15 indiquant le filage mécanique de la soie.

P.-F. CHALON.

LA MARINE A L'EXPOSITION

PAR MM.

GODRON, DIRECTEUR DES CONSTRUCTIONS NAVALES

ET

L. PIAUD, INGÉNIEUR EN CHEF DU « BUREAU VERITAS »

AVANT-PROPOS

Les expositions maritimes présentent avec les autres expositions industrielles une différence caractéristique qui tient à ce que, au lieu d'offrir à l'étude les objets eux-mêmes, elles ne présentent le plus généralement que des modèles très réduits, faits à une échelle quelconque, et qui ne font ressortir que l'aspect extérieur des constructions. Si l'on veut les étudier de plus près et se rendre compte des progrès que tel type a réalisés sur tel autre, il faut chercher ailleurs des informations complémentaires et en déduire les enseignements qu'elles comportent; le compte-rendu d'une exposition de matériel naval revêt donc plutôt la forme d'une étude rétrospective des faits saillants qui ont marqué une période donnée et dont les modèles exposés ne sont que des témoins incomplets. C'est dans cet ordre d'idées que nous nous efforcerons de faire ressortir l'importance des progrès accomplis depuis la dernière Exposition universelle de 1878; ils se rattachent d'une façon si intime au développement scientifique de toutes les industries, que cette étude, toute spéciale qu'elle paraisse au premier abord, devra toucher à bien des questions générales, et nous pouvons espérer que les marins ne seront pas seuls à y jeter les yeux, mais que d'autres aussi y trouveront quelque intérêt.

Cet intervalle de dix années a vu se produire des transformations d'une haute importance, qui peuvent se résumer dans les points suivants: abandon presque

complet du bois dans la construction des coques de navires; substitution à peu près générale de l'acier doux au fer dans la construction des coques, des chaudières et d'un grand nombre de pièces de machines; augmentation de la grandeur des navires et de leur vitesse; accroissement de la pression de régime dans les chaudières marines, et substitution des machines à détente multiple aux appareils compound. — A côté de ces progrès d'ordre général, beaucoup d'autres ont été réalisés qui ont puissamment contribué à l'amélioration du matériel naval, bien qu'ils ne se rapportent qu'à des détails d'armement ou d'installation.

Tels sont entre autres : l'emploi des hélices jumelles, qui augmente la facilité des évolutions et la sécurité des équipages en permettant au navire de continuer sa route avec une machine désemparée; les progrès de l'artillerie navale, qui ont augmenté la puissance des navires de guerre; l'emploi des doubles-fonds et du lest liquide; la multiplication des appareils mécaniques pour toutes les manœuvres de force; l'usage presque universel aujourd'hui de la lumière électrique pour l'éclairage intérieur aussi bien que pour les feux de route et pour les opérations militaires.

Il n'est pas exagéré de dire que les perfectionnements les plus importants parmi ceux que nous venons de signaler sont dus à l'introduction de l'acier doux dans les constructions, et il convient ici de rendre hommage aux efforts des producteurs de tous pays, et à la perfection qu'ils ont atteinte dans la fabrication des aciers doux ou fers homogènes tels qu'on les emploie aujourd'hui dans les constructions. C'est à la marine française que revient l'honneur d'avoir montré les avantages à réaliser par la substitution de l'acier au fer : dès 1874, avant qu'on eût songé à l'employer dans les chantiers de la Grande-Bretagne, le port de Lorient avait fait des expériences concluantes et se servait d'aciers fabriqués par le procédé Martin-Siemens.

Mais le métal employé à cette époque était loin de présenter les garanties que donnent les aciers doux fabriqués aujourd'hui : sa résistance était voisine de 50 kilogrammes par millimètre carré, chiffre qu'on reconnut bientôt être trop élevé; assez cassant, il demandait des précautions minutieuses dans la mise en œuvre, et plus d'une fois on vit des tôles se fendre sans cause apparente, longtemps après leur mise en place. Aussi l'emploi de l'acier fut-il lent à se généraliser, et dans les chantiers de construction pour la marine marchande il faut arriver à l'année 1881 pour trouver une proportion notable de navires en acier. Mais, dans l'intervalle, les producteurs s'étaient mis vaillamment à l'œuvre, et ils ne tardèrent pas à livrer à la consommation des aciers parfaitement homogènes, malléables, se travaillant avec la plus grande facilité : suivant les emplois auxquels ils sont destinés, ces aciers offrent une résistance variant de 30 à 47 kilogrammes, un allongement à la rupture variant de 20 à 30 %, et, ce qui a pour l'industrie une importance capitale, leur prix n'est pas supérieur à celui des fers de bonne qualité. Aussi l'emploi du fer dans les navires est-il aujourd'hui

limité à quelques parties sans importance et ne concourant pas à la solidité générale. Nous donnerons plus loin, au sujet de la marine marchande, quelques chiffres qui prouvent éloquemment l'importance actuelle du rôle de l'acier dans les constructions, nous bornant ici à faire ressortir les avantages qui en sont résultés.

L'augmentation de résistance quand on passe du bon fer à l'acier est d'au moins 20 %, en même temps que l'allongement à la rupture passe de 4 ou 5 % à 24 ou 25 % pour les aciers couramment employés; cet accroissement d'élasticité est d'un avantage considérable, car il supprime ou tout au moins il diminue les ruptures produites par les chocs. Ces deux qualités réunies ont permis en premier lieu de réduire les épaisseurs des matériaux et par conséquent de réaliser une économie notable sur les poids de coque; en tenant compte du poids irréductible des bois entrant dans la construction, et aussi de quelques parties où le fer est conservé, cette économie peut être estimée à 10 % au minimum: ainsi, sur un grand navire dont la coque pèserait 4 000 tonnes, on gagne par ce fait au moins 400 tonnes qui peuvent être employés soit à augmenter d'environ 2 000 chevaux la puissance des machines, soit à accroître l'artillerie ou la cuirasse, soit à étendre le rayon d'action, soit à transporter un plus grand poids de marchandises.

En second lieu la résistance et l'élasticité de l'acier ont permis d'atteindre avec sécurité des longueurs de navires qui n'auraient pas été pratiquement réalisables avec le fer. Enfin, on pourrait faire une longue liste des navires qui ont résisté, grâce à la malléabilité de leur coque, à des chocs ou à des échouages où un navire en fer eût été déchiré et perdu sans ressources.

L'emploi de l'acier doux dans la construction des coques de navires a donc rendu des services précieux: il en a été de même dans la construction des chaudières marines, où il est à peu près exclusivement employé aujourd'hui. Mais ici les progrès ont été plus lents, en raison des difficultés spéciales qu'il fallait vaincre, et les constructeurs de chaudières ont procédé avec une extrême prudence. De nombreux déboires, des accidents survenus à des chaudières construites avec le plus grand soin, ont pendant longtemps justifié la méfiance inspirée par le nouveau métal. Lorsqu'on se fut décidé à l'employer pour les enveloppes, on continua pendant assez longtemps à recourir aux fers de qualité supérieure pour les parties intérieures exposées à l'action des gaz chauds; mais les progrès de la fabrication sont venus à bout de ces difficultés; l'outillage des usines s'est perfectionné en même temps, et à partir de 1887, la presque totalité des chaudières marines ont été construites entièrement avec des aciers de qualité extra-douce dont la résistance ne dépasse généralement pas 42 kilogrammes par m/m carré.

L'homogénéité et la ductibilité de ce métal ont permis d'atteindre progressivement, sans exagérer outre mesure les épaisseurs des tôles, des pressions de

10, 11, 12 kilogrammes par centimètre carré, tandis qu'on n'avait pas dépassé auparavant 7 à 8 kilogrammes dans les chaudières marines à retour de flamme : la conséquence naturelle de cet accroissement de pression a été l'adoption presque générale des machines à triple et même à quadruple expansion, qui ont presque partout aujourd'hui supplanté la machine compound. L'idée de la triple expansion n'est pas nouvelle, et c'est encore à un Français qu'elle est due : dès 1872 Benjamin Normand l'avait appliquée, et les Anglais commencèrent à construire des machines à triple expansion en 1874; mais elles ne sont devenues réellement pratiques qu'à partir du moment où les chaudières ont pu fournir de la vapeur à une pression de 9 ou 10 atmosphères, c'est-à-dire vers 1882. Le nouveau système, néanmoins, n'a été adopté d'une façon générale qu'après avoir fait ses preuves, et ses applications se sont multipliées lentement jusqu'en 1887, époque à laquelle on peut le considérer comme entré définitivement dans la pratique.

Presqu'en même temps, quelques constructeurs on fait un pas de plus en construisant des machines à quadruple expansion; mais les avantages qui résultent de l'adjonction d'un nouveau cylindre sont en partie compensés par une plus grande complication des organes et par un excédant de poids qui ne disparaîtrait qu'avec des pressions encore plus élevées, que certains types spéciaux de chaudières peuvent seuls permettre d'atteindre.

On peut donc admettre que les machines les plus parfaites actuellement sont les machines à triple expansion; elles ne consomment, par cheval et par heure en service courant, que 750 à 800 grammes de charbon, ce qui constitue une économie d'au moins 200 grammes ou 20 % sur la consommation des machines compound. Il serait superflu d'insister sur les avantages d'une semblable économie, tant au point de vue militaire qu'au point de vue des transports commerciaux.

D'autres améliorations de détail sont venues s'ajouter à cette importante révolution dans la construction des machines : Une étude plus approfondie des forces auxquelles sont soumis les différents organes a permis d'accroître le nombre de tours et par conséquent la vitesse des pistons jusqu'à un chiffre qui avait été longtemps considéré comme dangereux; l'emploi de qualités d'acier très résistantes pour les pièces mobiles, le forage des arbres, etc., ont procuré encore des économies sur les poids des machines, en même temps que l'augmentation de la pression de régime produisait le même résultat. Aussi de 250 à 300 kilogrammes par cheval, que pesaient les machines à introduction directe, est-on descendu aujourd'hui à un poids moyen de 150 kilogrammes environ. Il y a des machines beaucoup plus légères, et sur les torpilleurs en particulier on est arrivé à réduire le poids par cheval à 40 kilogrammes; mais on ne peut pas encore considérer cette extrême légèreté comme compatible avec les exigences d'un service pro-

longé, et la limite inférieure à l'heure actuelle n'est pas au-dessous de 100 kilogrammes par cheval.

Les améliorations que nous venons de passer en revue se résument dans une réduction notable du poids des navires et des machines; ce double résultat a eu pour conséquence le fait le plus saillant de la période qui nous occupe, c'est-à-dire l'accroissement au-delà de toutes les prévisions, de la vitesse des navires. En 1878 les meilleurs marcheurs faisaient 15 nœuds, et on signalait comme de rares exceptions, quelques navires qui avaient atteint 16 ou 17 nœuds; toutefois les torpilleurs venaient d'apparaître, révolutionnant les idées admises, et prouvant que même sur des coques minuscules, la finesse des formes et la légèreté des machines permettaient d'aller beaucoup plus loin. Dès lors on se préoccupa de l'importance de la vitesse au point de vue militaire pour les navires de grandes dimensions et des avantages qu'elle pouvait offrir dans les exploitations commerciales; et ce fut l'origine d'une lutte à laquelle toutes les marines ont pris part. Aujourd'hui les grands cuirassés atteignent 16 à 17 nœuds, les croiseurs et les grands paquebots 20 nœuds et plus; quelques torpilleurs ont réalisé des vitesses de 25 nœuds. L'avenir nous réserve sans doute de nouvelles surprises, et déjà l'on a vu des croiseurs puissamment armés atteindre aux essais 22 nœuds et demi, soit 42 kilomètres à l'heure; c'est la vitesse des trains de voyageurs omnibus, et il n'est pas sans intérêt de constater que les communications maritimes sont bien près d'atteindre la rapidité des voies terrestres. A aucune époque le progrès n'avait été aussi frappant, et ce résultat n'est pas le moindre titre de gloire des constructeurs modernes.

Nous arrêtons ici cette historique très sommaire des dix dernières années, nous réservant de noter les améliorations plus spéciales réalisées en vue des exigences particulières de tel ou tel service, à mesure que nous passerons en revue les types les plus intéressants des navires dont les modèles ont figuré à l'Exposition universelle. Mais avant d'aborder cette étude, qui nous conduira à grouper des navires de même type sortis de chantiers différents, et à disloquer en vue de ce groupement les collections présentées par les principaux constructeurs, il n'est que justice de rendre hommage aux grands établissements dont la réputation s'est affirmée une fois de plus par la variété des types qu'ils ont créés et par l'excellence des résultats qu'ils ont obtenus. Les uns, comme les arsenaux de la marine française, ont renouvelé la flotte de guerre; d'autres ont construit à la fois des navires de guerre et des paquebots: en France, les Forges et Chantiers de la Méditerranée, les Ateliers et Chantiers de la Loire, les Chantiers de la Gironde, la Compagnie Transatlantique, MM. Augustin Normand et C^{ie}; en Angleterre et en Ecosse, Napier et Sons, la Fairfield Shipbuilding C^o (anciens établissements John Elder), Denny Brothers, sir W. Armstrong, Mitchell et C^o, Palmers's Shipbuilding C^o, Laird Brothers, etc.; d'autres enfin, comme les

Messageries maritimes, se sont consacrés à un but unique et ont travaillé méthodiquement à l'amélioration de leurs services. Tous, et nous ne faisons pas exception pour ceux que nous n'avons pas nommés mais que nous citerons plus tard, ont contribué au grand mouvement de progrès dont nous avons cherché à indiquer les traits principaux, et il est juste de dire qu'ils ont maintes fois trouvé un utile auxiliaire dans les inspirations des compagnies pour lesquelles ils construisaient.

L. PIAUD.

PREMIÈRE PARTIE

LA MARINE MARCHANDE

PAR

L. PIAUD

INGÉNIEUR EN CHEF DU « BUREAU VERITAS »

Considérations générales

La période écoulée depuis 1878 comptera parmi les plus remarquables au point de vue de la Marine marchande, et surtout de la marine à vapeur, car la navigation à la voile a perdu beaucoup de son importance. Le tonnage des navires à vapeur du monde entier a doublé en dix ans; la grandeur des navires construits, sans augmenter dans la même proportion, s'est notablement accrue, et leur vitesse, comme nous l'avons déjà dit, a progressé d'une façon remarquable. On pourra juger de ce développement extraordinaire en jetant les yeux sur le tableau que nous donnons planches 11 à 14 et qui est tiré des statistiques annuelles du Répertoire général de la marine marchande, publié par le Bureau Veritas.

Ce tableau est instructif à tous les points de vue : il fait ressortir le développement maritime des puissances qui ont ou qui cherchent à créer un empire colonial; les marines de l'Allemagne, de l'Italie, de la Norvège, ont plus que triplé; celles de l'Angleterre, de la France ont plus que doublé; les autres nations Européennes se sont développées plus lentement. Les Etats-Unis, seuls parmi toutes les nations qui figurent sur ce tableau, sont en décroissance; leurs navires, ayant à lutter contre une formidable concurrence, sont pour ainsi dire réduits au trafic local et au cabotage sur leurs propres côtes, tandis que les navires européens viennent leur enlever la presque totalité du commerce avec l'étranger.

Le tonnage moyen des navires à vapeur qui n'était que de 1 025 tonneaux en 1878, a passé à 1 287 tonneaux en 1889, et cet accroissement est encore plus frappant si l'on considère isolément le tonnage moyen des navires récemment construits. C'est ainsi que dans les chantiers de la Grande-Bretagne seule, le tonnage moyen a été de 1 786 tonneaux en 1888 et de 1 881 tonneaux en 1889. Les armateurs réalisent ainsi un sérieux avantage au point de vue de l'économie du combustible et du personnel, et il est à présumer que l'on continuera à marcher dans cette voie jusqu'au moment où l'on arrivera à faire des navires trop grands pour que les capitaines puissent les avoir bien en main. Mais le nombre des

navires ne peut suivre la même progression d'une façon continue, car avec les dimensions qu'on leur donne, il arrive fatalement que le trafic devient insuffisant à un moment donné pour le nombre des navires en service ; on doit donc s'attendre à des irrégularités dans le chiffre de la production ; il a baissé d'une façon sensible depuis le commencement de 1890.

Nous donnons dans un autre tableau la statistique de la marine à voiles pendant la même période. Elle a suivi une marche inverse de celle de la marine à vapeur, et les constructions de voiliers en bois diminuent tous les jours : de 49 524 navires à voiles jaugeant 14 317 430 tonnes, en 1878, on est tombé à 37 567 navires jaugeant 11 081 197 tonneaux en 1889.

Il est cependant intéressant de signaler depuis quelques années une réaction de plus en plus marquée en faveur de la navigation à la voile ; on construit des voiliers, mais on les fait en acier, et on leur donne des dimensions comparables à celles des navires à vapeur. On les munit en outre d'appareils mécaniques pour le chargement et le déchargement des marchandises, ainsi que pour les manœuvres des voiles et des ancres.

Il est évident que pour le transport des marchandises qui n'ont pas à souffrir d'un long séjour à bord, de semblables navires offrent de très grands avantages sur les vapeurs : leur prix de revient est diminué d'au moins un tiers, à tonnage égal ; le personnel de la machine se trouve supprimé, et le poids de l'appareil moteur remplacé par des marchandises ; grâce à leurs treuils à vapeur, ils chargent et déchargent avec une grande rapidité et économisent ainsi des séjours dans les ports, onéreux à tous les points de vue. Il n'est donc pas surprenant que beaucoup de compagnies maritimes aient adopté cette combinaison éminemment pratique : dans les deux années 1888 et 1889, on a construit en Angleterre une moyenne de 100 000 tonnes de voiliers, soit environ 10 % du tonnage total des chantiers.

Cet accroissement rapide des moyens de transport par mer a marché de pair avec des progrès non moins remarquables dans la construction des navires et machines. Nous avons déjà signalé les principaux perfectionnements qui ont marqué la période dont nous nous occupons : ce que nous en avons dit s'appliquait plus encore aux navires de commerce qu'aux navires de combat. En effet, dégagés des préoccupations militaires auxquelles tout doit être subordonné, les constructeurs du commerce peuvent aller vite et appliquer sans entraves tous les perfectionnements qui peuvent rendre leurs navires plus économiques et plus avantageux pour l'exploitation. C'est ainsi que tous les navires marchands construits dans ces dernières années ont des machines à triple ou quadruple expansion, tandis que nos navires de guerre, à peine terminés, mais dont les plans remontent à plusieurs années, n'ont pas encore bénéficié des avantages incontestables que donne ce système.

Comme nous l'avons déjà signalé, l'acier doux est devenu d'un usage à peu

près général dans les constructions du commerce. Les chiffres suivants, qui se rapportent à l'ensemble des chantiers de la Grande-Bretagne, font éloquemment ressortir l'importance que ce métal a acquise dans ces dernières années :

	En 1888	En 1889
Tonnage total des vapeurs construits.	824.946	1.188094
— des voiliers construits.	88.543	122267
Total	913.489	1.310361
Navires en acier.	842.965	1.237108
Proportion des constructions en acier au tonnage total	92.28 %	94.40 %

Cette faveur est amplement justifiée par les qualités du nouveau métal et par les avantages que nous avons déjà sommairement signalés : au point de vue commercial, l'économie qu'il procure dans le poids des coques représente un accroissement notable dans le rendement d'un navire de dimensions données ; mais d'autre part il paraît établi aujourd'hui que la corrosion de l'acier par l'eau de mer est plus rapide que celle du fer, et on peut se demander si les navires que l'on construit maintenant dureront autant que leurs devanciers : ce point ne sera éclairci que dans quelques années, mais les exigences de la navigation changent si vite, et les progrès qui s'accomplissent tous les jours arrivent si promptement à faire des bons navires de la veille un matériel démodé et coûteux dans l'exploitation, que la durée des navires ne peut entrer en balance avec les avantages réalisés pendant les premières années de leur existence.

A ce point de vue l'acier a dès à présent fait ses preuves, non seulement à cause de ses qualités propres, mais aussi en raison de la façon judicieuse dont les constructeurs l'emploient. De grands progrès ont en effet été réalisés dans la construction des navires, pour lesquels on avait suivi au début de l'emploi du fer, les vieux errements de la construction en bois ; aujourd'hui les matériaux sont distribués de façon à obtenir la plus grande rigidité possible avec des coques légères ; les pièces d'assemblage, telles que les membrures, les barrots de pont, etc., sont la plupart du temps remplacées par des barres profilées qui procurent une économie de poids de 15 à 20 % à résistance égale, et simplifient notablement la main-d'œuvre. Plus récemment encore, l'acier coulé est entré dans la pratique et se substitue avec avantage au fer forgé dans la fabrication des grosses pièces métalliques telles que : étraves, étambots, cadres d'hélices, gouvernails, etc. On obtient avec ce métal une plus grande résistance et on évite les chances d'accidents qui provenaient de défauts de soudure impossibles à découvrir.

Nous ferons remarquer en terminant cet exposé général, que les progrès remarquables dont nous venons de parler sont dûs non-seulement au talent des constructeurs, mais aussi pour une grande part à l'action des Sociétés de classi-

fication telles que le Bureau Veritas ou le Lloyd's Register, qui, en relations avec le monde entier, s'inspirent dans leurs règlements des observations qui leur parviennent de tous les points du globe et s'appliquent constamment à remédier aux défauts qui leur sont signalés; elles font ainsi profiter l'universalité des constructeurs de l'expérience qu'elles acquièrent par un contact incessant avec les navires, dont elles suivent l'existence depuis le jour de leur mise en chantier jusqu'à celui qui les voit disparaître. L'influence de ces Sociétés sur les progrès de la Marine marchande est considérable et salutaire : elles ont largement contribué à donner aux navires des garanties de sécurité inconnues autrefois.

Pour faciliter la comparaison des types très variés des navires qui ont figuré à l'Exposition, nous les grouperons sous les titres généraux suivants :

1° *Les Grands Paquebots*, comprenant les services transatlantiques et les lignes de la mer des Indes et du Pacifique.

2° *Les Services côtiers*, comprenant les lignes de la Méditerranée, de la Manche, et en général dans les services comportant de courtes traversées.

3° *La Navigation fluviale*.

4° *Les Services divers*, comprenant le matériel de draguage, de pêche, ainsi que certains types de navires ayant une destination tout à fait spéciale.

5° *Les Navires à voiles*.

I. — LES GRANDS PAQUEBOTS

A. — Lignes de New-York

De toutes les routes maritimes, celles qui relient les ports des Etats-Unis aux ports Européens ont été de tout temps le siège de la concurrence la plus active; l'importance du trafic, le nombre considérable des passagers, ont suscité entre les compagnies qui se sont consacrées au service de ces lignes, en France, en Angleterre et en Allemagne, une rivalité qui les a conduites à réaliser sur leur paquebots la plus grande somme de progrès, et en particulier les plus grandes vitesses possibles. Les navires transatlantiques méritent donc une étude spéciale et forment en quelque sorte une classe à part.

Depuis 1878, la lutte de vitesse entre les différentes compagnies est devenue plus acharnée que jamais : nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici l'historique qui en a été fait par M. Daynard, l'éminent Ingénieur en chef de la Compagnie Générale Transatlantique (1).

« La Compagnie Cunard qui avait été le pionnier des lignes de Liverpool à New-York et s'est toujours efforcée de rester dans les premiers rangs, sinon au premier, avait alors en tête de sa flotte la *Bothnia* et la *Scythia*.

Ces deux navires, bien que plus récents, n'étaient pas tout à fait aussi rapides que le *Pereire* et la *Ville-de-Paris* ; mais ils présentaient des dimensions et un tonnage plus élevés, comme l'indiquent les chiffres ci-dessous :

Bothnia et *Scythia*. . . Longueur : 128 mètres ; tonnage : 4 500 tonnes
Pereire et *Ville-de-Paris*. Longueur : 100 mètres ; tonnage : 3 000 tonnes

La Compagnie Française, en plus de ces deux derniers paquebots, possédait ses anciens navires à roues transformées à hélice et munis de machines à cylindres superposés, le *Labrador*, la *France*, l'*Amérique* de 123 mètres de longueur, 4 600 tonneaux de déplacement, tout à fait comparables à la *Bothnia* et à la *Scythia*. S'ils étaient un peu (très peu en moyenne annuelle) inférieurs en vitesse au *Pereire* et à la *Ville-de-Paris*, en revanche, grâce à leurs grandes capacités, ils portaient un fret plus que double, offraient plus de confort aux passagers et étaient d'une exploitation beaucoup plus avantageuse.

(1) *Les Progrès récents de la Navigation à vapeur*. Conférence faite le 17 mars 1888, à l'Association française pour l'avancement des sciences, par M. Daynard. — E. Bernard et C^e, éditeurs, 71, rue La Condamine, Paris.

Parmi les Compagnies anglaises effectuant la navigation postale de New-York, deux autres, en dehors de Cunard, s'étaient particulièrement signalées et avaient même pris une certaine avance.

La ligne Inman avait commencé par la spécialité du transport des émigrants et adopté de bonne heure l'hélice. A l'époque dont nous parlons, ses meilleurs navires étaient :

Le *City-of-Richmond*, } de 135 mètres de longueur et de
Le *City-of-Chester*, } 4600 tonneaux de déplacement.

qui avaient à peu près la vitesse du *Labrador* et qui allaient être bientôt suivis par le *City-of-Berlin*, dont la longueur dépassait 150 mètres et dont la vitesse devait atteindre 15 nœuds.

La seconde Compagnie était l'Oceanic Steamship, plus connue sous le nom de White Star Line, qui, en 1877, avec ses paquebots alors presque tout neufs : *Adriatic*, *Celtic*, *Britannic*, *Baltic*, etc., présentait, comme ensemble, la flotte la plus rapide. En tête était le *Britannic*, qui venait d'enlever au *Pereire* la palme de vitesse ; ces navires, très remarquablement étudiés (nous sommes heureux de rendre cette justice à leurs constructeurs), réalisaient de grands progrès ; ils avaient quatre mâts : le salon était placé à l'avant ; leur vitesse était remarquable et la consommation très modérée pour l'époque.

Le *Britannic* avait les dimensions suivantes : longueur : 138 mètres ; largeur : 13^m,80 ; tonnage : 5000 tonneaux ; puissance : 4000 chevaux ; et il atteignait réellement *en service* les 15 nœuds considérés alors comme le *sum-mum* de vitesse et que même bien des personnes compétentes croyaient ne pouvoir être dépassées d'une façon courante dans la navigation de l'Atlantique Nord.

En 1880, une autre ligne anglaise, la Compagnie Guion, restée jusqu'alors au second plan, passe tout à coup au premier, par la mise en service de l'*Arizona* (5200 tonneaux) suivi, en 1882, de l'*Alaska* (6900 tonneaux), tous deux sortis des chantiers Elder et qui atteignent des vitesses de 15 nœuds et demi à 16 nœuds.

La Compagnie Cunard, jalouse de maintenir sa suprématie, met en ligne, à la fin de 1881, le *Servia* (7392 tonneaux, 15 nœuds et demi), le premier paquebot en acier et à double fond. Il fait sensation et obtient immédiatement une grande faveur dans le public.

En 1882, la Compagnie Générale Transatlantique, à son tour, fait un nouveau pas en avant avec la *Normandie*. Ce beau steamer, presque aussi rapide que l'*Alaska*, lui est supérieur, non seulement par son double fond, mais aussi par ses nombreuses cloisons étanches et ses installations perfectionnées. Ses seuls rivaux en vitesse, outre l'*Alaska*, sont l'*Orégon*, acheté par Cunard, en 1883, à

la ligne Guion, puis l'*Etruria* et l'*Umbria*, plus puissants encore, mis également en chantier pour Guion, mais achevés pour le compte de Cunard.

Ces deux derniers navires (*Etruria*, *Umbria*), qui datent de 1884, sont en acier ; leur tonnage atteint 7 718 tonneaux, leur vitesse 17 nœuds, quelquefois même 17 et demi et 17 trois quarts ; mais le confort y est assez limité, le port en lourd restreint et le tirant d'eau un peu exagéré.

L'appareil moteur développe une force de 13 000 chevaux ; il est alimenté par 9 chaudières doubles de 8 foyers chacune (soit en tout 72 foyers), dont la consommation atteint de 300 à 335 tonnes de charbon par jour.

Dans l'intervalle, la compagnie Inman livre à l'exploitation, en 1881, le *City-of-Rome*, de 8 000 tonneaux, d'une puissance de 6 000 chevaux et réalisant une vitesse de 15 nœuds et demi.

Pendant ce temps, la Compagnie Hambourgeoise, renonçant à atteindre des vitesses aussi grandes, abandonne à peu près le transport des passagers de chambre ; mais une autre Société allemande, la Compagnie Brémoise, se développe régulièrement depuis 1882 et met en ligne une série de navires dont le premier est le *Fulda* et les autres sont dérivés de celui-ci. Ils sortent tous des chantiers Elder et réalisent des vitesses de 14 nœuds et demi à 15 nœuds et demi.

Enfin la Compagnie Française, devenue adjudicataire, en 1884, pour une nouvelle période de quinze ans, du service du Havre à New-York, avec un cahier des charges qui lui impose 15 nœuds de moyenne annuelle et 17 nœuds et demi aux essais, reprend la tête, et de beaucoup, avec les quatre bateaux *la Champagne*, *la Bretagne*, *la Bourgogne*, *la Gascogne*.

Ces navires de 7 300 tonneaux de jauge, 155 mètres de long, ont atteint 19 nœuds à leurs essais et donnent en service courant, au lieu des 15 nœuds exigés, une moyenne annuelle de plus de 16 nœuds et demi. Beaucoup de traversées s'accomplissent avec des moyennes de 17 nœuds et demi et même plus.

Ils ont constitué un vrai succès national pour notre flotte de commerce et ont valu à la Compagnie Transatlantique la première place sur la liste que publie tous les ans le Postmaster de New-York.

Résumant les progrès accomplis de 1876 à 1888 dans le matériel des lignes de New-York, nous constatons que les tonnages ont passé de 4 500 à 8 000 tonneaux, les puissances de 2 600 à 8 000 et même 13 000 chevaux, les vitesses de 13 à 17 nœuds et demi.

Ajoutons que la concurrence ne désarme pas. Tandis qu'en Angleterre on prépare des navires encore plus puissants et plus rapides, la Compagnie Transatlantique, de son côté, allant à l'extrême limite que lui permet actuellement le port du Havre, vient de décider la construction, dans ses chantiers de Penhoët, d'un nouveau paquebot, *la Touraine*, de 162 mètres de long, qui aura deux hélices actionnées par une puissance de 11 000 chevaux et dont la

vitesse devra dépasser de près d'un nœud celle de la *Champagne*. Le voyage de *Paris à New-York* sera ainsi réduit à moins d'une semaine, en même temps que le confort et la sécurité des voyageurs seront encore améliorés. »

Cet historique s'arrête au commencement de 1888 ; à cette époque précisément la construction des paquebots pour les lignes de New-York est entrée dans une phase nouvelle par l'adoption presque simultanée, dans toutes les Compagnies, de la double hélice. L'année 1889 a vu mettre en service le *City-of-New-York* et le *City-of-Paris*, de la Compagnie Inman ; le *Majestic* et le *Teutonic*, de la « White Star Line » ; l'*Augusta-Victoria* et le *Columbia*, de la Compagnie Hambourgeoise, le premier construit par la Compagnie Vulcan, à Stettin, le second par MM. Laird Brothers, à Birkenhead. Enfin, la Compagnie Générale Transatlantique, comme on vient de le voir, a mis en chantier la *Touraine*, et la Compagnie Hambourgeoise-Américaine a fait construire par la « Fairfield Shipbuilding Co » la *Normannia*, récemment livrée.

Il y aura donc dans le courant de 1891, sur les lignes de New-York huit grands navires à deux hélices, en plus de ceux qui existaient au moment où s'est ouverte l'Exposition de 1889. Tous ces navires sont aujourd'hui en service et ont dépassé notablement la vitesse de leurs devanciers : il paraît difficile, dans l'état actuel des constructions, d'aller beaucoup plus loin, puisque la traversée de New-York à Queenstown a été faite en 5 jours et quelques heures ; et cependant la vitrine de la Fairfield Shipbuilding Co renfermait le modèle d'un projet de paquebot destiné à franchir cette distance en moins de cinq jours. On ne saurait donc affirmer que l'avenir ne nous réserve pas de nouvelles surprises.

Mais sans anticiper sur les résultats des navires futurs, et en nous bornant à l'étude de ceux qui sont actuellement en service, nous trouverons matière à quelques comparaisons instructives.

Nous étudierons en détail ceux d'entre ces paquebots dont les modèles figuraient à l'Exposition ; mais il n'est pas sans intérêt de réunir dans un tableau leurs principaux éléments et de remarquer la diversité des moyens auxquels les constructeurs ont eu recours pour obtenir la vitesse qui est le principal objectif en vue dans ces navires.

Le tableau ci-après (page 163) a été établi dans ce but.

Ce qui frappe au premier abord dans ce tableau, c'est la diversité des proportions de ces navires ; tandis que le *Majestic* et le *Teutonic* ont en longueur près de onze fois leur bau, semblables sur ce point au *City-of-Rome*, les autres navires anglais, de même que les deux paquebots allemands, n'atteignent pas en longueur neuf fois leur bau ; ceux de la Compagnie Française tiennent le milieu entre ces deux extrêmes. Il serait difficile de décider où est l'exacte vérité : avec des pareilles longueurs un certain écart dans la largeur ne semble pas avoir une grande influence sur la résistance à la marche, qui dépend bien plutôt du soin avec lequel sont étudiées les lignes de la carène et de la facilité ménagée aux

NOMS DES NAVIRES	COMPAGNIES	CONSTRUCTEURS	LONGUEUR L	LARGEUR l	RAPPORT $\frac{L}{l}$	CREUX SUR VARANQUES	TONNAGE BRUT	PUISSANCE INDIQUÉE	TYPE DES MACHINES	NOMBRE D'HÉLICES	VITESSE AUX ESSAIS
La Champagne. . .	C ^{ie} Générale Transatlantique.	C ^{ie} G ^{ie} Transatlant.	mètres	mètres		mètres	tonn.				
La Bretagne. . .			150.40	15.80	9.50	11.20	6920	8000	Comp. ou triple exp. à volonté.	1	18.50
La Bourgogne. . .		Forges et Chantiers de la Méditerr.	150.70	15.90	9.50	11.26	7300	8000	Comp.	1	18.50
La Gascogne. . .											
La Touraine. . .	C ^{ie} Cunard.	C ^{ie} G ^{ie} Transatlant.	157.45	17.00	9.25	12.10	8860	12500	tr. exp.	2	19.50
Umbria.		John Elder et C ^o , à Glasgow.	152.40	17.35	8.50	11.50	7718	14320	Comp.	1	20.18
Etruria.											
City-of-Rome. . .		Barrow Shipbuilding et C ^o .	165.35	15.85	10.50	11.15	8144	11900	Comp.	1	18.23
City-of-Paris. . .	Inman line.	J. et G. Thomson à Glasgow.	170.70	19.30	8.80	11.80	10500	20000	tr. exp.	2	20.70
City-of-New-York.											18.75
Majestic.	White Star line.	Harland et Wolff, à Belfast.	172.20	17.50	10.00	11.95	9680	17000	tr. exp.	2	17.60
Teutonic.											
Columbia.	C ^{ie} Hambourgeoise-Amé- ricaine.	Laird Bros. à Bir- kenhead.	147.27	16.96	8.30	10.90	7363	12850	tr. exp.	2	19.00
Normannia. . . .		Fairfield Shipbuilding C ^o , à Glasgow	152.00	17.48	8.70	10.80	8500	14000	tr. exp.	2	21.00

filets liquides pour arriver au propulseur. La preuve en est dans les résultats excellents donnés par l'un des plus larges de ces navires, le *Normannia*, qui avec une puissance relativement modérée a réalisé aux essais une vitesse supérieure à tous les autres ; mais il serait prématuré de vouloir dès à présent tirer des résultats obtenus une conclusion formelle, que l'expérience et la moyenne d'un grand nombre de traversées pourront seules permettre de formuler.

La puissance motrice mise en jeu diffère également dans une notable proportion sur ces paquebots, soit qu'on en considère la valeur absolue, soit qu'on la compare à leur tonnage. Parmi les navires à une seule hélice, ceux de la Compagnie Transatlantique Française se distinguent par une puissance de machine très modérée : il n'en ont pas moins réalisé en service une vitesse au moins égale à celle de leurs concurrents anglais, grâce à l'excellence de leurs formes et à l'utilisation remarquable du propulseur. Leur moyenne annuelle de vitesse dépasse 16,3 nœuds.

Cette vitesse, comme nous l'avons dit, été notablement dépassée par les paquebots à deux hélices, sur lesquels on est arrivé du premier coup à des forces motrices énormes. Il était difficile avec une seule hélice d'aller au-delà d'un certain maximum de puissance qui comportait déjà des dimensions anormales pour les organes des machines ; avec deux hélices au contraire, chacun des appareils peut être ramené à des proportions raisonnables, et, le diamètre des propulseurs étant moins grand, on peut sans inconvénient accélérer l'allure des machines, ce qui les rend plus légères. Aussi voit-on sur le *City-of-New-York* et le *City-of-Paris*, des machines développant plus de 20 000 chevaux ; sur le *Majestic* et le *Teutonic*, 17 000 chevaux.

Ces navires ont fait, à quelques minutes près, la traversée de Queenstown à New-York dans le même temps, en cinq jours et vingt heures environ, ce qui correspond à plus de 20 nœuds de vitesse moyenne.

C'est assurément un résultat très remarquable (1), mais il est permis de se demander s'il n'est pas acquis bien chèrement, surtout sur les deux navires de la Compagnie Inman, lorsqu'on voit les deux navires allemands *Columbia* et *Normannia* atteindre aux mêmes vitesses avec une dépense de force beaucoup moindre ; et la *Touraine* est un nouvel exemple de ce qu'on peut obtenir avec des navires de dimensions raisonnables et une puissance ne dépassant pas de beaucoup ce qui s'était fait jusqu'ici.

L'adoption du système des hélices jumelles est sans contredit un immense progrès sur les grands paquebots : en permettant de fractionner la force motrice,

(1) Nous ferons remarquer à ce sujet, que les vitesses d'essai inscrites au tableau ne donnent pas un renseignement exact sur la valeur des machines de ces navires : le *City-of-New-York*, en particulier, qui avait eu des essais très médiocres à cause de certaines déficiences de ses machines, a retrouvé aujourd'hui sa vitesse normale de 20 nœuds.

non seulement il rend les machines plus maniables, mais il supprime à peu près le danger d'une immobilisation complète du navire par suite d'une avarie dans l'appareil moteur.

Il permet en outre d'améliorer le cloisonnement si utile à la rigidité et à la sécurité du navire: tous les paquebots dont nous venons de parler ont dans l'axe une cloison longitudinale étanche qui règne sur toute la longueur occupée par les machines: sur le *Teutonic* et le *Majestic*, cette cloison s'étend même sur l'avant à travers les chaufferies, c'est-à-dire sur près de la moitié de la longueur du navire. Par contre, ces deux paquebots, contrairement à ce qui a été fait sur tous les autres, n'ont pas de waterballast, ce qui à notre avis, est une faute; le double-fond est en effet une excellente sauvegarde en cas d'échouage.

Les hélices sont installées d'une manière différente sur ces divers navires: sur le *Teutonic* et le *Majestic*, ainsi que sur la *Columbia*, l'arrière est percé d'une cage comme dans le cas d'une hélice simple; les hélices, dans les deux premiers, se croisent dans cette cage, l'une en arrière de l'autre; sur la *Columbia* au contraire, elles sont dans un même plan transversal et leurs circonférences extérieures sont presque tangentes, mais sans se croiser. Cette ouverture aide au dégagement de l'eau et permet de diminuer la distance des deux lignes d'arbres. Sur les autres paquebots, l'arrière n'est pas découpé, et les hélices sont placées de chaque côté du plan diamétral. Ces différences d'installation ne paraissent pas influencer sensiblement sur le rendement des propulseurs.

Comme l'indique le tableau, les paquebots à deux hélices ont tous des machines à triple expansion. Il convient de remarquer toutefois que la Compagnie générale Transatlantique avait déjà fait un pas dans cette voie, avant toutes les compagnies concurrentes, en établissant sur les machines de *La Bretagne* et de *La Champagne* un tuyautage spécial permettant de grouper de deux façons différentes les six cylindres dont elles se composent. Au moyen de cette disposition, on peut marcher à volonté en double ou en triple expansion: dans ce dernier cas, la puissance développée est moindre, mais la consommation de charbon est notablement réduite. Toutefois, en raison de la pression modérée des chaudières, qui ne dépasse pas 8 kilogrammes, l'avantage de la triple expansion ne se manifeste pas aussi complètement que sur les machines des navires plus récents, qui fonctionnent à des pressions variant suivant les navires de 10 kil., 5 à 12 kil., 5, et qui ont été spécialement étudiées pour ce régime.

Les types des machines employés sur les paquebots des lignes de New-York sont assez variés: la « Barrow Shipbuilding Company » a mis à la mode pendant quelques années des machines compound à 6 cylindres formées de 3 groupes identiques de 2 cylindres placés en tandem, le petit cylindre au-dessus du grand. Cette disposition, appliquée à Barrow sur le *City-of-Rome* et sur *La Normandie* de la Compagnie générale Transatlantique, a été imitée sur les quatre paquebots de cette Compagnie, *La Champagne*, *La Bretagne*, *La Bourgogne* et *La Gas-*

cogne. Elle présente l'avantage de donner le même couple moteur sur chacune des trois manivelles, mais les machines de ce type ont une hauteur énorme (12 mètres environ de la plaque de fondation au couvercle des cylindres supérieurs), qui dans les mers très dures de l'Atlantique-Nord peut offrir quelque danger. Aussi préfère-t-on en général le type courant des machines à pilon ; mais comme il conduit à de très grands diamètres de cylindres dans le cas des machines compound d'une grande puissance, on a quelquefois remplacé le cylindre de détente par deux cylindres plus petits, encadrant le cylindre d'admission : c'est le cas de l'*Umbria* et de l'*Etruria* entre autres. Quant aux machines à triple expansion dont sont munis les paquebots plus récents, elles sont formées de 3 cylindres placés bout à bout suivant la progression de leurs diamètres, le petit cylindre sur l'avant.

L'installation des chaudières est une des principales complications qui se présentent dans l'arrangement intérieur de ces grands navires munis d'une puissance motrice considérable; non seulement en effet elles occupent une portion notable de la longueur avec les soutes à charbon dont on ne peut les séparer, mais il faut encore assurer dans des conditions pratiques le service du charbon et pourvoir à l'accès d'un volume d'air suffisant aux foyers. — Afin de réduire dans la mesure du possible l'encombrement des chaudières, on emploie sur les grands navires des corps doubles, portant des foyers sur leurs deux faces; (voir pl. 15). Les navires dont nous nous occupons en ont tous. Pour faciliter le service des soutes, l'ancienne disposition des chaufferies longitudinales avec soutes en abord a été remplacée par des chambres de chauffe transversales, et les soutes à charbon s'étendent d'un bord à l'autre, de sorte que les portes par où l'on prend le charbon se trouvent placées à proximité des foyers. Enfin, comme avec un creux de cale aussi grand que celui de ces navires, l'air nécessaire à la combustion arrive difficilement aux foyers, on a été obligé de recourir à des moyens artificiels, et d'employer le tirage forcé sous une forme ou sous une autre.

Voici, en définitive, les dispositions adoptées sur les derniers types dont nous nous occupons. Le *City-of-New-York* et le *City-of-Paris* ont neuf chaudières doubles placées par groupes de trois dans des compartiments séparés renfermant chacune une soute à charbon transversale. Ces compartiments sont entièrement clos de toute part, comme cela se fait souvent sur les navires de guerre (1) : le personnel des chaufferies y descend par un sas à air et des ascenseurs hydrauliques. Aux quatre angles de chaque chaufferie se trouve un ventilateur qui aspire l'air au niveau du pont promenade et le refoule dans le compartiment. Les complications de service qui résultent de ces dispositions paraissent peu compatibles avec une exploitation commerciale et peuvent présenter des dangers sérieux pour l'équipage; aussi doit-on préférer le système plus simple adopté sur les autres paquebots transatlantiques, et qui consiste à insuffler l'air dans les foyers à tra-

1. Nous verrons plus loin que l'installation du *City-of-Paris* a été modifiée.

vers les grilles, au moyen d'une disposition spéciale des cendriers. Le principal inconvénient de ce système, c'est que les chaufferies étant peu aérées, elles ne tardent pas à être remplies de poussière de charbon.

L'appareil évaporatoire du *Teutonic* et du *Majestic* se compose de huit chaudières doubles à six foyers, de quatre chaudières doubles à quatre foyers et de quatre corps simples à trois foyers. Comme nous l'avons dit, la cloison longitudinale étanche règne sur toute la longueur occupée par les chaufferies: les chaudières et les soutes transversales qui les desservent sont groupées de chaque côté de cette cloison dans cinq compartiments étanches mais communiquant entre eux par des tunnels munis de portes à glissières qui se manœuvrent du pont.

La *Columbia* a neufs corps doubles placés trois par trois dans des compartiments séparés renfermant les soutes nécessaires.

La *Touraine* a six chaudières doubles et trois simples, placées dans deux compartiments dont l'un renferme trois corps doubles et trois simples. Entre ces deux compartiments se trouve une vaste soute transversale; il en existe une autre entre la chaufferie arrière et les machines, cette dernière est traversée par un double tunnel muni de portes étanches; enfin, les deux chaufferies sont bordées par des soutes longitudinales de moindre capacité.

Pour plus de clarté, nous avons groupé (pl. 15) des croquis faisant clairement voir ces divers arrangements.

L'adoption de la double hélice a eu une conséquence qui, bien que secondaire, mérite d'être signalée ici: c'est la suppression de l'un des quatre mâts dont étaient munis les paquebots les plus récents à une hélice: les chaudières s'étendant sur l'avant jusque près du mât de misaine, tous les constructeurs ont été dans la nécessité de supprimer le second mât. D'ailleurs, avec deux machines, la voilure et le gréement qu'elle nécessite ne peuvent plus être d'une grande utilité: on cherche au contraire à réduire autant que possible un fardage préjudiciable à la vitesse, et sur le plus récent de tous ceux qui nous occupent, la *Normannia*, la mâture est réduite à deux mâts sans vergues. On s'achemine ainsi rapidement, comme dans la marine militaire, vers la suppression de la voilure.

Nous nous sommes efforcés, dans ce rapide aperçu, de faire ressortir les points de similitude et les différences les plus saillantes qui existent entre ces magnifiques paquebots construits en vue d'un même service. Nous compléterons ces indications générales en décrivant avec plus de détails ceux d'entre eux dont les modèles ont figuré à l'Exposition universelle, et dont on trouvera les plans dans l'atlas qui accompagne cette étude: nous choisirons parmi les navires à une hélice, l'*Etruria* et la *Champagne*; ceux à deux hélices présentent des particularités assez intéressantes pour consacrer à chacun d'eux une mention spéciale.

Etruria et Umbria

(Planches 16-17)

La Compagnie Cunard, dont la réputation n'est plus à faire, n'a suivi qu'en 1891 ses concurrents dans la nouvelle voie qu'ils ont adoptée, en faisant construire des navires à deux hélices qui ne seront prêts qu'en 1892; elle s'était contentée jusqu'ici des excellents résultats obtenus avec ses paquebots à une hélice, dont les deux plus récents, l'*Etruria* et l'*Umbria*, construits par MM. John Elder & Co, datent de 1884.

L'*Umbria* a été lancée le 26 juin et l'*Etruria* le 20 septembre 1884.

Leurs dimensions principales sont :

Longueur	152 ^m ,40
Largeur	17 ^m ,35
Creux sur coquille	12 ^m ,20
Tonnage { brut	7.079
{ net	3.391

Ils sont grésés en trois mâts barques comme les autres navires de la Compagnie avec bas mâts en acier.

Ces navires ne transportent que des passagers de première classe : ils peuvent en recevoir 720. Le pont promenade, qui a environ 90 mètres de longueur, leur est entièrement réservé. Le salon de musique, le fumoir, plusieurs vastes cabines de luxe, ainsi que les logements des officiers et des mécaniciens, la cuisine, la boulangerie, etc., sont sur le pont supérieur, dans un rouf de 83 mètres de longueur sur 9^m,60 de largeur. Le grand salon, qui a 23 mètres de longueur, s'étend d'un bord à l'autre; il est situé dans l'entrepont supérieur.

Comme système de construction et comme dispositions générales, ces navires se rapprochent beaucoup du type *Champagne*, dont nous parlerons longuement : il serait donc sans grand intérêt d'en faire une description détaillée. L'appareil évaporatoire se compose de neuf corps doubles en acier, à huit foyers, timbrés à 7 kil., 75. La machine est du type compound à pilon, avec deux cylindres de détente égaux dont le diamètre est de 2^m,65; le cylindre d'admission a 1^m,80 de diamètre; la course commune des trois cylindres est de 1^m,80.

L'hélice a 7^m,46 de diamètre et 1^m,80 de pas.

Aux essais, l'*Umbria* a réalisé une vitesse moyenne de 20 nœuds 415, résultat remarquable et sans précédent à l'époque où ce navire a été construit. Ces essais ont eu lieu avec un tirant d'eau moyen de 6^m,86, correspondant à une section immergée du maître couple de 102 mètres carrés et à un déplacement de 9860 tonnes. La puissance développée sur les bases a été de 14000 chevaux, ce qui

correspond, dans la formule $V = M \sqrt[3]{\frac{F}{B^2}}$, à une valeur de M très voisine de 4.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que les paquebots français, dont les dimensions sont à peu près pareilles, ont atteint près de 19 nœuds aux essais avec une puissance de 9 500 chevaux seulement, ce qui, toutes choses égales d'ailleurs, donne une utilisation au moins aussi bonne.

En service, l'*Umbria* et l'*Etruria* ont conservé de très belles vitesses; la durée moyenne de leurs traversées est de 6 jours et 15 heures environ.

La Champagne, La Bretagne, La Bourgogne, La Gascogne

(Planches 18 à 23)

La Compagnie générale Transatlantique qui, après avoir tenu la tête des lignes de New-York pendant plusieurs années avec le *Péire* et la *Ville de Paris*, se trouva distancée à partir de 1877 par les lignes anglaises, avait repris son rang avec la *Normandie*, construite en 1882 à Barrow-in-Furness. L'*Alaska*, l'*Etruria* et l'*Umbria* devinrent bientôt des rivaux avec lesquels il fallut compter, et qui entraînèrent la Compagnie à faire un nouveau pas en avant avec les quatre paquebots construits en même temps, deux à Saint-Nazaire, deux à la Seyne. Comme nous l'avons déjà dit, ces magnifiques navires ont réalisé des vitesses supérieures à leurs concurrents jusqu'à l'entrée en ligne des paquebots à deux hélices.

Ces quatre navires, construits sous la surveillance spéciale du Bureau *Veritas*, ont à très peu près les mêmes dimensions, et leurs emménagements ne diffèrent que par des détails sans importance. Nous nous bornerons donc à décrire ici avec quelques détails l'un de ceux qui ont été construits par la Compagnie Transatlantique elle-même, *La Champagne*.

Les dimensions principales de *La Champagne* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	150 mètres
Largeur hors membres.	15.70
Creux sur quille.	11.70
Tirant d'eau moyen.	7.30
Déplacement correspondant . .	9.920 tonnes
Tonnage { brut.	6.922 »
{ net.	3.907 »

Le navire est divisé dans sa longueur en 13 compartiments étanches par 12 cloisons dont quelques-unes s'arrêtent aux ponts inférieurs.

Le water-ballast, d'une capacité de 700 tonnes, s'étend sur une longueur de 116 mètres; il a 6^m,90 de largeur au milieu.

La Champagne a une quille de 30 centimètres de hauteur, une étrave droite avec brion très relevé pour augmenter la facilité d'évolution. L'étambot, en fer forgé d'une seule pièce, pèse 23 tonnes.

Il y a quatre ponts complets et un pont promenade relié par des passerelles volantes à la teugue et à la dunette.

La coque, très robuste, n'offre rien de particulier dans sa construction, qui est analogue à celle de la *Normandie* et des autres paquebots de la même époque, si ce n'est qu'elle est entièrement en acier doux.

Les membrures sont formées de deux cornières adossées; le revêtement extérieur et le bordé des trois ponts supérieurs est en tôle d'acier. Le pont promenade et le pont des émigrants seuls n'ont pas de bordé métallique; tous les ponts sont recouverts d'un bordé en bois. (Planches 22-23.)

Les cloisons en tôle des rouffles et des panneaux de la machine et des chaudières forment une liaison longitudinale très efficace.

De même que sur la *Normandie* il y a à l'avant un water-ballast qui sert à diminuer la différence de tirant d'eau pour l'entrée et la sortie du Havre. Le gaillard d'avant a 27^m,50 de longueur; le rouffle avant, qui contient le logement des officiers, a 5 mètres de longueur; le grand rouffle central 73 mètres, le rouffle arrière 7 mètres et la dunette 18 mètres.

Les ancres, du système Trottman, pèsent en moyenne 3700 kilogrammes; les chaînes ont 62 millimètres de diamètre. La manœuvre des ancres s'opère au moyen d'une grue de 6000 kilogrammes placée dans l'axe, sur le gaillard. Un guindeau à vapeur, deux stoppeurs et un cabestan complètent les appareils de mouillage.

Il y a sept compas dont un compas étalon Thomson.

La mâture se compose de 4 mâts à pible en acier; les deux de l'avant portent des voiles carrées.

La manœuvre du gouvernail se fait au moyen d'un servo-moteur Bossière, placé sous la dunette, et qui agit sur une grande couronne circulaire fixée sur la tête du gouvernail.

Les cabines de 1^{re} classe sont au nombre de 85, pouvant recevoir 224 passagers; il y a 12 cabines du seconde classe, pour 74 passagers. Le faux pont peut loger 866 émigrants.

Le grand rouffle central renferme le fumoir, le salon de conversation, les bureaux du docteur et du commissaire, les boulangeries, la descente des premières classes, sur l'avant de la machine. La partie arrière est occupée par les panneaux des machines et des chaudières, les cuisines, les lavabos, salle de bains, logements des mécaniciens et des chauffeurs.

Le fumoir des secondes classes et leur descente sont dans le rouffle arrière. La teugue et la dunette abritent les logements d'une partie de l'équipage et divers locaux affectés au service du bord.

Les passagers de cabine sont logés sous le pont supérieur, les premières classes à l'avant et au milieu, les secondes à l'arrière des machines. Un certain nombre de cabines de luxe pouvant être réunies pour les familles nombreuses, le salon des dames, très élégamment installé, les salles de bain, le grand salon, les chambres des maîtres et des employés civils, un hôpital pour les émigrants et à l'avant le poste d'équipage, complètent les emménagements de cet entrepont. Le grand salon, placé sur l'avant des cheminées, est carré; il a 14 mètres de côté et peut recevoir 142 personnes. Le grand escalier qui y donne accès est en bois naturel de plusieurs essences, sobrement et élégamment décoré.

Tous les emménagements sont chauffés à la vapeur. Les salles de bain des premières classes renferment des baignoires en marbre. Tout le navire est éclairé à la lumière électrique : 620 lampes à incandescence donnent dans tous les locaux une belle et abondante lumière.

Les émigrants sont logés dans le deuxième entrepont qu'ils occupent en entier, sauf l'extrême avant où se trouvent la cambuse et le poste des chauffeurs. Les fonds sont occupés par les cales à marchandises et les soutes diverses.

L'appareil évaporatoire de *La Champagne* se compose de quatre chaudières doubles à six foyers et de quatre chaudières simples à trois foyers. Elles ont 4^m,65 de diamètre; la longueur des corps doubles est de 5^m,60, et celle des autres 2^m,90. Elles sont timbrées à 8 kilogrammes. Des chaudières auxiliaires sont installées sur le pont supérieur, dans le rouffle central.

Les machines des quatre paquebots, comme nous l'avons déjà dit, sont à six cylindres superposés deux par deux. Celles de *La Champagne* et de *La Bretagne* diffèrent des deux autres en ce qu'elles peuvent fonctionner à volonté comme machines compound ou à triple expansion au moyen d'un arrangement spécial de soupapes qui permet de modifier la marche de la vapeur à travers les cylindres; cette disposition permet de marcher d'une façon plus économique, avec une puissance réduite à 6500 chevaux, au lieu de 8000 qui est la puissance normale dans la marche en compound.

La course commune des pistons est de 1^m,70. Les petits cylindres ont 1^m,25 de diamètre et les grands 1^m,90. Il y a un condenseur pour chaque groupe de deux cylindres. Les tiroirs des cylindres d'admission sont cylindriques; ceux des grands cylindres sont à coquille.

Outre les trois machines des turbines de circulation, indépendantes de l'appareil principal, la chambre des machines renferme trois petits chevaux : un pour vider les water-ballasts, un pour l'épuisement des cales et le troisième pour l'alimentation des chaudières. Un vireur à vapeur est établi sur l'arbre de couche.

Le palier de butée est dans le tunnel; il porte 11 cannelures, et sa longueur totale est de 2^m,50.

L'arbre à manivelles est formé de trois tronçons interchangeable, réunis par

des tourteaux : il a 580 millimètres de diamètre. Le diamètre de l'arbre du tunnel est de 570 millimètres.

L'hélice, dont le moyeu est en acier, a quatre ailes en bronze à canon. Son diamètre est de 7 mètres, le pas d'entrée est de 9^m,50 et le pas de sortie de 10^m,50.

Les essais officiels de *La Champagne*, le 6 mai 1886, ont donné 18^m,70 de vitesse moyenne, avec 61 à 62 tours de machines. La puissance maxima réalisée a été de 9500 chevaux.

Les essais de *La Bourgogne*, qui eurent lieu quelques jours plus tard ont donné une moyenne de 18^m,30; mais il est à remarquer que ce navire a 20 centimètres de plus en largeur que *La Champagne*, et que son tirant d'eau était de 24 centimètres supérieur à celui exigé par la Commission.

On peut donc admettre que les résultats sont pratiquement équivalents, et ces deux navires font également honneur aux chantiers qui les ont construits.

En service courant, les quatre paquebots ont d'ailleurs conservé leur égalité de vitesse, et acquis à la Compagnie Transatlantique le premier rang parmi les lignes de New-York. Il résulte en effet d'un rapport dressé par le Postmaster général de New-York en 1888, que ce sont les seuls dont la vitesse moyenne ait été de 20 milles terrestres à l'heure. Cette moyenne est calculée du moment où chaque steamer a reçu le courrier jusqu'à celui où il l'a débarqué.

Voici, d'après ce rapport, le tableau comparatif des vitesses ainsi établies :

Compagnie Générale Transatlantique (Havre à New-York). — *La Champagne*, *La Bretagne*, *La Bourgogne*, *La Gascogne*, 20 milles à l'heure.

Ligne Hambourgeoise Américaine (New-York à Plymouth). — *Hammonia*, *Wieland*, *Lessing*, 19 milles.

Ligne Cunard (New-York à Queenstown). — *Umbria*, 20 milles, *Etruria*, 19 milles, *Servia*, 18 milles.

Ligne Anchor (New-York à Glasgow). — *Ethiopia*, 14 milles, *Furnessia*, 13 milles, *Devonia*, 12 milles.

North German Lloyd (New-York à Southampton). — *Trave*, 19 milles, *Saale* et *Eider*, 18 milles.

Ligne Cunard (Boston à Queenstown). — *Gallia*, 15 milles, *Cephalonia* et *Scythia*, 14 milles.

Ligne Guion (New-York à Queenstown). — *Alaska* et *Wisconsin*, 18 milles, *Arizona*, 17 milles.

Ligne Inman (New-York à Queenstown). — *City-of-Berlin*, *City-of-Chicago* et *Baltic*, 15 milles.

Ligne Nationale (New-York à Queenstown). — *America*, 18 milles.

Ligne White Star (New-York à Queenstown). — *Germanic* et *Britannic* 17 milles, *Celtic*, 15 milles.

Ligne Red Star (New-York à Anvers). — *Westerland*, 15 milles, *Noordland* et *Rynland*, 14 milles.

Les paquebots à deux hélices ont entièrement changé ces moyennes, comme nous l'avons déjà dit.

City-of-New-York. — City-of-Paris

(Planches 24, 25, 26)

La Compagnie Inman, dont les navires n'avaient occupé dans ces dernières années qu'un rang secondaire parmi les compagnies anglaises qui font le service de New-York, s'est élevée d'un seul coup au premier rang, au point de vue de la vitesse, avec le *City-of-Paris* et le *City-of-New-York*, commandés en 1887 à MM. J. et B. Thomson, de Glasgow.

Le programme imposé aux constructeurs leur laissait toute latitude : les navires devaient allier à une insubmersibilité aussi parfaite que possible une très grande vitesse, avec des emménagements donnant aux passagers l'illusion d'habiter un hôtel pourvu de tous les perfectionnements modernes, plutôt qu'un navire. Ils ont résolu ce problème en construisant les deux plus grands paquebots qui soient actuellement à flot.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	157 ^m 75
— totale	170.70
Largeur	19.30
Creux sur quille.	12.60
Tonnage } brut.	10.500 tonnes
net	5.930 »

Le *City-of-New-York* et le *City-of-Paris*, comme la plupart des navires de la Compagnie Inman ont l'étrave en forme de guibre : les goûts peuvent différer sur les qualités esthétiques de cette forme, mais il est incontestable qu'elle présente pratiquement des avantages pour la sécurité du navire ; en effet, s'il en aborde un autre, au lieu de supporter le choc sur toute la hauteur de son étrave et dans ses œuvres vives, il présente à l'obstacle un coin puissant et d'un grand volume, placé entièrement au-dessus de l'eau. La guibre peut être démolie sans que la partie inférieure ait à souffrir.

Ces navires sont grésés en trois-mâts goëlettes, le mât de misaine seul portant des voiles carrées. Entre le mât de misaine et le grand mât se trouvent les trois cheminées, légèrement inclinées sur l'arrière.

Leur système de construction présente quelques particularités dignes de re-

marque, mais malheureusement peu de détails ont été publiés, et nous devons nous borner à signaler l'espacement anormal des membrures, qui est de 840 millimètres dans la partie centrale du navire et 914 millimètres aux extrémités.

Il n'y a pas de quille saillante. Le bordé extérieur est à doubles couvre-joints.

Ces navires sont divisés dans leur longueur en 15 compartiments étanches par 14 cloisons transversales ; la chambre des machines est en outre divisée en deux parties par une cloison longitudinale. Aucune porte n'existe dans les cloisons, et les plus grands compartiments ne peuvent renfermer que 1 250 tonnes d'eau jusqu'au niveau de la flottaison, ou 2250 jusqu'au niveau du pont supérieur. Il en résulte que deux compartiments peuvent être remplis par suite d'une voie d'eau sans compromettre la flottabilité du navire. En plus, un double fond d'une capacité de 1600 tonneaux offre une garantie supplémentaire en cas d'échouement.

On a essayé sur ces navires une disposition particulière sur laquelle des indications assez vagues ont seulement été publiées, et qui était destinée à supprimer ou au moins à atténuer les mouvements de roulis. Elle consiste en principe en une chambre de 10 mètres de longueur, établie sur un des ponts inférieurs, et partiellement remplie d'eau. Grâce à la forme de ce réservoir, on pensait que l'eau qui y est contenue se comporterait à la façon d'un poids mobile agissant en sens inverse du mouvement du navire et diminuerait l'amplitude des oscillations ; mais nous croyons savoir que le résultat n'a pas confirmé ces espérances, et que ce dispositif est resté sans emploi.

Le nombre des ponts est le même que dans les autres paquebots transatlantiques ; mais le pont promenade règne de bout en bout sans interruption et se raccorde aux extrémités avec la teugue et la dunette. Il porte un rouffle contenant vingt-cinq chambres de luxe, et un autre renfermant le fumoir des deuxième classes.

Le pont supérieur est occupé par un immense des rouffle de chaque bord duquel règne un passage de 3 mètres de largeur, et qui renferme les fumoirs, salons de dames, la partie principale du grand salon, et trente-cinq chambres de luxe.

Les deux ponts au-dessous sont réservés aux logements des passagers ; ceux de la première classe, au nombre de 480, sont au centre, ceux de la deuxième classe aux deux extrémités. Le grand salon, établi sur le pont supérieur est par sa disposition un des éléments caractéristiques de ces navires. Il peut recevoir 300 personnes à la fois. Se guidant sur le principe énoncé plus haut de lui donner l'apparence d'un salon d'hôtel, les constructeurs ont réussi à lui ménager une hauteur anormale en le recouvrant d'une coupole cylindrique de dimensions colossales. Le salon occupe la hauteur de deux entreponts et arrive au niveau des rouffles placés sur le pont promenade : sa hauteur totale est de 6^m,60. La coupole a 16 mètres

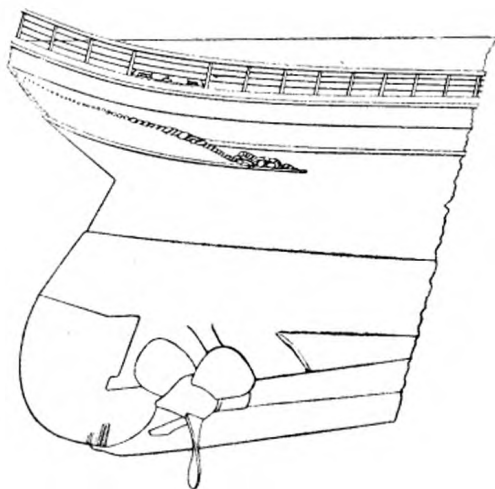
de longueur et 7^m,50 de largeur. Elle est supportée par des colonnes en acier ; sa charpente, également en acier, est recouverte d'un lambrissage en bois très richement décoré ; l'intervalle des fermes est garni de vitraux peints en verre assez épais pour résister à des coups de mer ; par dessus cette coupole intérieure, très décorative, est établi en outre un entourage robuste, et dans l'intervalle qui les sépare sont disposées des lampes électriques qui produisent le soir un très heureux effet.

A l'extrémité arrière du salon, à la hauteur du pont supérieur, se trouve un balcon qui communique avec le salon de conversation ; à l'autre bout un orgue monumental est établi sur une plateforme en encorbellement. Le salon règne sur presque toute la largeur du navire : les bas côtés sont divisés par des cloisons formant un certain nombre de petites salles privées.

Les passagers de seconde classe sont très largement logés ; le salon, où 150 passagers peuvent dîner en même temps, est à l'arrière, sur le pont supérieur ; le fumoir est au-dessus.

Les embarcations, au nombre de 22, sont établies au-dessus du pont promenade, qui n'est obstrué que par des piliers rectangulaires en tôle servant d'aspiration aux ventilateurs électriques qui assurent l'aération des différents compartiments du navire.

Le gouvernail est d'une forme spéciale, usitée assez fréquemment sur les navires de guerre, et dont le croquis ci-joint permettra de se rendre compte. Il



est largement compensé, ce qui permet de réduire la puissance de l'appareil à gouverner ; le safran est en quelque sorte découpé dans les façons de l'arrière,

dont il continue les lignes. — La machine à gouverner est hydraulique et consiste essentiellement en deux béliers dont les plongeurs sont perpendiculaires à la barre principale, qui est elle-même reliée par une bielle massive à une barre plus courte fixée sur la mèche. Cet appareil est établi au-dessous de la flottaison, comme dans les navires de guerre; la puissance de chacun des béliers est de 80 tonnes, multipliée à 140 par l'effet des transmissions. La pression de l'eau est prise sur une conduite principale qui se ramifie dans les différentes parties du navire et actionne la plupart des appareils mécaniques, au nombre de trente-sept, parmi lesquels nous citerons les mâts de charge pour la manœuvre des colis, les ascenseurs des chauffeurs et des mécaniciens, les appareils pour vider les escarilles, pour monter les plats des cuisines aux salles à manger et les provisions des soutes aux cuisines, etc. — Tous ces appareils hydrauliques, dont la manœuvre absolument silencieuse constitue un grand progrès pour le bien-être des passagers, ont été fournis par la maison Brown Brothers, à Édimbourg.

L'appareil évaporatoire se compose de neuf corps de chaudières doubles ayant 4^m,72 de diamètre et 5^m,80 de longueur, timbrées à 10 kil. 5 et placées par groupes de trois dans des compartiments entièrement clos.

Le personnel des chaufferies est obligé pour entrer et sortir de traverser un sas à air et d'employer un ascenseur hydraulique. L'air est refoulé dans chaque chaufferie par quatre ventilateurs placés aux angles, à 3^m,50 environ au-dessus des parquets; ils prennent leur aspiration sur le pont promenade. La pression d'air normale dans les chaufferies est de 12^m/m,5 de mercure, et de 19 millimètres en marche rapide.

Les machines, à triple expansion, ont chacune trois cylindres verticaux dont les diamètres sont respectivement 1^m,14, 1^m,80 et 2^m,87. La course commune des pistons est de 1^m,50, et l'allure moyenne de la machine est de 70 à 75 tours correspondant à une puissance indiquée de 18 000 chevaux environ. Chaque machine fonctionnant seule peut donner au navire les deux tiers de la vitesse maximum.

Le *City-of-New-York* et le *City-of-Paris* ont été les premiers en date dans la série des paquebots à deux hélices: c'est donc à la Compagnie Inman que revient l'honneur d'avoir fait avec hardiesse une tentative couronnée de succès et bientôt imitée par les autres compagnies. Les hélices sont à trois ailes.

Le *City-of-New-York* est entré en service en juillet 1888 et le *City-of-Paris* en mai 1889. Le premier, qui n'a pas donné dès le début les résultats qu'on en attendait, par suite de mauvaises dispositions dans les appareils de tirage forcé, a cependant réalisé aux essais une vitesse voisine de 19 nœuds avec 18 000 chevaux. Le *City-of-Paris*, qui a fait aux essais 20 nœuds 70 avec 20 000 chevaux, s'est signalé dès ses débuts par des traversées d'une rapidité inconnue jusqu'alors, car il en a réduit la durée à moins de six jours. Ses derniers voyages l'ont placé, à quelques minutes près, au même rang que le *Teutonic* avec

lequel il luttait à égalité, lorsque sa carrière a été subitement interrompue, et pour longtemps, par un accident qui a entièrement détruit l'une de ses machines. Le 23 mars 1890, comme le navire approchait de la côte d'Irlande après une magnifique traversée, le cylindre à basse pression de la machine tribord fit soudain explosion. Les éclats brisèrent le condenseur et les tuyaux mettant la machine en communication avec la mer, qui fit irruption dans le navire et laissa croire tout d'abord à une grave voie d'eau. Par un hasard providentiel, personne ne fut blessé, et, les pompes ayant suffi à épuiser la plus grande partie de l'eau, le navire put être remorqué à Queenstown.

La visite en cale sèche, quelques jours plus tard, montra que la coque n'avait aucunement souffert, mais que l'arbre de l'hélice tribord était rompu ; c'est là sans doute l'origine de l'accident, cette rupture ayant fait affoler la machine et causé l'explosion du cylindre. Le navire, entièrement réparé, a brillamment repris son service en 1891.

Teutonic et Majestic

(Planche 27)

La Compagnie White Star, dont les navires ont depuis de longues années été classés parmi les plus rapides de la ligne de New-York, n'avait pas augmenté sa flotte depuis 1874 ; le *Britannic* et le *Germanic*, qui datent de cette époque ont fait régulièrement, depuis leur mise en service, des traversées de 7 jours et 20 heures environ. Mais dans cet intervalle les Compagnies concurrentes avaient pris l'avance, et pour se maintenir à leur hauteur, il fallait construire un type nouveau. Le *Teutonic* et le *Majestic* ont donc été mis sur chantiers, en 1887, et le résultat obtenu avec ces navires a pleinement réalisé les espérances de la Compagnie et de ses éminents constructeurs, MM. Harland et Wolff, de Belfast.

Le *Teutonic* a été lancé le 19 janvier 1889, et le *Majestic* le 29 juin de la même année. Ces deux navires étant identiques, il nous suffira d'en décrire un seul. Leurs dimensions principales sont :

Longueur entre perpendiculaires	172 ^m ,20
Largeur	17 50
Creux sur quille	11 90
Tonnage { brut	9.686 tonnes
{ net	4.245 »

Ce sont les navires les plus longs actuellement à flot.

La coque est entièrement construite en acier doux, et présente dans sa construction quelques particularités intéressantes. Les varangues sont cloisonnées

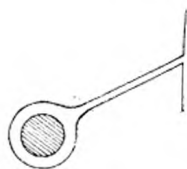
comme l'ossature d'un waterballast, mais il n'y a de réservoirs pour le lest liquide qu'aux extrémités. La quille est formée d'une tôle plate faisant partie du bordé extérieur, au-dessous de laquelle est fixée une quille massive en fer forgé de 87 millimètres de hauteur sur 425 millimètres de largeur.

Dans la partie centrale, les membrures sont en formes d'U, et quelques-unes portent en outre une cornière renversée montant de la varangue jusqu'aux barrots de cale. La partie avant de la quille est très relevée; et pour réunir l'étrave à la quille massive, on a employé une sorte de brion en acier coulé de 12 mètres de longueur; cette pièce a la forme d'un Y, dont les branches, aplaties à la partie arrière, vont en se fermant vers l'avant, de manière à embrasser les tôles du bordé.

L'arrière du navire offre des dispositions toutes spéciales. Nous avons déjà dit que les deux hélices se croisent dans une cage ménagée dans l'étambot; il n'y a pas à proprement parler de tubes d'étambot extérieurs, et les arbres sont enfermés dans un renflement de la coque: à l'extrême arrière, ce renflement a une section presque circulaire, reliée à la coque par une nervure constituée par la tôle qui enveloppe l'arbre, et qui se trouve repliée sur elle-même.



La construction de ces sortes de tubes extérieurs comporte donc des membrures et un revêtement en tôle: les membrures sont rivées à celles de la carène; vers l'avant, elles ont la forme d'un arc de cercle ou d'un U ouvert; vers l'arrière, cet arc de cercle se referme graduellement, et les dernières membrures ont la forme indiquée ci-contre, à l'exception des six dernières, qui sont en acier coulé.



La confection des tôles de cette partie de la coque a dû être extrêmement difficile.

La cage dans laquelle se croisent les hélices est faite de cinq pièces en acier coulé, assemblées. L'étambot lui-même, qui en fait partie, est en forme de croix; les branches horizontales se terminent par deux anneaux qui forment les extrémités des tubes extérieurs. Les centres de ces anneaux sont écartés d'environ 4^m,80. — L'étambot arrière a une légère quête.

Le bordé extérieur du navire est fait avec des tôles de près de neuf mètres de longueur. Leurs abouts sont à recouvrements, au lieu d'être assemblés à franc-bord avec couvre-joints. Cette pratique nouvelle tend à se généraliser et donne d'assez bons résultats. On obtient ainsi une résistance équivalente et une meilleure étanchéité (du moins au début) qu'avec des couvre-joints, dont le poids assez considérable se trouve économisé; on évite également l'écrasement des abouts des tôles qui se produit toujours avec le temps. Par contre, ce système présente une assez grande difficulté d'exécution sur les bords des tôles, au point où l'about rencontre les coutures longitudinales; il faut, à cet endroit, buriner

les tôles pour les amincir et mâter avec grand soin ; aussi est-il à craindre que les joints de cette espèce ne restent pas longtemps étanches.

Comme apparence extérieure, le *Teutonic* et le *Majestic* ressemblent aux autres navires de la White Star Line, avec une étrave droite légèrement élancée ; une teugne et une dunette en forme de « turtle back », et deux cheminées. Mais la mâture est simplifiée et réduite à trois mâts à pible, sans vergues, portant seulement des voiles goëlettes.

Le gouvernail est en trois pièces assemblées par des boulons.

La division du navire, obtenue par 11 cloisons transversales, est rendue encore plus efficace par une cloison longitudinale qui règne sur les deux tiers au moins de sa longueur et divise en deux parties, six des plus grands compartiments transversaux.

La cloison longitudinale n'est percée que d'une seule porte, toujours fermée à la mer, et dont le chef mécanicien a la clef. Les portes qui séparent les machines des chaufferies sont doubles, et l'une d'elles se manœuvre du pont : elle se ferme sous son propre poids aussitôt qu'elle est déclanchée, mais grâce à un système très ingénieux la descente se fait sans secousse. A cet effet, la porte est munie d'une tige surmontée d'un piston qui se meut dans un cylindre de 11 centimètres de diamètre, rempli de glycérine. Lorsqu'on laisse descendre la porte, cette glycérine doit passer à travers un trou de 12 millimètres pratiqué dans le piston, et règle ainsi la vitesse de la chute. Une autre particularité digne de remarque, c'est que les portes se ferment automatiquement en cas de voie d'eau. Dès que l'eau envahissant le navire s'élève à un pied dans la cale, elle met en mouvement un flotteur qui vient pousser une tige et déclanche la porte. Les hommes peuvent être ainsi avertis d'un danger resté ignoré jusque là.

Le nombre des passagers de première classe est assez limité, si l'on tient compte des dimensions de ces navires : on l'a réduit à 300, de façon à pouvoir les recevoir à la même heure dans la salle à manger. Il y a des logements pour 150 passagers de seconde classe et environ 750 émigrants : peu de changements, d'ailleurs, ont été apportés à l'arrangement adopté sur les navires plus anciens de la compagnie ; on s'est borné à les perfectionner dans leurs détails ; c'est ainsi que le grand salon des premières a été placé exactement au centre du gravité du navire, au point où les mouvements de la mer sont les plus atténués.

La partie centrale du navire est affectée aux passagers de première classe ; les passagers de deuxième classe sont logés à l'arrière, et les émigrants occupent les deux extrémités du paquebot, les hommes seuls à l'avant, les familles et les femmes seules à l'arrière.

Chaque catégorie de passagers a son pont de promenade ; celui des premières a 74 mètres de longueur avec un passage entièrement dégagé de 5^m,50 de largeur, de chaque côté des superstructures qui occupent la partie centrale. Les embarcations reposent sur un pont léger qui abrite le pont promenade, et rem-

place les tentes. Sur le pont promenade se trouvent l'appartement du commandant, la timonerie, la chambre des cartes, des cabines de luxe, et près de la descente principale, la salle de lecture, dont l'ornementation est très luxueuse, dans le style italien du *xvi^e* siècle.

Sur le pont supérieur on trouve la chambre du commissaire, des cabines de luxe avec salle de bain; vers l'arrière, après les lavabos pour hommes, l'échoppe du barbier et le fumoir des premières classes, ornés avec des panneaux en cuir repoussé et meublés de divans confortables.

En revenant vers le milieu du navire et descendant au pont situé au-dessous, on arrive au grand salon orné de figures et de motifs en relief, style Renaissance, ivoire et or. Les trumeaux des sabords sont garnis de vitraux blasonnés aux armes des principales villes du monde, derrière lesquels sont placées des lampes électriques, de sorte qu'on en voit les peintures de nuit comme de jour.

Sur l'avant du salon et presque immédiatement au-dessous se trouvent les cabines de première classe dont la plupart n'ont que deux couchettes.

Il y a des cabines pour familles et d'autres pour une seule personne. — Toutes sont naturellement munies d'un éclairage électrique à la disposition des passagers. La salle des bagages, très vaste, est accessible en tout temps.

Les passagers de seconde classe devenant de plus en plus nombreux, on s'est efforcé de leur procurer des installations qui peuvent rivaliser avec les premières classes des anciens paquebots; ils ont leur salon sur le pont supérieur, et leur fumoir sur le pont promenade à l'arrière.

Les logements des émigrants, divisés comme il a été dit plus haut, sont également des plus confortables.

L'appareil évaporatoire se compose de huit chaudières doubles à six foyers, quatre chaudières doubles à quatre foyers et quatre chaudières simples à trois foyers, soit en tout 76 foyers.

La pression des soupapes est de $12^k,600$. — Les grandes chaudières ont $3^m,80$ de diamètre et $5^m,10$ de longueur.

Les machines sont à triple expansion et développent chacune 8000 chevaux; les diamètres des cylindres sont respectivement : $1^m,075$, $1^m,700$ et $2^m,75$; leur course commune est de $1^m,50$.

Les arbres ont 525 millimètres de diamètre extérieur; ils sont en acier et percés d'un trou de 300 millimètres. Ils sont distants de $4^m,80$ environ d'axe en axe et le diamètre des hélices est de $6^m,70$, de sorte qu'elles se décroissent d'environ 95 centimètres. Elles sont à quatre ailes en bronze manganèse sur le *Teutonic*, et à trois ailes sur le *Majestic*, chaque aile à $2^m,44$ de longueur. Leurs pas sont inverses; l'hélice de tribord à le pas à droite, et celle de babord le pas à gauche.

A leur sortie de la coque, les arbres sont renfermés jusqu'à leur extrémité dans

une sorte de manchon en acier fondu portant une large nervure horizontale, qui se raccorde avec le bordé extérieur.

Le service des machines occupe 21 mécaniciens. L'équipage est de 170 hommes.

Il n'y a pas eu à proprement parler d'essai de vitesse pour le *Majestic* et le *Teutonic* : c'est dans la traversée de New-York qu'on a mesuré ce qu'ils peuvent faire, et le résultat a été remarquable ; le premier voyage du *Teutonic*, de Queenstown à New-York, a été effectué en 6 jours, 14 heures et 20 minutes sans atteindre la pression maxima des chaudières et malgré un temps très défavorable et grosse mer de l'avant.

Cette vitesse a été notablement dépassée dans les traversées suivantes, dont la durée moyenne a été inférieure à six jours. Le voyage le plus rapide du *Teutonic* a été de 5 jours 19 heures et 5 minutes, soit 15 minutes environ de moins que le *City-of-Paris* (1). — Le *Majestic* est un peu moins rapide, et son meilleur record a été de 5 jours 21 heures 20 minutes : la différence est bien faible en vérité.

La Columbia

(Planches 28, 29, 30, 31)

La Compagnie Hambourgeoise Américaine, à laquelle appartient ce navire ; exploite depuis de longues années la ligne de Hambourg à New-York, et sa flotte compte parmi les plus complètes à tous les points de vue. Pour suivre les progrès de ses concurrents, elle a commandé en 1888 deux navires à deux hélices et à grande vitesse, l'un aux chantiers *Vulcan*, à Stettin, qui se nomme *Augusta-Victoria*, l'autre à MM. Laird Brothers, à Birkenhead, qui se nomme *Columbia*. Ces deux paquebots ont très sensiblement les mêmes dimensions et le même tonnage ; ils ont été construits l'un et l'autre sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas et ont obtenu la plus haute cote à ce registre ; mais la *Columbia* a réalisé une plus grande vitesse que l'*Augusta-Victoria*.

Ses formes sont très belles, et son apparence à flot très satisfaisante ; avec ses trois mâts légèrement inclinés sur l'arrière et ses trois cheminées ovales, elle donne l'impression d'un navire puissant et rapide.

Les dimensions principales de la *Columbia* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	141 ^m 25
Largeur.	16.95
Creux sur quille.	11.55
Tirant d'eau moyen en charge .	7.25
Déplacement correspondant. . .	10.000 tonneaux

(1) Tout récemment, (août 1891) le *Teutonic* a fait une traversée de 5 jours 16 heures et 39 minutes.

Malgré sa grande largeur, qui lui donne une stabilité exceptionnelle, elle a un coefficient de déplacement très réduit, 0,55, qui donne une idée de la remarquable finesse de ses lignes.

Le navire est entièrement construit en acier doux. L'étrave est légèrement élancée vers l'avant et l'étambot, ainsi que nous l'avons déjà dit, est muni d'une cage comme les navires à une seule hélice.

Il n'y a pas de quille saillante dans l'axe, mais seulement deux quilles de roulis en abord.

Un double fond cellulaire s'étend de l'avant à l'arrière, et peut recevoir 1200 tonnes d'eau; il est divisé en 18 compartiments étanches.

La longueur du navire est divisée en 12 compartiments par 11 cloisons étanches, montant jusqu'au pont supérieur : le compartiment des machines est lui-même divisé en deux par la cloison longitudinale, ce qui fait un total de 13 compartiments étanches. Il y a 4 ponts complets en acier, et le plus bas est muni de panneaux étanches qui en font en réalité un plafond complètement imperméable à l'eau : c'est là un avantage considérable au point de vue de la sécurité du navire, et la *Columbia* a été le premier navire de commerce ainsi installé.

Le gaillard d'avant, en forme de dos de tortue, abrite un guindeau à vapeur Emerson, qui commande par une transmission le cabestan placé sur le gaillard.

En arrière du gaillard, un petit rouffle abrite le panneau avant : puis vient le rouffle principal qui s'étend jusqu'au grand panneau arrière. Il renferme le salon des premières classes, qui peut recevoir 150 passagers; un autre salon plus petit, placé au-dessous, peut encore recevoir 150 personnes. Le toit du rouffle principal s'étend en abord et forme un pont promenade de 105 mètres de longueur sur lequel sont placés le salon des dames, le salon de musique, le fumoir, les cabines de luxe, les chambres du capitaine et des officiers.

Les passagers de seconde classe sont particulièrement bien traités; ils ont un vaste salon sur le pont supérieur, avec escalier donnant accès au salon des dames et au fumoir, qui sont placés à l'arrière du rouffle sur le pont promenade. Tous ces salons sont décorés avec goût et richesse dans le style allemand. Sous la dunette, qui est, comme le gaillard, en forme de dos de tortue, sont placés l'hôpital et l'appareil à gouverner.

Les cabines des passagers sont disposées par groupes de quatre dans les entreponts, et desservies par de vastes couloirs : elles sont chauffées à la vapeur. Il est à remarquer qu'en cas de mauvais temps les passagers peuvent se rendre dans toutes les parties du navire sans traverser un espace découvert.

Dans les fonds du navire se trouvent de vastes caisses à eau douce, et des distillateurs peuvent en outre renouveler l'approvisionnement. Les cuisines peuvent suffire pour 1500 passagers, sans compter celles de l'équipage et des émigrants qui sont installées avec un chauffage à vapeur.

Pour l'embarquement des marchandises et des bagages, il y a quatre écoutilles

latérales et deux dans l'axe du navire ; chacune est desservie par un treuil et un mât de charge.

Afin de faciliter le démontage du gouvernail, sa tige est en deux parties reliées par des plateaux boulonnés : elle porte à la partie supérieure une large couronne sur laquelle passent les drosses en chaînes, qui vont s'enrouler directement sur un tambour commandé par la machine à vapeur. La transmission de la roue de passerelle se fait directement par un arbre qui va rejoindre la dunette.

Les ancres, du système Trotman, sont fixées sur des plans inclinés à l'avant du gaillard.

Les embarcations au nombre de dix, sont en tôle d'acier.

L'appareil évaporatoire se compose de neuf corps de chaudières doubles, placés par groupes de trois, avec leur approvisionnement de charbon, dans des compartiments séparés : six de ces chaudières ont 5^m,22 de longueur totale et 4^m,67 de diamètre ; les trois autres ont la même longueur et 4^m,35 de diamètre extérieur. Elles portent chacune six foyers à nervures du système Purves. La surface de chauffe totale est de 3 270 mètres carrés, et la surface de grille de 114 mètres carrés. La pression de régime est de 10 kil. 5.

Le tuyautage de vapeur présente une particularité digne d'attention : tous les tuyaux parcourus par de la vapeur sous pression sont armés d'une spirale en fil d'acier, qui supprime tout danger d'explosion. Cette précaution est certainement à recommander.

L'appareil moteur se compose de deux machines à triple expansion de 6 250 chevaux chacune. Les cylindres qui ont une course commune de 1^m,67, ont respectivement pour diamètres 1^m,04, 1^m,67, et 2^m,82. Ils sont munis d'enveloppes de vapeur, et portés sur des bâtis très massifs. La butée est largement proportionnée ; le palier est muni de coussinets mobiles en forme de fer à cheval, système généralement adopté aujourd'hui.

Les arbres sont en acier creux ; ils ont été fabriqués par l'usine Krupp, à Essen.

Sur la passerelle est installé, correspondant avec chacune des machines, un motographe Alison, invention extrêmement utile et ingénieuse. Cet appareil très simple fonctionne par l'effet d'un courant d'air circulant dans un tube en cuivre ; il montre à chaque instant au capitaine ou au pilote si ses ordres ont été exécutés ; il indique le sens dans lequel tournent les machines et leur nombre de tours. Les transmissions d'ordres se font au moyen des appareils bien connus de Chadburn.

Les tiroirs du cylindre d'admission et du cylindre intermédiaire sont cylindriques ; celui du grand cylindre est un tiroir en D équilibré. Les tiroirs sont commandés par un excentrique à barre unique. — Les condenseurs, du modèle ordinaire, sont placés en arrière des machines ; les pompes à air sont conduites par les pistons des cylindres extrêmes. Toutes les autres pompes sont attelées sur une machine auxiliaire construite par la maison Tangye.

Les hélices sont à trois ailes en acier : elles ont 5^m,45 de diamètre et 9^m,65 de pas. Les moyeux sont en acier ; ils ont 1^m,40 de diamètre, et présentent une forme sphérique quand les ailes sont en place. — Il est à remarquer que l'*Augusta-Victoria* a été munie à sa construction d'hélices à quatre ailes, et, qu'en présence des résultats inférieurs qu'elles avaient donnés, on les a changées par la suite pour les remplacer par des hélices à trois ailes comme sur la *Columbia*. La *Columbia* est pourvue d'une installation d'éclairage électrique très complète. Trois machines dynamo compound, du dernier type Siemens, fournissent des courants d'une force électro-motrice de 110 volts : elles sont actionnées chacune par un moteur compound vertical, à action directe, monté sur la même plaque de fondation que la dynamo. Leur nombre de tours normal est de 350. L'une des dynamos est affectée au circuit de jour ; les deux autres peuvent se remplacer pour le service de nuit. Les lampes employées partout ont un pouvoir éclairant de 25 bougies ; les feux de côté et de tête de mâts sont formés de groupes de lampes.

Les essais de la *Columbia* ont eu lieu en juin 1889 ; les machines, construites pour 12500 chevaux, ont développé une moyenne de 13680 : à 74,5 tours, la vitesse a été de 19 nœuds 05 ; à 76,5, elle a été de 20 nœuds 50. Depuis lors, le navire a pris son service régulier, qu'il accomplit dans les meilleures conditions, avec une vitesse moyenne de 18 nœuds. En résumé, on peut le considérer comme un succès complet pour la Compagnie et pour les constructeurs.

Normannia

(Planches 32, 33)

La Compagnie Hambourgeoise Américaine ne s'est pas arrêtée dans la voie du progrès après la construction de la *Columbia*. En mai 1889, au moment même de l'ouverture de l'Exposition, elle a commandé à la Fairfield Shipbuilding Co, à Glasgow, un nouveau paquebot à deux hélices, plus grand que le précédent, qui a reçu le nom de *Normannia* ; il a été lancé le 9 février 1890, et a fait ses essais quelques semaines après. Ce magnifique navire est le plus grand paquebot sorti jusqu'ici des chantiers de Fairfield ; il a été construit, comme la *Columbia* sous la surveillance du Bureau Veritas. (1)

La *Normannia* a trois cheminées et deux mâts seulement, sans vergues : c'est un pas de plus vers la suppression complète de la voilure, qui se trouve ici réduite à deux focs et deux voiles triangulaires.

Ses dimensions principales sont les suivantes :

(1) Enfin la C^{ie} Vulcan a lancé en 1891 le « *Fürst Bismark* » pour la même compagnie.

Longueur entre perpendiculaires.	152 mètres
Largeur	17.48
Creux.. . . .	10.80
Tonnage { brut.	8.250 tonneaux
{ net	3.278

Le navire est entièrement construit en acier doux. — L'étrave est droite : la membrure monte jusqu'au pont-promenade, mais le revêtement extérieur s'arrête au pont principal, laissant un large passage ouvert tout autour des logements qui occupent la partie centrale de ce pont, sur une grande partie de sa longueur. A l'avant et à l'arrière, le bordé extérieur se relève pour former le gaillard et la dunette, auxquels le pont-promenade, qui a 120 mètres de longueur, est relié par de larges passerelles.

Il y a, comme sur la *Columbia*, quatre ponts complets en acier, en plus du pont-promenade. Le navire est divisé transversalement en douze compartiments par onze cloisons étanches montant au pont supérieur, avec des portes de communication dans le premier entrepont, qui est bien au-dessus de la flottaison. Les machines jumelles sont en outre séparées par une cloison longitudinale qui règne également dans les soutes à charbon placées transversalement. Les fonds du navire sont occupés par un water-ballast cellulaire. La charpente de l'avant, ainsi que les tôles du bordé extérieur sur une certaine hauteur au-dessus et au-dessous de la flottaison, sont renforcées afin de protéger le navire contre les glaces. C'est une pratique très en faveur sur les navires qui doivent entrer dans les ports de la Baltique, et pour laquelle le Bureau Veritas donne une marque spéciale.

La *Normannia* est installée pour recevoir 420 passagers de première classe, 172 de deuxième classe et 700 émigrants, en plus d'un nombreux équipage. Le salon des dames et le salon de musique se trouvent sur le pont-promenade, à l'avant; séparés par une vaste coupole garnie de vitraux peints et donnant jour à la salle à manger principale, qui est sur le pont supérieur. Cette salle à manger a 22 mètres de longueur, et occupe toute la largeur du rouf : il y en a une seconde sur le pont inférieur, de sorte que 380 passagers de première classe peuvent dîner à la même heure. La cuisine et ses dépendances sont placées sur le pont supérieur à proximité du grand salon. Le fumoir des premières classes est à l'arrière sur le pont-promenade : il a 13^m,50 de largeur et 6 mètres de long : il est décoré dans le goût des vieilles tavernes allemandes. La grande majorité des chambres de luxe sont sur le pont principal; sur le pont-promenade se trouvent des chambres de repos, dont une partie est réservée aux dames. Des salles de bains sont installées à différentes places. Les communications sont disposées de façon à éviter tout passage à découvert.

Pour les passagers de 2^e classe, le salon des dames et le fumoir sont sur le pont-promenade, à l'arrière des machines : la dunette leur est réservée comme promenade. La salle à manger est à l'arrière du pont supérieur; elle peut rece-

voir environ 120 personnes; au-dessous sont des cabines particulières. Les émigrants sont logés dans le deuxième entrepont.

Les logements de l'équipage sont répartis de manière à placer les hommes à proximité de leurs occupations : les chauffeurs et mécaniciens sont logés sur le pont principal, près des machines; les matelots et les officiers subalternes sont à l'avant; l'hôpital et son personnel sont établis à l'arrière; le capitaine et le second occupent des cabines sous le pont-promenade.

Treize bateaux de sauvetage du système ordinaire sont placés au-dessus du pont-promenade; le navire porte en outre un grand nombre de canots « semi-collapsible », attachés le long des pavois.

Pour l'embarquement des marchandises, le pont porte plusieurs grues à vapeur, ainsi que des cabestans, des treuils, etc. La machine à gouverner a été construite par la maison Muir et Capdwell; elle est analogue à celle de la *Columbia*. Le mouvement de la barre de route est transmis directement par un arbre de 120 mètres de longueur.

L'appareil évaporatoire est composé de neuf corps de chaudières doubles, placés par groupes de trois dans des compartiments séparés. Ces chaudières ont 4^m,80 de diamètre et 5^m,40 de longueur; elles portent chacune quatre foyers en tôle ondulée, système Fox, sur chaque face.

La pression normale des chaudières est de 11 kil. 250. Chaque chaufferie est munie de deux ventilateurs de 1^m,800 de diamètre, pour en assurer l'aération et activer le tirage des chaudières.

L'appareil moteur se compose de deux machines à triple expansion, de 7 000 chevaux chacune; les cylindres, qui ont une course commune de 1^m,65, ont respectivement pour diamètre 1^m,20, 2 mètres et 3^m,18. Les pompes à air, les pompes alimentaires et les pompes de cale sont mues par un moteur spécial à trois cylindres.

Les arbres d'hélice sont en acier, ainsi que le moyeu des hélices : chacune de celles-ci a trois ailes en bronze manganèse.

Le navire est éclairé à l'électricité.

La Touraine

(Planches 22, 23, 34, 35)

Le paquebot à deux hélices de la Compagnie générale Transatlantique, la *Touraine*, récemment achevé, n'a pas encore pris son service à l'heure où ces lignes sont écrites. On ne peut donc encore lui attribuer une place, au point de vue de la vitesse, parmi les « racers » de l'Atlantique, mais on peut dès

maintenant donner l'assurance que cette place sera des plus honorables, et qu'au point de vue du bien-être des passagers, ce magnifique navire ajoutera encore à l'excellente renommée de la Compagnie. Son aspect extérieur est des plus satisfaisant par l'élégance des formes. Il est gréé en trois-mâts goélette, sans voiles carrées. L'étrave est droite.

La *Touraine* a été construite sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas, dans les Chantiers de la Compagnie Transatlantique, à Penhoët; les plans et devis en sont dus à l'éminent ingénieur en chef de la Compagnie, M. Daynard,

Ses dimensions principales sont :

Longueur entre perpendiculaires.	157 ^m 45
Largeur.	17.05
Creux sur quille au pont supérieur	11.80
Tirant d'eau en charge.. . . .	7.20
Déplacement correspondant . .	11.675 tonneaux

Le système de construction de la *Touraine* résume les principaux progrès que nous avons signalés au début de cette étude, et peut servir de modèle pour la judicieuse répartition des matériaux.

Les membrures, espacées de 670 millimètres d'axe en axe, sont formées par des U en acier d'une seule pièce, de la quille au pont supérieur : aux bouchains l'U est fendu au tiers environ de sa hauteur, et ouvert de façon que la portion extérieure s'applique sur le bordé tandis que la portion intérieure, plus étroite, vient armer le bord des varangues.

A la partie supérieure, sur la hauteur de l'entrepont, l'ailé intérieure de l'U est supprimée de deux en deux couples, pour gagner du poids.

Le water-ballast, qui occupe environ les deux tiers de la largeur du navire constitue une construction séparée, contre laquelle vient butter de chaque bord la charpente de la partie haute.

Les barrots des ponts (sauf ceux du pont-promenade) sont en fers à T, armés à la partie inférieure d'un fort boudin. Il y a cinq ponts. Le pont-promenade, interrompu aux extrémités du grand rouffle central, et relié par des passerelles à la tenguie et à la dunette, est recouvert en bois. Il est supporté par des barrots légers formés d'une cornière à boudin. — Le pont supérieur et les deux ponts placés au-dessous sont continus et bordés en tôle d'acier; le pont supérieur, qui constitue la fibre la plus chargée de la poutre, est particulièrement robuste : entre la muraille et les parois du rouffle central, le bordé consiste en deux épaisseurs de tôle d'acier de 20 millimètres, recouvertes d'un bordé en teak de 85 millimètres. Le pont le plus bas est naturellement interrompu par les machines et les chaudières; aux extrémités, il est bordé en tôle. Les barrots subsistent, sans revêtement, dans les soutes à charbon et les cales à marchandises.

Le revêtement extérieur présente un ensemble d'une extrême rigidité ; consolidé dans les fonds par le water-ballast qui règne sur toute la longueur, il est formé au niveau du pont supérieur de deux tôles superposées qui donnent une épaisseur totale de 46 millimètres, sur une hauteur de deux virures : véritable cuirasse, qui, énergiquement reliée au pont supérieur, assure à cette partie du navire une rigidité à toute épreuve. L'épaisseur des autres virures du bordé extérieur est de 19 et de 20 millimètres.

La résistance de la coque est encore augmentée par la cloison longitudinale qui règne à travers les chambres des machines et les soutes à charbon de l'arrière ; par les cloisons des rouffles, en tôle d'acier, et enfin par douze cloisons transversales. La coupe transversale que nous donnons (planches 22-23) permettra d'apprécier encore mieux les détails de la construction.

Les emménagements sont extrêmement soignés, et rien n'a été négligé pour les rendre confortables. La hauteur des entreponts est supérieure de 10 centimètres à celle des types précédents. Il y a trente chambres de luxe pour familles, six chambres de grand luxe avec salle de bains et cabinet de toilette, huit cabines à deux couchettes sur le pont supérieur ; quatre cabines à une place, cinquante à deux places et trois à trois places dans l'entrepont supérieur, pour les passagers de 1^{re} classe.

L'installation de tous ces logements est des plus confortables : les cabines de luxe sont d'une élégance et d'une commodité qui n'avaient jamais été réalisées jusqu'ici, et, grâce à une très ingénieuse disposition des passages et des escaliers, les voyageurs occupant les cabines situées sur le pont-promenade peuvent aller dans n'importe quelle partie du navire sans passer par l'extérieur. Afin de permettre aux passagers de s'orienter plus aisément dans les nombreux couloirs des entreponts, on a eu l'ingénieuse idée de leur donner des noms de rues : c'est ainsi que dans l'entrepont supérieur, on trouve la rue de Paris, la rue de New-York, l'avenue des Machines, etc.

Pour les passagers de 2^e classe, il y a 21 cabines à deux places et 24 à trois places : spacieuses et bien aérées, ces cabines sont simplement mais très convenablement meublées.

Le nombre des émigrants qui peuvent trouver place dans les entreponts inférieurs est de 600 ; il a été réduit, relativement à ce qui existait sur les navires précédents.

En résumé, la *Touraine* peut recevoir 1 090 passagers de toutes classes : 392 de 1^{re}, 98 de 2^e et 600 de 3^e classe.

Les lieux de réunion et de promenade pour les passagers ont été l'objet d'un soin tout particulier.

Le grand escalier placé entre les deux cheminées et qui donne accès dans les salons et dans les cabines de 1^{re} classe, est d'un effet grandiose : il occupe toute la hauteur comprise entre le pont-promenade et le pont principal, et il est

éclairé par une coupole vitrée s'élevant au-dessus des rouffles du pont-promenade. On y accède des deux bords par le pont-promenade et par le pont supérieur ; des canapés disposés en différents endroits en font un véritable salon, décoré avec un luxe et un goût parfaits ; une grande glace appliquée contre la cloison de l'avant, et encadrée par des cariatides en bois sculpté, lui donne des proportions monumentales. L'éclairage électrique y est répandu à profusion.

Au niveau du pont-promenade, cet escalier donne accès aux chambres de luxe : au niveau du pont supérieur, il communique sur l'arrière avec le salon de conversation, dans lequel se trouvent un piano et une vaste bibliothèque ; sur l'avant sont placées les chambres du docteur et du commissaire. — Au bas de l'escalier, sur le pont principal, on trouve encore deux chambres de luxe de chaque bord ; sur l'avant débouchent les deux longues « rues » bordées de cabines de 1^{re} classe, et sur l'arrière on entre dans le grand salon, qui a à peu près 17 mètres dans les deux sens. Il est éclairé par une vaste ouverture carrée, découpée au centre du salon de conversation, et surmontée d'une coupole vitrée. La décoration, bois et or, est sobre et élégante.

Les passagers de 1^{re} classe ont encore un fumoir très vaste, placé à l'avant des rouffles sur le pont supérieur ; le salon des dames, sur l'arrière du grand salon, décoré dans le style Louis XVI, est extrêmement coquet et artistique.

Les enfants ont une vaste salle à manger sur le pont principal. — Le salon des 2^e classes est sur le pont supérieur, à l'arrière de la deuxième cheminée.

Au point de vue de la promenade, les passagers trouvent sur la *Touraine* toutes les facilités désirables. De chaque côté des rouffles règne sur le pont supérieur un passage de 3^m,50 couvert par le pont-promenade ; ce pont lui-même, qui s'étend sur une centaine de mètres de longueur, est relié à la teugue et à la dunette par des passerelles mobiles, et la toiture des rouffles qu'il porte a été prolongée jusqu'en abord, formant un pont-tente sous lequel on peut se promener à l'abri en tout temps. Les embarcations ont été reportées au-dessus de ce pont-tente, sur lequel les passagers n'ont pas accès.

En résumé, nous ne croyons pas qu'on ait réuni jusqu'ici dans un ensemble aussi parfait toutes les conditions de bien être qu'aiment les passagers, et la *Touraine* sera certainement recherchée par les habitués de la ligne de Paris à New-York. — Ils y trouveront également toute la sécurité désirable, grâce à la solidité de la construction, au cloisonnement très complet du navire, à sa double machine qui assure la marche en cas d'avaries, et à l'installation très complète de l'appareil à gouverner, qui mérite une mention spéciale.

La barre de route, placée dans la chambre de veille, à l'avant, actionne un petit servo-moteur auxiliaire qui n'a d'autre objet que de transmettre la commande, par l'intermédiaire d'un arbre courant sous le pont-promenade, jusqu'au servo-moteur principal établi à quelques mètres en avant de la mèche du gouvernail, sous la dunette. L'arbre de cette machine porte deux tambours canne-

lés sur lesquels s'enroulent directement des drosses en chaînes fixées à une large couronne circulaire établie sur la tête du gouvernail ; la longueur de ces drosses est ainsi réduite au minimum, ce qui diminue notablement les chances d'avaries ; de plus, afin de donner à l'ensemble une élasticité suffisante dans la grosse mer, deux boîtes à ressorts Belleville sont interposées entre les chaînes et leurs points d'attache.

Pour le cas où le servo-moteur serait avarié, une seconde couronne est fixée au-dessus de celle dont nous venons de parler ; elle peut être rapidement embrayée sur la tête du gouvernail, et mise en mouvement par un second jeu de drosses qui viennent s'enrouler sur les poutres d'un guindeau placé entre le gouvernail et le servo-moteur. Ce guindeau, en temps ordinaire, sert aux manœuvres d'amarres et commande un cabestan placé sur la dunette. Il est disposé, pour la manœuvre du gouvernail, de façon à être actionné soit par la vapeur, soit par des roues à main situées dans son voisinage. Enfin, par surcroît de précaution, la tête du gouvernail porte une barre franche sur laquelle on peut frapper des palans. On voit donc qu'il y a quatre manières distinctes de manœuvrer le gouvernail.

L'appareil moteur de la *Touraine* consiste en deux machines à triple expansion d'une puissance totale prévue de 12 500 chevaux, séparées par une cloison longitudinale étanche. Chacune de ces machines a trois cylindres placés à la suite l'un de l'autre, et dont les diamètres sont respectivement de 1^m,04, 1^m,54 et 2^m,54. La course commune des pistons est de 1^m,66. Les cylindres sont portés d'un côté par des bâtis creux formant glissière pour les pieds de bielle et de l'autre par des colonnes en acier, laissant un libre accès à toutes les pièces mobiles. Les tiroirs du petit cylindre et du cylindre moyen sont cylindriques ; celui du grand cylindre est un tiroir plan ordinaire.

Chaque machine est munie de deux pompes alimentaires mues par les pistons extrêmes, de deux condenseurs et de deux pompes de circulation indépendantes. Tous les organes mobiles sont en acier doux ; les bâtis et les plaques de fondation en acier coulé. Les arbres sont en acier : ils ont 516 millimètres de diamètre extérieur, et sont percés d'un trou de 160 millimètres. Les hélices, d'un diamètre de six mètres sont à trois ailes, en bronze, rapportées sur un moyeu en acier coulé.

L'appareil évaporatoire se compose de neuf corps de chaudières cylindriques, timbrées à 10 kil. 500 ; six de ces corps sont doubles, trois sont simples. Ils sont distribués dans deux compartiments distincts, séparés des machines et entre eux par des soutes à charbon : on communique d'une chaufferie à l'autre par un tunnel muni de portes étanches. Le compartiment de l'avant renferme trois corps doubles à six foyers, ayant 4^m,50 de diamètre et 6^m,20 de longueur ; celui de l'arrière renferme trois corps doubles semblables aux précédents et trois corps simples à trois foyers, de 4^m,50 de diamètre et 6^m,20 de longueur ; celui de

l'arrière renferme trois corps doubles semblables aux précédents et trois corps simples à trois foyers, de 4^m,40 de diamètre et 3^m,22 de longueur.

Ces chaudières sont disposées pour marcher au tirage forcé : à cet effet des ventilateurs placés sur le parquet des chaufferies refoulent l'air dans une boîte disposée sur l'avant des cendriers. Ce système extrêmement simple a déjà donné de bons résultats sur d'autres navires de la Compagnie. Sur la *Touraine* on n'a pu encore le mettre régulièrement en pratique, à cause de quelques entraînements d'eau qui se sont produits comme cela arrive presque toujours sur les chaudières neuves. Mais il n'est pas douteux qu'il ne réussisse parfaitement après quelques jours de chauffe.

L'éclairage électrique de la *Touraine* constitue un ensemble très satisfaisant. Les dynamos, au nombre de trois, actionnées par des moteurs compound à pilon de 100 chevaux environ sont établies dans un petit compartiment sur le pont-promenade, au-dessus des cuisines : on en maintient une en fonction dans le jour pour l'éclairage des parties basses des machines, des chaufferies et des passages obscurs. Pour le service de nuit les deux autres sont mises en marche. Les lampes sont groupées en vingt circuits distincts qui peuvent être mis en communication à volonté avec chacune des dynamos, au moyen d'un tableau de distribution très simplement disposé. L'installation a été faite par la maison Bréguet.

Grâce à ces excellentes dispositions, la lumière est répandue à profusion dans toutes les parties du navire : dans les cabines, les passagers ont la libre disposition de leur éclairage, ce qui constitue pour eux une facilité et un bien-être inconnus avec l'éclairage à l'huile. Dans les salons, les candélabres très élégants qui portent les lampes électriques contribuent à la décoration de l'ensemble et sont d'un très heureux effet.

En résumé, la *Touraine* est à tous les points de vue un magnifique navire, qui fait le plus grand honneur à la Compagnie transatlantique et aux ingénieurs qui en ont préparé les plans et dirigé la construction. C'est le plus grand paquebot qui ait jamais été construit en France, et il prouve d'une manière éclatante que nos chantiers peuvent affronter la lutte avec ceux de nos voisins d'outre-Manche.

Aux essais qui ont eu lieu dans les premiers jours de juin 1891, la *Touraine* a fait 19 nœuds 5 environ au tirage naturel, avec une puissance ne dépassant pas 11 500 chevaux indiqués, tandis que la puissance prévue avec le tirage forcé est de 12 500 à 13 000 chevaux. La commission de recette s'est contentée de ce résultat déjà très brillant sans pousser les machines jusqu'au maximum de ce qu'elles sont capables de produire ; mais on peut dès maintenant compter sur une vitesse d'au moins vingt nœuds et demi lorsqu'on mettra en mouvement les ventilateurs des chaufferies. L'utilisation, ou la valeur de M dans la formule $V = M \sqrt[3]{\frac{F}{B}}$ a été de 4 à 19 nœuds, et de 4,35 à 17 nœuds ; ce

résultat montre avec quelle perfection les lignes de la *Touraine* ont été tracées : ce navire aura certainement sur ses concurrents un grand avantage au point de vue de la dépense de charbon, puisqu'il arrivera à une vitesse sensiblement égale avec 12 à 13 000 chevaux, contre 16 000 pour le *Teutonic* et 20 000 pour le *City-of-New-York*.

Nous arrêterons ici cette étude sommaire sur cette magnifique flotte de paquebots qui servent de trait-d'union entre l'ancien et le nouveau monde ; grâce à leur vitesse, grâce aux efforts persévérants des compagnies pour donner aux passagers tout le bien-être compatible avec la vie du bord, ce voyage effrayant, par les complications qu'il entraînait, il y a quelques années encore, est aujourd'hui la chose la plus simple. Le résultat obtenu fait le plus grand honneur non seulement aux constructeurs qui l'ont réalisé, mais aux compagnies qui se sont audacieusement lancées, avec l'intuition du succès qui devait couronner leur tentative, dans la voie du progrès, et qui n'ont pas craint de recommencer l'expérience du navire géant : Le *Great Eastern*, venu avant son temps, avait été un insuccès flagrant ; les nouveaux paquebots, qui ne sont pas loin de ses proportions gigantesques, ont bénéficié de la science acquise depuis trente ans, et, du premier coup, ont dépassé les espérances de ceux qui les avaient conçues.

Mais ce n'est pas seulement au point de vue commercial qu'ils sont appelés à rendre d'immenses services. Les gouvernements ont compris qu'avec leurs puissantes machines et leurs vitesses supérieures à celles des navires de guerre existants, ils pouvaient devenir en temps de guerre des auxiliaires précieux ; et dans leur construction on a prévu les installations nécessaires pour les transformer en quelques heures en croiseurs auxiliaires. Tous sont munis de puissants projecteurs électriques ; ils ont des soutes à munitions, des postes de canons installés à demeure, et leurs chaudières sont placées au-dessous du niveau de la flottaison pour les protéger contre les projectiles ennemis. Ils peuvent porter de huit à douze canons sur le pont ; soit comme éclaireurs, soit comme transports de troupes, ils rendront certainement les plus grands services, et à ce dernier point de vue, on peut apprécier leur valeur, en remarquant que le *Teutonic* peut recevoir 1 000 hommes de cavalerie et 2 000 fantassins ; il peut atteindre Halifax en cinq jours ; le Cap de Bonne-Espérance en douze jours et demi ; par Suez, il peut débarquer les troupes à Bombay en quatorze jours ; à Calcutta, en dix-sept jours ; à Hong-Kong ou à Sydney, en vingt-deux jours. Son approvisionnement de charbon est suffisant pour un voyage de dix-sept jours à toute vapeur, et pour une croisière de trois mois à demi-vitesse.

B. — Lignes de Chine et d'Australie Lignes de l'Océan Indien.

La grande majorité des lignes qui, traversant le canal de Suez, vont desservir les ports de l'Afrique, de l'Asie et de l'Océanie, sont exploitées par des compagnies anglaises, dont les principales sont : La « Peninsular and Oriental steam navigation Co », l'« Orient Line », l'« Anchor Line », la « Clan Line » etc. L'importance des possessions britanniques dans cette région du globe explique cette prépondérance du pavillon anglais qui pourtant n'est pas le seul à sillonner l'Océan Indien : de grandes Compagnies françaises, les Messageries maritimes, la C^{ie} Commerciale, la C^{ie} Havraise Péninsulaire, la C^{ie} Nationale de navigation, y ont établi des services importants ; le « Norddeutscher Lloyd », de Brême, le « Lloyd autrichien », la C^{ie} de navigation générale italienne, plusieurs Compagnies hollandaises contribuent aussi pour une part importante à relier toutes les colonies européennes avec leurs métropoles.

Quelques-unes seulement de ces compagnies étaient représentées à l'Exposition universelle ; mais les modèles qu'elles ont exposés suffiront pour nous permettre de donner une idée des navires employés à ces services.

Les conditions qu'ils ont à remplir sont un peu différentes de celles qui s'imposent pour les paquebots transatlantiques : la durée de la traversée, les nombreuses escales placées entre les stations extrêmes, rendent difficile la réalisation des vitesses énormes que nous avons constatées sur les lignes de New-York ; aussi, tout en faisant dans ce sens des progrès notables, s'est-on surtout préoccupé, par l'adoption des machines à triple expansion, de réaliser des économies de combustible. En plus d'un nombre considérable de passagers, ces navires doivent transporter un gros poids de chargement ; enfin ils doivent pouvoir utiliser les vents qui pendant des périodes parfaitement déterminées soufflent dans le même sens, et pour cette raison on leur a conservé une voilure importante.

Les deux types les plus intéressants dont nous avons à nous occuper dans cette classe de paquebots sont : l'*Ormuz*, exposé par « l'Orient steamship navigation Co » et le nouveau type des Messageries maritimes, sur lequel seront construits quatre navires : *Australien*, *Polynésien*, *Tasmanien*, *Malaisien*, dont les deux premiers sont déjà en service.

Ormuz

(Planches 36, 37, 38, 39)

L'*Ormuz* construit en 1886 par la « Fairfield Shipbuilding and Engineering Co », à Glasgow, est le plus puissant des paquebots de l'Orient Line : ses dimensions principales sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	139 ^m 60
Largeur	15.65
Creux sur quille.. . . .	11.20
Tirant d'eau moyen	8.00
Déplacement.. . . .	10.500 tonneaux
Tonnage brut.	6.116 »
Puissance indiquée.. . . .	8.500 chevaux

L'*Oroya* et l'*Orizaba*, qui ont le même tonnage, n'ont que 7 000 chevaux de force.

L'*Ormuz* est construit en acier doux, avec double fond cellulaire sur toute sa longueur, et suivant les règlements de l'Amirauté pour servir de croiseur auxiliaire, comme les grands paquebots transatlantiques dont nous nous sommes occupés précédemment. Il a quatre ponts complets, avec teugue et dunette en forme de dos de tortue. Sur le pont supérieur se trouvent un certain nombre de rouffes, qui renferment les logements des officiers et des employés, les cuisines, boulangeries, etc., et servent de protection aux panneaux des machines et chaudières. Ces rouffes sont surmontés d'un pont-promenade qui a environ 72 mètres de longueur et s'étend d'un bord à l'autre : il est réservé aux passagers de première classe. Les passagers de deuxième classe ont pour promenade le dessus du rouffle arrière et la dunette, soit environ 33 mètres de longueur.

Un système spécial de ventilation a été établi en vue du service que le navire doit faire : il consiste en un ensemble de conduits d'air communiquant avec une puissante machine qui peut épuiser environ 3000 mètres cubes d'air par heure, et qui est disposée de manière à pouvoir ventiler à volonté un ou plusieurs compartiments à la fois. Une chambre froide permet de conserver de la viande fraîche pour toute la durée du voyage. Les guindeaux, treuils, etc., sont actionnés hydrauliquement, afin d'éviter la chaleur inutile que les tuyaux de vapeur répandent dans les logements. Tout le navire est éclairé à la lumière électrique. En un mot, on s'est attaché par tous les moyens possibles à combattre les souffrances qu'entraîne inévitablement une traversée fort longue à travers la zone torride.

L'*Ormuz* porte quatre mâts à pible : les deux de l'avant ont des voiles carrées, et pour permettre de les orienter plus près, on a eu soin de disposer les

haubans d'une façon spéciale: au lieu d'être tous capelés au même point du bas-mât, ils viennent s'attacher à différentes hauteurs sur une même ligne verticale, le point d'attache le plus bas correspondant au hauban placé le plus sur l'avant. De cette façon on réduit l'encombrement des haubans à la hauteur de la basse vergue, sans nuire à la bonne tenue du mât. Les deux mâts de l'arrière ne portent que des voiles goélettes.

Le navire est pourvu de dix grandes embarcations dont six sont des canots de sauvetage, et en plus, d'un canot à vapeur.

Les machines de l'*Ormuz* ont été, à l'époque de leur construction, les plus puissantes machines à triple expansion existantes. Le cylindre d'admission a 1^m,15 de diamètre, le cylindre moyen 1^m,83 et le grand cylindre 2^m,80. La course commune des pistons est de 1^m,80.

D'ailleurs, si l'on remarque que ces machines développent 8500 chevaux sur une seule hélice, on verra que cette énorme puissance n'a encore été dépassée, sur les paquebots à deux hélices, que par les machines du « City-of-Paris ». Celles de l'*Ormuz* ont donné des résultats remarquables à tous les points de vue: le navire a fait la traversée de Londres en Australie, soit 11 000 milles, en 27 jours, ce qui représente une moyenne de 17 nœuds, et sa consommation moyenne de charbon a été de 110 tonnes par jour; en admettant que la puissance indiquée moyenne n'ait été que de 7 500 chevaux, on trouve ainsi une consommation de charbon de 610 grammes par cheval et par heure. Avec 7 000 chevaux seulement, la consommation ressort à 655 grammes; une pareille épreuve prouve surabondamment l'avantage de la triple expansion pour les machines puissantes et fonctionnant à une pression élevée.

Les chaudières de l'*Ormuz* sont timbrées à 10 k. 500; la vapeur est produite par six corps doubles à six foyers chacun.

L'arbre des manivelles est en trois tronçons interchangeable; les arbres, ainsi que le moyeu de l'hélice, sont en acier Vicker; les ailes de l'hélice, rapportées sur le moyeu, sont en bronze manganèse.

Australien, Polynésien

(Planches 40, 41, 42, 43)

La C^e des Messageries Maritimes consacre à ses services au-delà de Suez une trentaine de navires, dont les plus grands, tels que l'*Océanien*, le *Yarra*, etc., construits de 1882 à 1885, ont 4 000 tonnes de jauge et 3 400 chevaux indiqués. Le nouveau type, dont le premier échantillon l'*Australien*, a été mis en service

en 1890, dépasse de beaucoup ses devanciers, car son tonnage a été porté à 6 500 tonnes et la force de ses machines à 7 000 chevaux.

Aux essais officiels, l'*Australien* a réalisé une moyenne de 17 nœuds 6 et a dépassé à certains moments 18 nœuds ; il a fait en 26 heures le trajet d'Hyères à Naples, ce qui correspond à une moyenne de 17 nœuds. On voit donc que les navires de ce type pourront lutter dans de bonnes conditions avec leurs concurrents anglais, et il n'est pas besoin d'ajouter qu'ils ne leur cèdent en rien au point de la construction et des emménagements.

Le *Polynésien*, dont les essais ont eu lieu en décembre 1890, est absolument semblable à l'*Australien* : on a pu admirer dans la classe 65 le très élégant salon de musique qui forme une des attractions de ce paquebot.

Les dimensions principales de l'*Australien* et du *Polynésien* sont :

Longueur entre perpendiculaires.	147 mètres
Largeur.	15
Creux sur quille.	11.25
Tirant d'eau.	6.70
Déplacement correspondant. .	8.453 tonneaux
Tonnage } brut.	6.428 »
} net.	2.900 »
Puissance en chevaux indiqués..	7.000 chevaux

Ces navires sont entièrement construits en acier doux ; ils ont l'étrave droite et une seule hélice. — Par leurs dimensions et leur puissance, ils se rapprochent du type *Champagne* de la Compagnie Transatlantique, mais les dispositions intérieures et les emménagements sont conçus dans un système tout différent.

Ils sont pourvus de water-ballasts discontinus : sous les machines et chaudières règne le compartiment principal, d'une capacité totale de 320 tonneaux ; à l'avant, sous le puits aux chaînes, est un autre water-ballast plus petit, d'une capacité de 50 tonneaux, et un troisième, contenant 20 tonneaux sans le coqueron arrière. Ces deux petits compartiments servent à modifier les tirants d'eau suivant les besoins. Le coqueron avant, qui sert ordinairement de magasin à l'équipage, est muni d'un plafond étanche et peut à l'occasion servir aussi de water-ballast.

La longueur est sectionnée en huit compartiments par des cloisons étanches qui ne montent que jusqu'au deuxième pont, à l'exception de celles qui limitent l'emplacement des machines et chaudières.

Cette disposition, motivée par les nécessités du service, n'est pas absolument satisfaisante, et il est permis de regretter que la protection offerte par les cloisons n'ait pas été rendue plus efficace en faisant monter les principales jusqu'au pont supérieur : cette observation s'applique en particulier à la cloison d'abordage, qui est située à 18 mètres de l'avant, et qui s'arrête trop bas pour garantir

le navire dans le cas d'une collision sérieuse. Il est juste de dire que les moyens d'épuisement sont très puissants : les pompes de la machine fournissent un débit de 900 tonnes à l'heure ; les pompes d'épuisement proprement dites peuvent en outre épuiser 760 tonnes, soit un total de 1 660 tonnes à l'heure. — Il existe en outre un service d'incendie très complet, fournissant un débit de 350 tonnes.

Les emménagements de ce nouveau type constituent un progrès très sérieux sur les anciens paquebots des Messageries Maritimes, et le point capital à signaler est le déplacement du grand salon des premières classes, qui est ici placé près du centre, immédiatement sur l'arrière des machines.

Les ponts sont au nombre de trois, plus un pont-promenade qui s'étend de l'avant des cheminées jusqu'à 10 mètres environ du couronnement de l'arrière. Il se raccorde à l'avant avec une vaste teugue échancrée. — Un quatrième pont forme à l'avant le plafond du compartiment étanche dont nous avons parlé plus haut ; mais il ne règne que sur l'avant de la grande cale à marchandises, et sur une petite longueur à l'arrière des machines.

Le pont-promenade est entièrement dégagé : il porte seulement, sur l'arrière de la claire-voie des machines, le salon de musique, un petit rouffle réservé au commandant, et un autre renfermant le salon de lecture.

La teugue, de très grandes dimensions, renferme à l'avant le poste d'équipage, et dans les ailes les parcs à volailles et à bestiaux (comportant une vache laitière), les chambres des maîtres et divers autres locaux pour le service du bord. Au centre de l'espace libre entre les ailes est placée la boulangerie.

Un rouffle sur l'avant des cheminées renferme les cuisines, les lavabos des chauffeurs et la descente des deuxième classes. — Au centre, de chaque côté du grand panneau des chaudières sont placées des chambres d'officiers à tribord, les cuisines des premières classes à babord. Par le travers du panneau des machines on trouve à tribord le salon des dames et trois chambres de passagers ; à babord l'office et ses dépendances.

Le grand salon des premières classes, qui vient immédiatement après les machines, occupe toute la largeur du navire.

La partie arrière du pont n'est occupée que par des rouffles contenant le fumoir, l'appartement du commandant, deux grandes cabines de famille et la descente des premières classes.

Le deuxième pont est entièrement réservé aux passagers, à l'exception de l'extrême avant où est installé le poste des chauffeurs européens. L'*Australien* et le *Polynésien* peuvent recevoir 172 passagers de première classe, 71 de deuxième classe et 112 de troisième classe. — Ces derniers sont logés à l'avant, dans des cabines contenant de 3 à 12 couchettes ; ils ont une grande salle à manger, des salles de bain, etc.

Les passagers de deuxième classe occupent tout l'espace sur l'avant et par le travers des machines. Leur salle à manger est à l'avant et occupe toute la lar-

geur du navire. Ils ont également à leur disposition la partie avant du pont-promenade. — Le docteur et les mécaniciens sont logés au milieu des cabines de deuxième classe.

A l'arrière des machines, se trouve une salle à manger spéciale pour les enfants, à la suite de laquelle viennent les cabines de première classe, qui s'étendent jusqu'à l'arrière, occupé par la chambre du gouvernail. Un large couloir central dessert toutes les cabines, qui sont juxtaposées sans interruption. Le troisième pont renferme à l'avant le poste des chauffeurs indigènes et la cambuse : on y a également installé un poste de 68 couchettes pour le transport éventuel des troupes. Par le travers des machines et chaudières sont des soutes à charbon ; à l'arrière, une chambre réfrigérante pour la conservation des viandes et des légumes ; plus loin, le poste des domestiques. — Toute la surface disponible est réservée aux marchandises, ainsi que deux cales immenses placées au-dessous du troisième pont.

Ces navires portent trois mâts, avec voiles carrées au mât de misaine. Les embarcations sont établies sur des porte-manteaux articulés dont nous parlerons plus loin avec détail ; les ancres sans jas, à pattes articulées, sont du système spécial de M. Risbec, et rentrent directement dans les écubiers. La manœuvre des colis se fait au moyen de monte-charges à vapeur silencieux.

Le mouvement du gouvernail, dont un modèle était exposé dans la classe 65, est assez particulier. Il est disposé de manière à supprimer tout curseur sur la barre tout en permettant le rattrapage du mou des drosses. Cette installation, inventée par M. Risbec, est appliquée sur plusieurs navires de la Compagnie.

Les machines de l'*Australien* et du *Polynésien* sont à triple expansion, du type bien connu des Messageries maritimes. Nous en donnerons plus loin une description détaillée, nous bornant à en indiquer ici les traits principaux.

Les diamètres des cylindres sont respectivement de 1^m,20, 1^m,70 et 2^m,70, avec une course commune de 1^m,35. La puissance indiquée est de 7000 chevaux à 82 tours par minute. Le cylindre milieu peut recevoir directement la vapeur des chaudières pour la marche en arrière et les manœuvres : la machine fonctionne alors en compound.

La vapeur est fournie par deux groupes de chaudières Belleville, que nous rencontrons pour la première fois sur les paquebots dont nous nous sommes occupés jusqu'ici. Chaque groupe est formé de dix corps à un foyer, timbrés à 16 kilogrammes. Ces chaudières fonctionnent au tirage naturel : l'aération de la chaufferie, qui est disposée dans le sens longitudinal, est assurée par un grand nombre de manches à air et par un ventilateur placé à l'avant.

Deux chaudières auxiliaires pour les appareils de servitude sont placées sur le pont supérieur entre les cheminées.

L'hélice de 6^m,20 de diamètre est à quatre ailes en bronze, rapportées sur un moyen en acier coulé.

Ces navires sont disposés pour être armés en croiseurs auxiliaires et recevoir six canons de 14 centimètres; un en chasse, un en retraite, et quatre par le travers; ils sont munis également de dix postes pour canons revolvers.

Raffaele-Rubattino

(Planches 44, 45)

La Compagnie de navigation générale italienne (anciennes compagnies Florio et Rubattino réunies) possède une flotte de 110 navires, dont les plus grands sont affectés aux services de l'Océan indien et des mers de Chine. Elle exposait le modèle de ses deux plus grands navires, le *Raffaele-Rubattino* et le *Domenico-Balduino*, construits en 1882 par la « Palmer Shipbuilding Co », à Jarrow-on-Tyne.

Les dimensions principales de ces navires sont :

Longueur entre perpendiculaires.	123 ^m 65
Largeur.	13.55
Creux	9.90
Tonnage { brut	4.579
net.	3.044

Ces navires sont du type Spardeck. Le pont supérieur porte une teugue servant de logement à l'équipage et un grand rouffle central de 32 mètres de longueur, dans lequel sont logés le commandant, les officiers, les mécaniciens, le docteur, le commissaire, etc... Les logements des passagers occupent tout l'arrière à partir de la chambre des machines; le salon de conversation et le fumoir des premières classes sont dans une construction sur le pont supérieur; le grand salon des premières, les cabines des premières et deuxième classes dans l'entrepont; le salon des deuxième classes est à l'avant, dans l'entrepont.

Tout l'espace au-dessous du pont principal est occupé par des cales à marchandises : ces navires ont un port en lourd de 4500 tonnes.

A l'extrême arrière est un water-ballast pour immerger l'hélice si le chargement du navire est insuffisant; un autre est placé dans la partie centrale, sous les chaudières.

Ces navires sont grésés en bricks, avec bas-mâts et basses vergues en fer. Ils sont munis de huit embarcations, y compris une chaloupe à vapeur.

Au point de vue de l'appareil moteur, ils sont en retard sur les navires modernes; car ils ont été construits avant l'adoption de la triple expansion. Leurs

machines sont du système compound, à deux cylindres, dont les diamètres sont respectivement 1^m,35 et 2^m,40, avec une course de 1^m,50. La puissance indiquée est de 3000 chevaux environ, et la vitesse moyenne en service de douze nœuds maximum : on voit que nous sommes loin des vitesses que nous avons constatées jusqu'ici.

L'appareil évaporatoire se compose de quatre corps de chaudières cylindriques doubles, timbrées à 6 kilogrammes.

Les indications qui précèdent suffiront, sans doute, pour donner une idée générale des principaux types de navires employés au service des ports de l'Inde de la Chine et de l'Océanie.

En quittant Suez, un autre faisceau de lignes se dirige vers la côte orientale d'Afrique et les grandes îles de Madagascar, Maurice et la Réunion : là nous trouvons des types également intéressants, quoique de moins grandes dimensions.

La plus importante des lignes anglaises qui desservent cette région est la ligne Currie Donald et C^o (Castle line), qui avait envoyé à l'Exposition les modèles de deux de ses navires, le *Norham Castle* et le *Roslin Castle*.

Norham Castle et Roslin Castle

Ces deux navires, construits en 1883, le premier par MM. John Elder et C^o le second par MM. Barclay, Curle et C^o, sont semblables et ont les mêmes dimensions principales.

Longueur entre perpendiculaires.	114 mètres
Largeur	14.40
Creux sur quille	9.90
Tonnage { brut	4.250 tonneaux
{ net	2.750 »

Ils ont trois ponts complets : le pont supérieur porte une teugne qui abrite l'équipage, les maîtres et différents locaux pour le service du bord ; un grand rouffle central de 33 mètres de longueur renfermant les panneaux des machines et chaudières, les panneaux de chargement, les logements des officiers et des mécaniciens, les cuisines, boulangeries, etc. ; deux rouffles à l'arrière, où sont établis le fumoir, le salon des dames, le logement du capitaine, les descentes de passagers. Ces rouffles sont recouverts d'un pont léger s'étendant jusqu'en abord et servant de promenade aux passagers de première classe.

Ces navires peuvent recevoir 190 passagers de première classe et 160 de seconde classe. Les logements des premières classes sont dans l'entrepont supérieur, à l'arrière de la machine; ceux des deuxième classes à l'avant, comme nous l'avons vu plus haut sur le *Raffaële Rubattino*, auquel ces navires ressemblent en plus d'un point.

Ils sont divisés dans leur longueur en dix compartiments par neuf cloisons étanches montant au pont supérieur; quatre de ces cloisons sont munies de portes permettant de communiquer d'un compartiment à l'autre. Plusieurs de ces compartiments sont en outre subdivisés par des cloisons montant jusqu'aux barrots de cale et reliés à des plateformes métalliques avec lesquelles elles forment de vastes caisses à eau, d'une contenance de plusieurs centaines de tonnes.

Ces nombreuses subdivisions donnent à ce type de navire une grande sécurité. Ils portent en outre dix embarcations, dont huit sont insubmersibles.

Les machines, dont la puissance indiquée est d'environ 4000 chevaux, sont du type compound à deux cylindres de 1^m,26 et 2^m,30 de diamètre, avec une course de 1^m,50. L'arbre des manivelles est en acier Vicker; le reste de la ligne d'arbre est formé de tronçons creux en acier comprimé Whitworth.

La vapeur est fournie par trois corps de chaudières doubles à six foyers chacun, et timbrés à 6 kil. 300.

L'épuisement des cales est assuré par les petits chevaux et par des pompes centrifuges système Gwynne, qui peuvent épuiser plus de 45 tonnes par minute lorsqu'elles marchent toutes ensemble.

Ville-de-Metz

La Compagnie Havraise Péninsulaire, qui dessert Madagascar, Maurice et la Réunion, avait exposé les modèles des principaux types de sa flotte qui s'augmente chaque année en nombre et en qualité. Dans le courant de 1890, deux nouveaux navires, le *Madagascar* et la *Ville de Paris* ont été construits pour elle sur la Tyne, mais nous ne parlerons que de la *Ville-de-Metz* dont le modèle figurait à l'Exposition.

Ce navire construit en 1887 par M. James Laing, à Sunderland, sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas, se rapproche plus que tous ceux que nous avons vus jusqu'ici, du type « Cargo-boat ». Les installations pour passagers y sont peu importantes, mais par contre il peut transporter 4500 tonnes de marchandises.

Ses dimensions principales sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	107 ^m 00
Largeur.	12.80
Creux sur quille.	8.85
Tonnage { brut	3.386
{ net.	2.213

Un double fond cellulaire règne sur toute la longueur et peut contenir 400 tonnes d'eau. Le navire a trois ponts; les deux ponts supérieurs sont bordés en tôle et en bois. Le troisième n'existe qu'aux extrémités : sur toute la longueur occupée par les machines, les chaudières et la grande cale avant, les barrots en sont remplacés par des porques ou membrures renforcées formées d'une large tôle armée de cornières. La capacité intérieure est ainsi complètement dégagée dans la cale, et on peut y embarquer des colis de très grandes dimensions, tels que des chaudières. L'écouille qui donne accès dans cette cale a été proportionnée en conséquence.

Le pont supérieur porte une teugue dans laquelle est logé l'équipage, un rouffle central de 14^m,50 de longueur, qui recouvre les panneaux des machines et chaudières, et enfin une dunette de 16^m,50 de longueur renfermant des logements pour un certain nombre de passagers. Il n'est donc plus question ici des luxueuses installations que nous avons rencontrées sur les navires précédents.

La machine, comme dans tous les navires de la Compagnie Péninsulaire construits depuis 1886, est à triple expansion, avec trois cylindres de 0^m,72, 1^m,18 et 1^m,90 de diamètre, et une course commune de 1^m,14. Sa puissance indiquée est de 1750 chevaux. La vapeur est fournie par quatre chaudières de 3 mètres de longueur et 4 mètres de diamètre, à trois foyers, timbrées à 11 kilos 200.

C. — Lignes de l'Atlantique Sud.

Les lignes régulières de l'Atlantique Sud peuvent se diviser en deux groupes distincts : 1° celles qui desservent la côte occidentale de l'Afrique jusqu'au cap de Bonne-Espérance; 2° celles qui desservent les côtes de l'Amérique, depuis les Antilles jusqu'au cap Horn : parmi ces dernières il en est qui traversent le détroit de Magellan et remontent le long des côtes du Chili et du Pérou.

Dans le premier groupe, la principale Compagnie est l'« Union steamship C^o », qui, partant de Southampton, touche à Lisbonne, Madère, les Canaries, l'Ascension, Sainte-Hélène, au Cap de Bonne-Espérance et remonte sur la côte Est jusqu'à Delagoa Bay.

Cette Compagnie avait exposé les modèles de ses trois plus grands navires, *Mexican*, *Tartar* et *Athenian*. Ces navires, assez semblables à ceux de la « Castle line » dont nous avons parlé, rentrent dans la catégorie des paquebots mixtes pour passagers et marchandises.

Le *Tartar* et le *Mexican* ont à peu de chose près les mêmes dimensions. Ils ont été construits en 1883, le premier par MM. Aitken et Mansel, à Glasgow, le second par M. James Laing, à Sunderland.

Les dimensions principales du *Mexican* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	117 mètres
Largeur.	14.15
Creux	9.90
Tonnage { brut	4.668
{ net.	3.003

Il est construit avec un double fond cellulaire sur toute sa longueur et trois ponts, dont les deux supérieurs, ainsi que les rouffles qui les surmontent, sont affectés aux installations des passagers de première et de deuxième classe, ainsi qu'aux officiers et à l'équipage. Le salon des premières classes a 11 mètres de longueur et s'étend d'un bord à l'autre; il est situé juste sur l'arrière des machines. Le salon de conversation et le salon des dames sont dans un rouffle au-dessus.

Sur le *Tartar*, au contraire, le salon des premières classes est sur l'avant de la cheminée, dans un rouffle au-dessus du pont supérieur; les passagers de première classe occupent la partie avant du premier entrepont et ceux de deuxième classe la partie arrière.

Ces navires peuvent recevoir environ 150 passagers de première classe, 50 de deuxième classe et 120 de troisième classe.

La partie inférieure du navire est affectée à la cargaison.

Les cloisons étanches, qui montent jusqu'au pont supérieur, sont munies au dessus de la flottaison, des portes massives à fermeture étanche.

La particularité la plus intéressante que présentent ces navires est la transformation que leurs machines ont subie depuis leur construction. Elles étaient primitivement du type compound, avec deux cylindres de 1^m,25 et 2^m,35 de diamètre, et une course de 1^m,35. Leur puissance indiquée était dans ces conditions, et avec une pression de régime de 6 kilos 300, d'environ 3000 chevaux.

En 1887, elles ont été transformées en triple expansion par l'adjonction d'un cylindre d'admission de 0^m,90 de diamètre; en même temps l'ancien cylindre à haute pression, devenu cylindre intermédiaire, a été remplacé par un autre plus grand dont le diamètre est de 1^m,45. Les chaudières ont été remplacées et la pression de régime portée à 11 kilos 200.

Avec ces nouvelles machines, la vitesse a été augmentée de 13,84 à 15 nœuds;

la puissance indiquée qui avait été de 3370 chevaux aux essais primitifs, a été portée à 4549 chevaux.

Les principaux navires de l'Union Line ont successivement subi la même transformation, qui, ainsi qu'on vient de le voir, produit des résultats des plus intéressants, sans parler de l'économie de combustible qui est considérable. — Beaucoup d'autres machines ont été transformées de la même façon ; nous reviendrons plus loin sur cette question, mais il nous a paru intéressant d'en citer ici un des exemples les plus frappants.

La Compagnie des Chargeurs Réunis a inauguré pendant l'Exposition même une ligne régulière du Havre au Congo français ; mais comme les navires qu'elle a affectés à ce service ont été distraits de sa grande ligne de la Plata, nous n'en ferons pas autrement mention ici.

Les lignes qui, avec ou sans escales sur la côte d'Afrique, desservent les ports des Antilles, du Brésil et de la République Argentine sont pour la plupart entre les mains des Compagnies françaises et anglaises. Nous y retrouvons la Compagnie Générale Transatlantique pour les Antilles, les Messageries Maritimes, avec la Compagnie des Chargeurs Réunis et la Compagnie Maritime du Pacifique, qui est réunie avec la Compagnie Havraise Péninsulaire sous la direction de M. Eugène Grosos. La principale compagnie anglaise est la « Royal Mail Steam packet Co », qui avait exposé le modèle de l'*Orinoco*. Deux compagnies Italiennes fréquentent également ces parages : la Compagnie de Navigation Générale, dont nous avons parlé plus haut, et la Compagnie « La Veloce » dont un navire figurait dans l'Exposition de MM. Napier et Sons.

Nous ne citons ici que les principales des nombreuses compagnies qui desservent ces régions ; cette profusion de lignes n'a rien qui puisse surprendre si l'on considère l'importance du mouvement d'émigration qui se produit depuis quelques années vers l'Amérique du Sud et notamment vers la République Argentine.

Portugal

Les Messageries Maritimes qui font le service postal de Bordeaux à la Plata en touchant à Dakar, ont sur cette ligne une douzaine de paquebots dont plusieurs sont de construction récente et méritent une mention spéciale.

Avec le *Portugal*, en 1887, la Compagnie a inauguré l'emploi exclusif des machines à triple expansion. Un très beau modèle de ce navire figurait à l'Exposition maritime du Havre en 1887 : nous en rappellerons sommairement les

traits principaux, qui ont servi de point de départ aux navires plus récents construits pour le même service.

Dimensions principales :

Longueur entre perpendiculaires.	133 mètres
Largeur	13.85
Creux sur quille.	11.00
Tirant d'eau moyen.	6.70
Déplacement correspondant . .	7.700 tonneaux
Tonnage { brut.	5.431 »
{ net	3.201 »

Le *Portugal* est construit avec un double fond cellulaire sur toute sa longueur. Il est muni d'emménagements très soignés pour recevoir 125 passagers de première classe, 90 de seconde classe et 700 de troisième classe. Au tirant d'eau indiqué plus haut, il porte 1 000 tonneaux de charbon et 2 500 tonneaux de marchandises.

Il est éclairé à la lumière électrique.

Ses machines, de 4 800 chevaux indiqués, sont à triple expansion. Les chaudières sont timbrées à 7 kil. 75, pression qui aujourd'hui paraîtrait bien faible pour des machines à triple détente.

Brésil et La Plata

(Planches 46-47)

Le *Portugal* a été suivi de près par deux autres navires un peu plus grands, construits comme lui sur les plans de M. Risbec, directeur des ateliers de la Compagnie à La Ciotat ; l'un d'eux, le *Brésil*, a été construit par les Forges et Chantiers de la Méditerranée, à la Seyne, l'autre, qui se nomme *La Plata*, a été construit à la Ciotat. Les modèles de ces deux navires, absolument pareils, figuraient dans la classe 65.

Ils ont, comme dimensions principales :

Longueur entre perpendiculaires.	141 ^m 00
Largeur.	14
Creux sur quille.	11
Tirant d'eau moyen.	6.70
Déplacement correspondant . .	8.086 tonneaux
Tonnage { brut.	5.810 »
{ net	2.860 »

L'étrave est droite. Les formes de l'avant, très fines au-dessous de la flottaison, se prolongent au-dessus par une muraille verticale qui conserve le même caractère de finesse aux œuvres mortes. Dans la plupart des navires on cherche à donner un certain devers à l'avant pour défendre le pont contre les coups de mer, et les formes des paquebots des Messageries Maritimes surprennent à première vue ; mais elles sont expliquées par ce fait que les mers où ils naviguent sont moins dures que celles de l'Atlantique Nord et ne nécessitent pas les mêmes précautions. La même raison a permis de conserver des sabords aux cabines des passagers au lieu des hublots étroits auxquels on est habitué, ainsi qu'une mâture importante. Le *Brésil* et la *Plata* sont grésés en trois-mâts avec mâts d'hunes.

Le pont supérieur porte une tenguie échancrée au milieu, avec brise-lame ; un château central surmonté d'une chambre de veille, et à l'arrière un grand rouffle contenant le salon des premières classes, un autre renfermant le salon de musique et plusieurs moins importants renfermant les descentes et divers logements. Sur ces navires, en effet, on a conservé l'ancien usage d'établir les passagers de première classe à l'arrière. Le grand salon est décoré avec un goût et une richesse remarquables. — Les officiers sont logés dans le château central, en abord, ce qui a l'inconvénient de réduire les passages de l'avant à l'arrière. Le salon de musique, disposé comme celui du *Polynésien* qui était exposé dans la classe 65, est éclairé par le haut, sur tout le pourtour du plafond.

Le *Brésil* et la *Plata* peuvent recevoir 132 passagers de première classe, 90 de deuxième classe et 745 émigrants, logés dans les faux-ponts. La salle à manger des deuxième classes est enfermée entre les cabines.

Sous la tenguie sont installés des parcs à moutons et à volailles, ainsi qu'un parc spécial pour une vache laitière, innovation très heureuse. — Les viandes, poissons et légumes frais sont enfermés dans des chambres frigorifiques munies d'une machine de Hall.

Les embarcations sont placées au-dessus du château central, sur des bossoirs articulés d'une construction spéciale, dont nous parlerons plus loin ; les ancres sans jas, d'un système spécial de la Compagnie des Messageries Maritimes, rentrent directement dans les écueurs, sans bossoirs ni grues.

Les chaudières, au nombre de six, sont disposées en deux groupes de trois dans des compartiments séparés : ce sont des corps doubles, à quatre foyers chacun ; les foyers sont en tôle ondulée, du système Fox. La pression de régime est de 9 kilogrammes.

Une grande soute à charbon transversale est établie sur l'avant des chaudières : dans une niche pratiquée dans la paroi de cette soute est placé un ventilateur pour aérer les chaufferies. Le tirage des chaudières est naturel. D'autres soutes sont placées latéralement, en abord, au-dessus des chaudières.

La machine est à triple expansion, à pilon. Les diamètres des cylindres sont respectivement de 1^m,20, 1^m,60 et 2^m,60 ; la course des pistons est de 1^m,30.

La puissance indiquée est de 4 500 chevaux, correspondant à une allure de 82 tours par minute environ, et à une vitesse de 16ⁿ,5. La vitesse en service est d'environ 16 nœuds.

Ces navires sont entièrement éclairés par l'électricité. — Ils peuvent, comme les paquebots transatlantiques, être transformés en croiseurs auxiliaires, et recevoir six canons de 14 millimètres et 8 canons revolvers.

Dordogne et Charente

À côté de ces grands paquebots destinés surtout au service des malles et des passagers, les Messageries Maritimes ont sur la ligne de la Plata des navires moins rapides affectés au transport des émigrants et des marchandises.

Les modèles des deux plus récents, *Dordogne* et *Charente* étaient exposés par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, qui les a construits dans son chantier de Gravelle, au Havre, en 1888-1889.

Leurs dimensions principales sont :

Longueur entre perpendiculaires.	113 ^m 20	
Largeur.	13.10	
Creux sur quille.	10.25	
Tirant d'eau moyen.	5.80	
Déplacement correspondant . .	5.306	tonneaux
Tonnage } brut	3.745	»
} net.	2.750	»

Ces navires sont construits avec un water-ballast sous les machines et chaudières et une caisse à eau à l'avant pour modifier au besoin le tirant d'eau. — Ils rentrent dans la catégorie des cargo-boats, car les installations pour les passagers sont des plus sommaires : il n'y a place que pour douze passagers de première classe. Par contre, 450 émigrants y trouvent des installations confortables et le poids disponible pour les marchandises est de 2 820 tonnes, représentant une capacité de 5 900 mètres cubes.

On a cherché sur ces navires à réaliser une vitesse notablement supérieure à celle des cargo-boats ordinaires : leurs formes sont fines et leurs machines puissantes. Aux essais, la puissance développée a été de 2 150 chevaux, avec une vitesse de 14ⁿ,60 ; la vitesse en service est de 14 nœuds environ et la con-

sommation de charbon très réduite; l'essai de consommation a donné pendant huit heures une moyenne de 0 k. 620 par cheval et par heure.

Ce chiffre suffirait à indiquer que les machines sont à triple expansion. Les diamètres des cylindres sont respectivement : 0^m,70, 1^m,20 et 1^m,78, avec une course commune de 1^m,20.

L'appareil évaporatoire se compose de deux corps cylindriques doubles à quatre foyers, timbrés à 10 kilogrammes.

Le plus important service français sur la ligne de la Plata est celui que fait la Compagnie des Chargeurs Réunis, qui y consacre toute sa flotte, soit plus de trente navires : deux seulement, comme nous l'avons déjà indiqué, ont été distraits de la grande ligne pour être mis sur celle du Congo.

Les navires de cette Compagnie étaient représentés dans la classe 65 par un magnifique modèle du *Paraguay*, montrant d'un côté tout l'intérieur du navire, et par le modèle de l'*Uruguay*, exposé par la Société des Chantiers et Ateliers de la Loire, qui a construit la plupart des navires des Chargeurs Réunis depuis 1882. Cette flotte, qui a un cachet très personnel, s'est graduellement augmentée et perfectionnée sous la direction de M. Duminy, ingénieur de la Compagnie, et auteur des plans de presque tous ses navires. Après le type *Parana*, qui date de 1882, et le type *Rio-Negro* et *Uruguay*, qui date de 1883, la Compagnie a commencé à adopter la triple expansion : les navires construits depuis cette époque, par les Chantiers et Ateliers de la Loire, sont : *Entre-Rios* (1887) et *Santa-Fé* (1888), *Paraguay* (1888), *Campana*, *Corrientes*, *Colonia* et *Concordia* (1889), auxquels il faut ajouter le *Cordoba* (1887), le *Paranagua* et le *Parahyba*, mis en service en 1890. Ces trois navires ont été construits en Angleterre. Le dernier a une machine à quadruple expansion. Tous ont été construits sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas.

Les navires des Chargeurs Réunis sont des cargo-boats à spardeck, munis d'installations pour un nombre réduit de passagers de 1^{re} classe. Tout en augmentant progressivement les vitesses, on s'est tenu dans les limites restreintes, et on a eu surtout en vue une exploitation commerciale économique : ils font le voyage aller et retour à la Plata, y compris les escales, et le temps de charger et de décharger, en 60 jours environ.

Les passagers de 1^{re} classe, qui recherchent généralement la vitesse, choisissent de préférence les paquebots des Messageries Maritimes : aussi a-t-on réduit au minimum les installations qui leur sont réservées, et qui, d'ailleurs, offrent toutes les conditions de bien-être désirables. Par contre, le transport des émigrants est un des éléments les plus importants de cette exploitation, et on leur a réservé une grande place. Les arrangements spéciaux qui leur sont destinés rendent ces navires éminemment propres au transport des troupes, en cas de

besoin, sans qu'il soit besoin de rien changer à leurs emménagements : on en a eu la preuve pendant l'expédition du Tonkin. Le pont supérieur, très dégagé, peut recevoir de nombreux chevaux en boxes.

La mâture et le gréement sont des plus simples : deux mâts à pible, avec voiles carrées au mât de misaine. Le service des marchandises a été étudié avec le plus grand soin, afin d'abréger la durée des opérations dans les ports.

Quatre navires de la Compagnie, le *Dom-Pedro*, le *Portena*, le *Belgrano* et le *Pampa*, sont pourvus d'appareils frigorifiques pour la conservation des viandes gelées ; ils importent par an plus de 40 000 moutons. — Ces appareils ont été décrits dans une autre partie de cette Revue.

Au point de vue de la construction, ces navires présentent également quelques particularités intéressantes, que nous ferons ressortir en décrivant deux des principaux types cités plus haut.

Paraguay

(Planches 48-49)

Le *Paraguay* est le plus grand navire de la Compagnie : comme dispositions générales, il se rapproche beaucoup du type *Uruguay* et *Rio-Negro*, dont nous donnons ci-dessous les dimensions principales en regard de celles du *Paraguay*.

	Paraguay	Uruguay
Longueur entre perpendiculaires.	110 ^m 00	106 ^m 00
Largeur.	12.18	12.20
Creux sur quille au Spardeck .	9.45	9.45
Tonnage { brut.	3.548 tonn.	3.376 tonn.
{ net	2.549	2.549

Comme on le voit, les dimensions de ces deux types ne diffèrent que par la longueur.

Le *Paraguay* n'a pas de water-ballast. Il a trois ponts continus de bout en bout, sauf dans l'espace occupé par les machines et les chaudières, et tous les trois bordés en tôle. Il est divisé dans sa longueur par des cloisons étanches, ce qui lui donne une sécurité très supérieure à celle des cargo-boats ordinaires.

Ces cloisons, d'ailleurs, sont construites d'une manière extrêmement robuste et plus rationnelle que la pratique usuelle des constructeurs. Les renforts en sont disposés pour résister efficacement aux poussées qu'elles peuvent avoir à subir, et proportionnés à ces poussées : ce système mérite une mention spéciale, et devrait être imité dans beaucoup de navires. Nous en donnons un croquis planche 50.

En outre des cornières verticales qui raidissent la cloison, un contre-fort est établi dans l'axe entre le pont inférieur et la carlingue : ce contre-fort, en forme de boîte, est constitué par deux tôles parallèles armées chacune de deux cornières, et reliées de distance en distance par des étriers en tôle. A la hauteur du centre de pression de la cloison, il est décroisé par une poutre horizontale formée d'une tôle armée de quatre cornières, et solidement reliée à la membrure et à la muraille.

On obtient ainsi un ensemble d'une rigidité à toute épreuve : cette excellente disposition est due à M. Painvin, ingénieur des Ateliers et Chantiers de la Loire, qui a dirigé la construction du *Paraguay*.

Le pont du spardeck porte à l'avant une teugne échancrée au centre pour dégager le panneau de chargement de la cale avant, et abritant divers locaux pour le service du bord. Le rouffle qui entoure les panneaux des machines et chaudières renferme des chambres d'officiers, les cuisines, la chaudière auxiliaire pour la manœuvre des treuils, etc. — Un autre rouffle à l'arrière, recouvert d'un pont léger qui s'étend jusqu'en abord, renferme le salon et l'office des 1^{res} classes, ainsi que la descente qui conduit aux cabines placées au-dessous dans l'entrepont supérieur. Sous la teugne, dans ce même entrepont, se trouvent le poste d'équipage, la salle à manger et les cabines à six couchettes des passagers de 3^{me} classe. Tous les espaces disponibles dans les entreponts sont emménagés pour recevoir des émigrants au nombre de 600. — Le *Paraguay* peut recevoir 60 passagers de 1^{re} classe, et 40 de 3^{me} classe. Cette 3^{me} classe, qui remplace la 2^{me} sur quelques navires des Chargeurs Réunis, est destinée aux passagers peu aisés qui peuvent ainsi, sans être confondus avec les émigrants, et en ayant leurs chambres séparées, voyager très économiquement.

Les cales du *Paraguay* peuvent contenir 2200 tonnes de marchandises.

La machine est à triple expansion : les cylindres ont respectivement pour diamètre 0^m,70, 1^m,15 et 1^m,82. La course des pistons est de 1^m,20. La puissance indiquée aux essais a été de 1900 chevaux, et la vitesse de 14 nœuds. En service, la vitesse moyenne est de 13 nœuds.

La vapeur est fournie par quatre chaudières cylindriques timbrées à 11 kilogrammes. — La chaufferie est longitudinale : elle est séparée des machines et des cales de l'avant par deux soutes à charbon traversées par un tunnel muni de portes étanches : le tunnel de l'avant a pour but de permettre d'utiliser, comme soute de réserve, la cale à marchandises dans laquelle il donne accès.

Entre-Rios et Santa-Fé, Colonia, Concordia, Campania et Corrientes

(Planches 51-52)

Sur ces navires, les installations pour passagers de cabines se réduisent à quatre chambres et un carré pour passagers de 3^me classe, et tout est disposé en vue du transport des émigrants et des marchandises. Les deux premiers ont été construits en 1887 et 1888; les quatre autres ont pris leur service en 1890.

Quoique les quatre derniers aient une longueur un peu moindre (97^m,60 au lieu de 98^m,30), ils sont en tout semblables au type *Entre-Rios* et *Santa-Fé*, et nous pourrions confondre ces six navires dans une description unique.

Dimensions principales :

	Type « Entre-Rios »	Type « Colonia »
Longueur entre perpendiculaires.	98.30	97.60
Largeur.	12.20	12.20
Creux sur quille.	8.70	8.70
Tonnage { brut.	2.853 tonn.	2.924 tonn.
net.	2.135	1.902

Ces navires ont un water-ballast sur toute leur longueur, excepté sous les machines, les chaudières et les soutes à charbon. Le cadre d'hélice est d'une forme spéciale, que montre clairement le plan longitudinal (planche 51-52), et qui présente une solidité très supérieure à celle de la forme habituelle : l'étambot avant est en forme de V très ouvert, de manière à réduire la largeur de la cage en bas et en haut; au-dessus de la cage, il porte un prolongement qui vient s'attacher au pont principal. Cette forme, adoptée pour la première fois par les Chargeurs Réunis, sur le *Cordoba*, construit à Sunderland, a été imitée sur tous les navires construits depuis par les Chantiers de la Loire.

Les navires dont nous parlons sont grésés en brick-goëlette; ils ont trois ponts, dont un spardeck : le pont le plus bas est interrompu par le travers des panneaux de chargement. Le spardeck porte une teugue échancrée recouvrant le poste d'équipage, les parcs à bestiaux et divers services accessoires; un rouffle central, entourant les panneaux des machines et chaudières, dans lequel sont logés les officiers, la cuisine, la chaudière auxiliaire, etc. : l'appartement du commandant est au-dessus. A l'arrière, se trouve une petite dunette renfermant l'hôpital et la timonerie.

Tout l'entrepont supérieur est occupé par le logement des émigrants. La hauteur de cet entrepont est de 2^m,30; il peut recevoir 500 émigrants. Le volume des cales est d'environ 4500 mètres cubes, et leur port en lourd d'environ 3500 tonnes. En outre des panneaux de chargement, il y a dans l'entrepont supé-

rieur quatre sabords de charge, deux à l'avant et deux à l'arrière, solidement établis et défendus contre la mer.

Les machines sont à triple expansion, d'une force indiquée de 1400 chevaux : les diamètres des cylindres sont respectivement de 0^m,65, 1^m,05 et 1^m,66. La course des pistons est de 1^m,12.

La vapeur est fournie par deux chaudières cylindriques en acier de 4^m,05 de diamètre et 2^m,96 de longueur, timbrées à 9 kilogrammes.

La vitesse en service est de 10ⁿ,5.

Deux nouveaux paquebots ont été mis en chantier en 1890, sur les mêmes plans. Ils se nomment *Colombia* et *Corsica*.

Ces navires peuvent être considérés comme un excellent type de cargo-boat, et donnent une idée exacte de cette classe importante de vapeurs, qui constitue la majorité des navires de commerce. Nous en trouvons d'autres spécimens intéressants dans la flotte de la Compagnie maritime du Pacifique, dont les navires les plus récents atteignent un tonnage considérable et sont pourvus d'installations assez complètes pour passagers.

La Compagnie maritime du Pacifique, réunie sous une direction unique avec la Compagnie Havraise Péninsulaire, dessert les côtes du Chili jusqu'au port de Callao (Lima), avec escales à Bordeaux, Punta-Arenas, Valparaiso, Iquique et d'autres ports moins importants, sans toucher aux ports du Brésil et de la Plata.

Presque tous ces navires ont été construits en Angleterre : les trois plus grands sont le *Pacifique* et le *Chili* dont les modèles étaient exposés dans la classe 65, et le *Pérou*, construits, les deux premiers en 1888 et 1889, le troisième en 1890, sous la surveillance spéciale du Lloyd et du Bureau Veritas.

Chili

Le *Chili*, construit par MM. Richardson, Duck et C^o à Stockton, a les dimensions suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	106 ^m 80
Largeur	12.80
Creux sur varangues	8.25
Tonnage { brut	3.257 tonneaux
{ net	2.157

Ce navire a un water-ballast de bout en bout d'une contenance de 530 tonneaux ; il est divisé en sept compartiments étanches. Ce cloisonnement, plus im-

portant qu'il n'est d'usage sur les navires destinés surtout au transport des marchandises mérite d'être signalé comme un grand progrès, car il rend le navire insubmersible en cas de voie d'eau dans l'un des compartiments. La *Ville-de-Metz* de la Compagnie Havraise Péninsulaire, est dans le même cas, ainsi que le *Paraguay*, qui est divisé en dix compartiments. (Le Bureau Veritas donne aux navires ainsi construits une marque spéciale pour indiquer qu'ils peuvent flotter avec un compartiment plein; les grands navires transatlantiques ont tous cette marque, mais elle est assez rare dans les cargo-boats).

Le *Chili* est du type spardeck, avec deux ponts bordés en tôle et un troisième interrompu dans la grande cale avant. Le spardeck porte une teugue de 12 mètres de longueur renfermant le poste d'équipage et les logements des passagers de troisième classe; un grand rouffle central dans lequel sont logés les officiers et les passagers de deuxième classe, et une dunette pour les passagers de première classe.

Les ancres sont du système Tyzack, à pattes articulées, sans jas; le service des marchandises est assuré par quatre treuils à vapeur.

La machine est à triple expansion, d'une puissance indiquée de 1500 chevaux. Les diamètres des cylindres sont respectivement de 0^m,68, 1^m,14 et 1^m,88; la course commune des pistons est de 1^m,22. La vapeur est fournie par deux corps cylindriques doubles à quatre foyers, timbrés à 11 kilos 200.

Pérou

Le *Pérou*, construit en 1890 par M. James Laing, à Sunderland, est un peu plus petit :

Longueur entre perpendiculaires.	99 ^m 76
Largeur	12.44
Creux sur varangues	8.11
Tonnage } brut.	3.165 tonneaux
} net.	2.033

Comme système de construction et comme dispositions générales, il se rapproche beaucoup du navire précédent : cependant il convient de signaler que le troisième pont est entièrement supprimé et remplacé par des porques ou membrures renforcées sur toute la longueur occupée par les machines, les chaudières et la cale n° 2 à partir de l'avant.

La machine est à triple expansion : les diamètres des cylindres sont de 0^m,62, 1^m,02 et 1^m,68 ; la course des pistons est de 1^m,14. La puissance indiquée, inférieure à celle du *Chili*, n'est que de 1250 chevaux. L'appareil évaporatoire se compose de deux corps doubles à quatre foyers, timbrés à 11 kilos 200.

Orinoco

La Royal Mail steam packet C^o, qui exposait le modèle du steamer *Orinoco* construit en 1886 chez MM. Caird et C^o, à Greenock, est une des compagnies anglaises les plus connues. Ses navires desservent deux lignes principales : celle de la Vera-Cruz avec escales aux Antilles, et celle de Buenos-Ayres avec escales dans les ports du Portugal et du Brésil, c'est-à-dire avec un itinéraire à peu près pareil à celui des Messageries Maritimes.

Avec l'*Orinoco*, actuellement affecté à la ligne des Antilles, cette Compagnie a commencé à accroître le tonnage de ses navires; elle a depuis continué dans cette voie comme nous le verrons plus loin.

Les dimensions principales de l'*Orinoco* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	122 ^m 95
Largeur.	13.50
Creux sur varangues	11.00
Tonnage { brut.	4.434 tonneaux
{ net.	2.349

Ce navire est du type spardeck ; il a quatre ponts dont trois bordés en tôle le pont du spardeck est en outre recouvert d'un bordé en bois.

Il est gréé en trois-mâts barque.

La coque est divisée en onze compartiments étanches. L'*Orinoco* peut recevoir 240 passagers de première classe, 28 de seconde et 30 de troisième. L'aération des divers locaux est particulièrement soignée ; les cales, les magasins, le tunnel, les soutes à charbon sont aérés par des ventilateurs.

Les embarcations, au nombre de dix, dont cinq canots de sauvetage et une chaloupe à vapeur, sont installés sur des porte-manteaux à bascule analogues à ceux des Messageries maritimes, avec cette différence qu'à la mer elles reposent sur des chantiers fixes indépendants des porte-manteaux.

Les machines de l'*Orinoco* sont à triple expansion ; les diamètres des cylindres sont respectivement de 1^m,05, 1^m,55 et 2^m,80, avec une course de 1^m,65. Les chaudières sont timbrées à 10 kilos 500.

Tout le navire est éclairé à l'électricité.

Atrato et Magdalena

L'*Orinoco* a été suivi dans ces dernières années par quatre autres paquebots plus grands, construits par MM. R. Napier et Sons : l'*Atrato* en 1888 et la *Magdalena* en 1889 ; la *Clyde* et la *Thames* en 1890.

Le modèle de l'*Atrato* figurait dans la vitrine des constructeurs. Ces quatre navires sont construits sur les mêmes plans avec cette seule différence que les deux derniers ont 1^m,80 de plus en longueur, et partant, un tonnage un peu plus élevé.

Voici leurs dimensions principales :

	Atrato et Magdalena	Clyde et Thames
Longueur entre perpendiculaires .	129.80	131.60
Largeur	15.20	15.20
Creux sur varangues	10.25	10.25
Tonnage { brut	5.140	5.645
net.	2.865	3.369

Les dispositions intérieures de ces paquebots, construits spécialement pour le service du Brésil et de la Plata, sont en grand progrès sur celles des navires antérieurs et méritent une mention spéciale.

Les emménagements pour passagers ont été traités avec un grand luxe et un soin tout particulier en vue du service que ces navires ont à faire dans un climat chaud. Le grand salon a été placé sur le spardeck, en avant des machines, ce qui le soustrait aux vibrations de l'hélice et en assure la parfaite aération ; sur le pont-promenade qui a plus de la moitié de la longueur du navire et qui est entièrement réservé aux passagers de première classe, se trouve le salon de musique, le salon des dames et le fumoir à l'arrière. L'entrepont supérieur renferme des cabines pour 200 passagers de première classe et 40 de deuxième classe : ceux-ci ont la dunette comme promenade ; 400 passagers de troisième classe peuvent trouver place dans les entreponts. Tous les logements sont chauffés à la vapeur et éclairés à l'électricité.

Les manœuvres des marchandises sont rendues silencieuses par l'emploi d'appareils hydrauliques.

Les machines de l'*Atrato* et de la *Magdalena* sont à triple expansion, d'une puissance de 6500 chevaux, pour une vitesse de 16 nœuds. Les diamètres des cylindres sont de 1^m,05, 1^m,65 et 2^m,30, avec une course de 1^m,65. La pression aux chaudières est de 10 kilos 500.

Les machines des deux paquebots *Thames* et *Clyde* sont un peu plus fortes : elles développent 7000 chevaux, et dans ce but, le diamètre du petit cylindre a été porté à 1^m,30.

Vittoria

Il nous reste à citer dans cette série un navire de la Compagnie italienne la Veloce, qui se nomme aujourd'hui *Vittoria* et qui a été construit en 1883 par MM. R. Napier et Sons, sous le nom de *Tamaulipas*, pour la *Compania Mexicana Transatlantica*.

Ce navire, qui a 120 mètres de longueur et des installations analogues à celles des navires que nous avons décrits dans ce chapitre, a joui d'une certaine célébrité parce qu'il a été l'un des tout premiers pourvu d'une machine à triple expansion. Les mêmes constructeurs avaient fait un an auparavant l'essai de ce système alors nouveau, sur le vapeur *Aberdeen*, qui avait donné d'excellents résultats, quoique la pression aux chaudières fut inférieure à 8 kilos. Sur le *Tamaulipas*, la pression fut élevée à 9 kilos 800 et diverses simplifications apportées dans la construction des machines. Les essais de ce navire furent suivis avec une vive curiosité, et les résultats obtenus répondirent entièrement à l'attente des constructeurs; la vitesse obtenue fut de 16 nœuds avec 5000 chevaux indiqués.

Le *Vittoria* a été également en avance sur ses contemporains au point de vue de l'éclairage électrique, dont il a été muni à sa construction; et quoiqu'on ait fait depuis lors beaucoup de progrès à tous les points de vue, il mérite de prendre date en tête des superbes paquebots que nous venons de passer en revue.

II. — SERVICES COTIERS.

Nous comprendrons sous ce titre les lignes qui relient entre eux les ports d'un même pays ou de nations voisines, séparés par des trajets de courte durée. Ces services comportent en général des navires de dimensions relativement réduites, mais l'importance du trafic et du mouvement de voyageurs auquel doivent pourvoir des lignes qui souvent servent de trait d'union entre deux chemins de fer y fait rechercher, aussi bien que sur les paquebots transatlantiques, toutes les conditions qui peuvent assurer la rapidité des transports et le bien-être des passagers.

A. — Lignes de la Méditerranée.

La Méditerranée est sillonnée par un grand nombre de lignes dont la plupart sont françaises, comme les Messageries Maritimes, la Compagnie générale Transatlantique, la Compagnie Fraissinet, la Compagnie Paquet, etc. Il faut y joindre la Compagnie générale de navigation italienne et le Lloyd autrichien, pour ne citer que les principales.

Eugène-Péreire

(Planches 53, 54, 55, 56)

La Compagnie Transatlantique exposait dans le pavillon de l'Algérie un modèle de l'*Eugène Péreire* qui a été le premier en date d'une nouvelle série de navires destinés à abréger la durée de la traversée de Marseille à Alger. Ce service rapide a été inauguré en mai 1888; l'*Eugène-Péreire* a été bientôt suivi du *Duc-de-Bragance* (octobre 1889), du *Maréchal-Bugeaud* (mai 1890) et de la *Ville-d'Alger* (octobre 1890). Ces paquebots ont réalisé sur leurs devanciers des progrès incontestables et présentent certaines particularités des plus

intéressantes : quoique différant quelque peu dans leurs dimensions principales ils ont été conçus sur le même plan, et il nous suffira de décrire avec quelques détails le premier en date.

Leurs dimensions principales sont données ci-dessous :

	Eugène-Péireire et Duc-de-Bragance	Maréchal-Bugeaud et Ville-d'Alger
Longueur entre perpendiculaires.	102.60	104.35
Largeur.	10.70	10.97
Creux sur quille	7.75	7.75
Tirant d'eau normal	5.10	5.10
Déplacement correspondant.. .	2.826 tonn.	»
Tonnage { brut	2.036	2.161
{ net	725	689
Puissance indiquée.	3.400 ch.	3.600 ch.

La *Ville de Tunis*, construite en 1884 pour le même service, quoique ayant presque la même longueur (99^m,50) n'avait que 2000 chevaux environ de force. On voit donc quel énorme progrès a été réalisé sur le nouveau type au point de vue de la vitesse.

Les modifications apportées aux emménagements ne sont pas moins importantes.

L'*Eugène-Péireire* est construit entièrement en acier, avec des formes très fines. Il est du type Spardeck, avec deux ponts complets et un troisième s'étendant depuis l'étrave jusqu'aux grandes soutes à charbon placées en avant des chaudières. Une cale à eau de 20 tonneaux est installée dans le coqueron de l'avant.

Le *Maréchal-Bugeaud* et la *Ville-d'Alger* ont un water-ballast d'une contenance de 60 tonneaux qui n'existe pas sur les deux autres, et qui constitue une bonne protection des fonds dans la partie centrale en cas d'avarie.

Le spardeck est recouvert à l'avant par une tenguie abritant les appareils de mouillage et divers locaux pour le service du bord. La partie centrale est occupée par un grand rouffle renfermant sur l'avant de la cheminée une salle à manger pour les passagers de première classe, avec un office et une descente. Ce rouffle est surmonté d'un autre plus petit dans lequel est logé le capitaine, et qui contient aussi le servo-moteur du gouvernail communiquant avec le poste de l'homme de barre placé au-dessus.

Le rouffle central entoure et protège complètement les claires-voies des machines et chaudières. Il est surmonté d'un pont promenade s'étendant d'un bord à l'autre. A l'arrière se trouve une autre salle à manger pour les passagers de première classe avec le fumoir, établis dans un rouffle qui est, comme celui du centre, recouvert par un pont léger régnant sur toute la largeur du navire, et formant une vaste dunette.

L'entrepont renferme, en partant de l'avant, le poste de l'équipage, les logements des passagers de troisième classe, et ceux des passagers de première, distribués en partie sur l'avant et en partie sur l'arrière, séparés au milieu par ceux des officiers du bord. Au-dessous se trouvent les magasins de toute nature et les cales à marchandises : l'entrepont inférieur, à l'avant, est disposé pour recevoir soit des marchandises, soit des soldats.

L'*Eugène-Péire* peut recevoir 144 passagers de première classe et 47 de troisième classe, soit en tout 191 passagers ; il peut en outre transporter sur ses ponts et entreponts 1200 soldats.

Les cales peuvent contenir 1300 mètres cubes ou 400 tonnes en poids de marchandises.

Les machines sont à triple expansion : les cylindres ont respectivement 0^m,80, 1^m,24 et 2 mètres de diamètre avec une course de 1^m,24.

La vapeur est fournie par quatre chaudières cylindriques, deux simples et deux doubles, timbrées à 10 kilos 500, et installées pour marcher à tirage forcé. Les chaudières sont séparées de la cale avant par une grande soute à charbon transversale.

Le navire est entièrement éclairé à l'électricité.

Il est intéressant de comparer ce type de navire très perfectionné avec les paquebots qui l'ont précédé : *Ville-de-Rome*, *Ville-de-Naples* et *Ville-de-Tunis*, pour marquer les progrès qu'il a réalisés sur ses devanciers.

1° L'emploi de l'acier dans la construction de la coque et des chaudières a conduit à une notable économie de poids, dont on a profité pour réduire le déplacement en affinant les formes et pour augmenter la puissance des machines : Alors que la *Ville-de-Tunis*, avec 96 mètres de long sur 10^m,50 de large déplaçait 2906 tonneaux, au même tirant d'eau, l'*Eugène-Péire* en déplace 2826. Ces 80 tonneaux ont été gagnés sur les formes des extrémités. — La coque de la *Ville-de-Tunis* tout emménagée, pesait 1503 tonneaux ; celle de l'*Eugène-Péire* en pèse 1370 dans les mêmes conditions.

D'autres économies analogues ayant été réalisées sur le poids des chaudières et sur divers accessoires, on a pu porter le poids de l'appareil moteur de 380 à 510 tonneaux, avec une augmentation proportionnelle de la puissance, qui a passé de 2 200 à 3 400 chevaux ;

2° Le tirage forcé, remplaçant dans les nouveaux paquebots le tirage naturel, a permis d'accroître la production de vapeur et de réduire d'autant le poids et l'encombrement des chaudières. Sous l'influence de deux ventilateurs soufflant l'air dans les foyers fermés, la combustion du charbon est montée de 90 à 120 kilogrammes par mètre carré de surface de grille et par heure, en même temps que la production de vapeur passait de 24 à 32 kilogrammes par mètre carré de la surface de chauffe, avec une pression d'air de 15 à 20 millimètres d'eau dans les foyers ;

3° L'adoption de la triple expansion a réduit la consommation de charbon par cheval et par heure de 950 à 850 grammes. L'allure de la machine a en même temps été portée de 65 à 80 tours par minute.

Il est résulté de ces différents progrès que les nouveaux paquebots donnent facilement 17 nœuds en service, au lieu de 15 ou 15,5 que donnaient leurs devanciers ;

4° Au point de vue des emménagements, de grands progrès ont également été réalisés : les premières classes, autrefois cantonnées à l'arrière dans une dunette sont maintenant établies au milieu, et les passagers ont à leur disposition un vaste pont promenade sur lequel ils sont à l'abri des mouvements de l'équipage nécessités par les besoins du service. On a créé des chambres de luxe et des cabines de famille qui n'existaient pas antérieurement. Enfin l'éclairage électrique, répandu à profusion et laissé pendant toute la nuit à la disposition des passagers dans les cabines a largement contribué à l'amélioration du bien être général. L'électricité est fournie par deux machines dynamo-électriques pouvant débiter chacune un courant de 140 ampères avec une différence de potentiel aux bornes de 105 volts ; elles alimentent tour à tour huit circuits séparés, dont quatre pour le service du bord et quatre pour celui des passagers. La lumière est donnée dans les différentes parties du navire par 257 lampes à incandescence de 10 et de 16 bougies.

B. — Manche, Canal d'Irlande, Mer du Nord.

Les roues à aubes, abandonnées depuis longtemps sur les grands navires de mer, s'imposent cependant pour ceux qui, soumis à des départs à heure fixe dans les ports à marée, doivent pouvoir entrer et sortir à mer basse, et ne peuvent avoir par conséquent qu'un tirant d'eau extrêmement limité. Aussi trouve-t-on des navires à roues sur les lignes qui relient les ports d'Angleterre aux ports voisins du Continent ainsi que de l'Irlande et des autres îles dépendant du Royaume-Uni. Comme d'ailleurs ce mode de propulsion permet d'atteindre de grandes vitesses, les navires à roues dont nous allons parler ne le cèdent en rien, à ce point de vue, aux meilleurs marcheurs à hélice. La classe 65 renfermait quelques modèles très intéressants de ce genre de construction qui présente d'assez grandes difficultés en raison des conditions spéciales à remplir, et auquel des constructeurs de premier ordre se sont attachés ; nous les examinerons par ordre de date.

Ireland

(Planches 57-58)

En 1885, MM. Laird, Brothers, de Birkenhead ont construit pour « la City of Dublin Steam packet Company », un navire à roues qui a reçu le nom d'*Ireland* et qui peut être considéré comme le point de départ de tous les paquebots rapides construits depuis lors : il a réalisé une vitesse de 20 nœuds 25 aux essais.

L'*Ireland* a des lignes d'une extrême finesse, et une apparence extrêmement élégante sur l'eau, avec son avant en forme de guibre, ses deux cheminées et ses deux mâts inclinés sur l'arrière.

Ses dimensions principales sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	109 ^m 40
Largeur	11.55
Creux sur varangues	5.85
Tonnage { brut	1.952 tonneaux
{ net	533
Tirant d'eau moyen.	4 ^m 18

Le navire est entièrement en acier : sa longueur est fractionnée en onze compartiments étanches par des cloisons montant jusqu'au pont supérieur ; la machine est dans un compartiment isolé entre les deux chaufferies, ce qui assure son fonctionnement dans le cas où l'un des groupes de chaudières serait envahi par l'eau.

Le pont supérieur porte une longue tenguie séparée par un étroit intervalle de la passerelle centrale, très vaste, qui entoure les cheminées, et une dunette qui recouvre presque entièrement l'arrière. Il n'y a au-dessous du pont qu'une plate-forme interrompue dans la partie centrale, et formant le plancher des logements.

Les emménagements, semblables dans leurs dispositions générales à ceux des autres navires de la Compagnie, sont très satisfaisants. Sous la dunette se trouve un grand salon de 25 mètres de longueur, bordé de cabines de chaque côté : immédiatement au-dessous est la salle à manger, très spacieuse, éclairée par des claire-voies ouvrant dans le salon supérieur, et bordée comme lui de quelques cabines, sur l'avant desquelles se trouvent l'office et la cambuse. La dunette abrite également le salon des dames, qui en ont un autre plus grand dans l'entrepont ; ces deux pièces sont séparées des grands salons par un vaste escalier.

Il y a encore quelques cabines de première classe dans l'entrepont avant, de sorte que l'*Ireland* peut loger en tout 200 passagers de première classe. Deux fumoirs sont installés dans les jardins en arrière des tambours. Les passagers de deuxième classe sont logés sous la tenguie ainsi que les officiers et l'équipage.

Le bureau des postes, dans lequel le triage et le timbrage des lettres doit être fait en route pour permettre de les délivrer dès l'arrivée, est une des installations caractéristiques de ces bateaux ; on lui a réservé un vaste local dans l'entrepont, au-dessous des secondes classes.

Le navire est entièrement éclairé à l'électricité, à l'exception du bureau de poste, qui est éclairé au gaz d'huile.

Les machines sont à cylindres oscillants et à condensation par mélange : les deux cylindres sont égaux et reçoivent directement la vapeur. Ils ont 2^m,60 de diamètre et 2^m,60 de course. La vapeur leur est fournie par huit chaudières rectangulaires en acier, placées par moitié sur l'avant et sur l'arrière des machines, et fonctionnant à une pression de 2 k. 100. On peut employer à volonté le tirage naturel ou le tirage forcé obtenu en condamnant les manches à air et mettant en action des ventilateurs placés sur le pont : ces ventilateurs, au nombre de quatre, peuvent maintenir dans les chaufferies une pression de 60 millimètres d'eau.

Les roues, à pales articulées, ont 10 mètres de diamètre. Elles portent chacune onze pales de 4 mètres de longueur et 1^m,75 de hauteur.

La puissance indiquée, au tirage naturel, est de 5 000 chevaux, correspondant à une vitesse de 18 nœuds ; au tirage forcé, elle s'élève à 6 000 chevaux, qui donnent une vitesse de 20 nœuds.

Nous trouvons donc ici, au lieu des machines à triple expansion fonctionnant à une pression élevée, que nous avons vues sur tous les grands navires de construction récente, un appareil presque identique aux premières machines à roues qui ont été construites. Il en est de même sur beaucoup de bateaux à roues, et les raisons en sont faciles à saisir. Le faible déplacement dont on dispose oblige à économiser les poids le plus possible : or avec une faible pression, les chaudières peuvent être faites de matériaux légers ; l'épaisseur des cylindres de la machine eux-mêmes peut être réduite, et leurs dimensions augmentées sans danger. La condensation par surface devient inutile, car les chaudières peuvent être alimentées à l'eau de mer : on supprime ainsi les pompes de circulation. La basse pression étant admise, le principe de la détente multiple ne trouve pas ici son application, car la chute de pression de la vapeur en passant des chaudières au condenseur est extrêmement modérée et s'effectue dans de bonnes conditions dans un cylindre unique grâce à l'allure très lente de la machine.

Il est certain qu'avec ce type de machines on consomme beaucoup de charbon mais dans le service que ces bateaux sont appelés à faire, l'économie de combustible en marche n'est pas beaucoup à considérer : en effet, après une traversée généralement très courte, ils passent quelques heures dans le port pour repartir bientôt ; les chaudières ne s'éteignent presque jamais, et on brûle plus de charbon pour les maintenir en pression pendant les stoppages qu'on n'en consomme en route. Par contre, comme ils doivent arriver au port en pleine vitesse et stopper brusquement, on éprouverait d'assez grandes difficultés à maîtriser la

pression si elle était élevée, et à ce point de vue le régime de la basse pression offre de grands avantages.

Tous les constructeurs, cependant, ne se sont pas renfermés dans des données aussi étroites; c'est ainsi que la Fairfield Shipbuilding Co a adopté les machines compound fonctionnant à une pression de 8 kilos environ sur les navires à roues dont nous allons parler.

Empress, Calais-Douvres

(Planches 59-60)

La Compagnie du London, Chatham et Dover Railway exposait, dans un panneau mural, une série de modèles des bateaux qui ont fait le service de Calais à Douvres depuis cinquante ans, et il était aisé de constater d'un coup d'œil les progrès successifs réalisés sur cette ligne si courte mais si importante par le nombre des voyageurs qui la fréquentent tous les jours.

Après le succès éphémère du navire à double coque avec salon suspendu essayé en 1887, et qui s'appelait le *Calais-Douvres*, la Compagnie est revenue au type courant des navires à roues, mais en leur donnant des proportions très supérieures à celles de son ancienne flotte, et en les munissant de tous les perfectionnements modernes. Les trois derniers construits, *Victoria* (1886), *Empress* (1887) et *Calais-Douvres* (1889), sortent des chantiers de la Fairfield Shipbuilding Co, et sont de magnifiques navires. Nous ne parlerons que des deux derniers, un peu plus grands que le *Victoria*, mais semblables à celui-ci dans leurs dispositions intérieures.

L'*Empress* et le *Calais-Douvres* ont les mêmes dimensions principales sauf la largeur qui est un peu supérieure dans le dernier.

	Empress	Calais-Douvres
Longueur entre perpendiculaires.	98 ^m 65	98.65
Largeur hors bordé.	10.55	10.95
Largeur en dehors des tambours.	19.75	20.82
Creux sur quille au point supérieur	6.54	6.54
Tirant d'eau moyen.	8.60	2.60
Tonnage { brut	1.084 tonn.	1.065 tonn.
{ net	195	181

Ces navires sont entièrement construits en acier doux. Ils n'ont pas de voûte à l'arrière : l'établot est vertical comme l'étrave, et à une certaine distance l'inclinaison des mâts et des cheminées permet seule de distinguer l'ar-

rière de l'avant. Pour faciliter les manœuvres dans les passes, on les a munis d'un gouvernail à l'avant, pareil à celui de l'arrière, et découpé comme lui dans les formes du navire. Ces gouvernails, grâce à cette disposition, sont parfaitement protégés. La longueur est divisée en dix compartiments étanches par des cloisons montant au pont principal.

Tout l'arrière est affecté aux passagers de première classe ; dans l'entrepont se trouvent le grand salon, garni de divans tout autour, le salon des dames, qui occupe toute la largeur du bateau et le restaurant placé entre les deux. L'arrière du pont principal est occupé par un grand rouffle contenant des cabines privées et un salon réservé. Le fumoir est à l'extrême arrière, formant dunette. Les secondes classes sont à l'avant, ainsi que le poste d'équipage.

Le trait caractéristique de ces navires consiste dans le pont promenade qui s'étend sans interruption de bout en bout au-dessus du pont principal, et qui n'est coupé que par un large panneau de chargement sur l'avant des machines. Ce pont, abondamment pourvu de fauteuils pliants et de banquettes, fait de la traversée de la Manche, lorsque le temps est beau, une délicieuse promenade, et il est grandement apprécié des passagers qui ne disposaient sur les anciens bateaux, que d'un espace étroit et encombré.

À l'avant, jusqu'aux tambours, le bordé de la coque monte à la hauteur du pont-promenade, à l'arrière, au contraire, il s'arrête au pont principal, laissant autour des rouffles, dans cette partie, une promenade aérée, à l'abri du mauvais temps.

Un éclairage électrique très complet est installé dans toutes les parties de ces navires ; des lampes puissantes munies de réflecteurs s'allument sur le pont au moment du débarquement, et tous ceux qui ont connu l'ennui de s'engager sur les passerelles dans l'obscurité, avec les mains chargées de colis, peuvent apprécier les commodités de cette installation.

Le type de machines adopté sur ces navires par la Fairfield Co est assez particulier. Ce sont des machines compound à deux cylindres superposés : le grand cylindre, placé dans le bas, est oblique ; le cylindre d'admission, au-dessus, est horizontal. Les manivelles font entre elles un angle de 40° environ.

La puissance indiquée est de 6 000 chevaux à 43 tours par minute, au tirage forcé. La vapeur est fournie par quatre chaudières doubles, timbrées à 7 kil. 730, établies dans deux chaufferies séparées, l'une sur l'avant, l'autre sur l'arrière des machines. Les roues sont à pales articulées.

Nous reviendrons plus loin sur les détails de construction de cet appareil.

L'*Empress* a donné comme vitesse moyenne 19 nœuds 5 à 43 tours par minute, ce qui correspond à une durée moyenne de 65 minutes pour la traversée de Douvres à Calais ; le *Calais-Douvres* a réalisé 20 nœuds 3/4 aux essais, avec 50 tours par minute. Sa vitesse en service est la même que celle de l'*Empress*. Les anciens bateaux, qui font encore le service dans les basses mers, mettent de 1 h. 30 à 1 h. 45 à faire la traversée, par beau temps.

Queen-Victoria, Prince-of-Wales

En même temps que l'*Empress* la Fairfield Shipbuilding Co a construit pour le service de Liverpool à Douglas (Ile de Man), deux bateaux à roues de dimensions analogues à ceux que nous venons de voir, mais avec des machines plus puissantes et une vitesse encore plus grande. Les modèles de ces navires étaient exposés par les constructeurs. Ils sont à peu près pareils au *Calais-Douvres* comme emménagements, mais l'arrière est à voûte, avec un gouvernail installé à la façon ordinaire.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	103 ^m 35
Largeur hors bordé.	11.85
Creux sur quille.	7.30
Tirant d'eau moyen.	3.05
Tonnage { brut.	1.568 tonneaux
net	390

Les machines, du même type que celles du *Calais-Douvres*, ont une puissance indiquée de 7 500 chevaux, et la vitesse, qui a atteint 22 nœuds 1/4 aux essais, est en service de 21 nœuds en moyenne. La longueur de la traversée est de 90 milles marins, ce qui représente une durée moyenne de 3 h. 20 minutes. Cette vitesse remarquable est, à notre connaissance, la plus grande qui ait été obtenue en service courant sur des navires à passagers.

Rouen, Paris

Les mêmes constructeurs ont mis à l'eau en 1888 deux navires, *Rouen* et *Paris*, pour le service de Dieppe à Newhaven, qui est fait, comme on le sait par la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest et par la London, Brighton et Souht Coast railway Company.— Ces bateaux, moins grands que les précédents, ont comme dimensions :

Longueur entre perpendiculaires.	76 ^m 20
Largeur.	8.85
Creux.	4.57
Tonnage { brut.	761 tonneaux
net	326

Le pont principal est recouvert à l'avant par une longue teugue en forme de dos de tortue, et au milieu par une vaste passerelle qui s'étend sur l'arrière au-dessus d'un grand rouffle et sert de pont-promenade. Les logements sont disposés pour recevoir 110 passagers de première classe et autant de deuxième classe. Tous les locaux sont éclairés à l'électricité.

Les machines sont du même type que dans les paquebots dont nous venons de parler et disposées de la même façon avec cette seule différence que les chaudières sont simples, à trois foyers chacune. Aux essais, la vitesse a été de 18 nœuds pour le *Rouen* et de 19 nœuds 30 pour le *Paris*. Cette vitesse réduit à trois heures et demie la durée de la traversée de Dieppe à Newhaven.

Princesse-Henriette, Princesse-Joséphine

Nous terminons cette série de navires rapides à roues en mentionnant les deux paquebots construits en 1888 par MM. W. Denny & Brothers, de Dumbarton, pour le gouvernement belge, et qui font actuellement le service postal de Douvres à Ostende.

Ces deux bateaux, construits sur les mêmes plans, ressemblent beaucoup à ceux de la ligne de Douvres à Calais; ils ont, comme ces derniers, l'arrière pointu et un gouvernail à l'avant.

Ils ont comme dimensions principales :

Longueur entre perpendiculaires.	91 ^m 20
Largeur	11.50
Creux sur quille.	4.10
Tonnage brut.	1.250 tonnes

Le pont-promenade, établi comme sur le Calais-Douvres, porte une rangée de cabines privées, et en particulier une cabine royale qui est un modèle d'élégance et de goût.

La machine, d'une puissance de 6 000 chevaux, est du système compound et marche à tirage forcé. La vitesse aux essais a dépassé 21 nœuds.

Tout le navire est éclairé par l'électricité.

Le gouvernement belge a chargé le Bureau Veritas de suivre la construction de ces paquebots afin d'avoir toutes les garanties désirables de bonne exécution.

C. — Côtes du Pacifique.

Dans un tout autre ordre d'idées, nous avons à parler d'un grand navire à hélice dont le modèle figurait dans le pavillon du Chili et qui a été construit en 1889 par MM. Laird Brothers pour la Compagnie Sud Americana de Vapores. Ce navire qui est destiné à faire le service des postes et le transport des passagers sur les côtes du Chili et du Pérou, de Corral à Panama, se nomme *Impérial* ; il est semblable, avec des dimensions plus grandes, au *Cachapoal* et au *Mopocho*, construits il y a quelques années dans les mêmes chantiers.

Ses dimensions principales sont :

Longueur entre perpendiculaires.	101 ^m 25
Largeur.	12.45
Creux sur varangues	7.00
Tonnage { brut	2.362 tonneaux
{ net	1.606

Ce navire, très élégant de formes, a un avant en forme de guibre ; il peut recevoir 160 passagers de 1^{re} classe, un assez grand nombre de passagers de 2^e classe dans l'entrepont, et de nombreux bestiaux. Il est muni d'un water-ballast et de tous les perfectionnements modernes au point de vue des appareils de manœuvre. L'éclairage électrique est partout distribué à profusion.

En vue des climats chauds dans lesquels ce navire est appelé à naviguer, le bordé extérieur de la coque s'arrête au 2^e pont, et le spardeck qui le surmonte n'est soutenu que par des montants isolés, laissant ainsi un espace libre pour la promenade et parfaitement aéré tout autour des rouffles qui règnent de bout en bout sur le pont principal, et dans lesquels sont établis tous les logements des passagers de 1^{re} classe et des officiers. Au-dessus du grand salon, sur le spardeck, est établie une autre construction très élégante renfermant un salon de musique, un fumoir, un salon de jeu, etc.

Les machines sont à triple expansion ; les cylindres ont respectivement pour diamètres 0^m,78, 1^m,25 et 1^m,88, avec une course de 1^m,35. La puissance indiquée est d'environ 3 000 chevaux et la vitesse de 15 nœuds.

La vapeur est fournie par deux corps de chaudières doubles, à six foyers ondulés du système Fox, timbrés à 10 k. 500.

Quelques mois plus tard, MM. John Reid et C^o, de port Glasgow, ont lancé pour la même Compagnie un autre navire semblable, l'*Aconcagua*, qui est muni d'une machine à triple expansion de 3 600 chevaux, avec des chaudières timbrées à 11 k. 25.

On voit donc que les grandes Compagnies européennes ne sont pas les seules à marcher rapidement dans la voie du progrès ; la marine Chilienne, du reste, a sa réputation faite depuis longtemps, au point de vue commercial comme au point de vue militaire.

III. — NAVIGATION FLUVIALE.

Les grands fleuves et les rivières ont de tout temps constitué des voies commerciales de la plus haute importance : dans les pays nouveaux, en particulier, ils suppléent à l'absence des routes et des chemins de fer et sont le siège d'un trafic considérable. Il n'est donc pas surprenant que des Compagnies importantes se soient formées un peu partout pour exploiter ces services intéressants.

Battambang

(Planches 61-62)

Au premier rang parmi celles qui figuraient à l'Exposition, nous citerons la Compagnie des Messageries fluviales de Cochinchine, fondée en 1881 par M. Jules Rueff, et qui fait le service postal et les transports de troupe et de matériel dans l'intérieur de la Cochinchine et du Cambodge, dont elle dessert tous les points importants. Elle fait également le transport de voyageurs et des marchandises, et en assurant la rapidité et la sécurité des transactions, elle a puissamment contribué au développement de la colonie.

Les paquebots de cette Compagnie sont tous du même type, mais de deux grandeurs différentes : ils ont été construits sur des plans spéciaux appropriés à la navigation moitié fluviale, moitié maritime qu'ils ont à faire. Le type le plus petit peut passer partout en Cochinchine, car il ne cale que 2 mètres, et malgré ce faible tirant d'eau, ces bateaux peuvent porter 200 tonnes de marchandises et 200 passagers indigènes, ainsi que des voyageurs de 1^{re} et de 2^e classe ; leur vitesse est de 9 nœuds.

Les bateaux plus grands, qui font spécialement le service de Siam et du Cambodge, ont une vitesse de 11 nœuds ; ils font en 36 heures le trajet de Saïgon à Phnom-Penh, tout en faisant escale dans les principales villes du parcours ; ils peuvent porter 1000 tonnes de marchandises et 500 passagers indigènes, sans compter les voyageurs des deux premières classes.

Le modèle du dernier construit de ces paquebots était exposé dans le pavillon de la Cochinchine : il se nomme *Battambang* et a été construit en 1888 dans les chantiers Dubigeon, à Nantes, sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas.

Ses dimensions principales sont les suivantes :

Longeur entre perpendiculaires.	58.00
Largeur.	8.50
Creux sur quille au pont supérieur	6.60
Tirant d'eau moyen.	3.25
Tonnage } brut	668
} net.	317

Il est entièrement en acier ; l'étrave est droite ; les varangues, assez relevées, donnent aux fonds une grande finesse. La mâture se compose de deux mâts à pible, sans vergues.

Le pont principal est surmonté d'un autre plus léger supporté en abord par les membrures prolongées ; à l'avant seulement le bordé extérieur s'élève jusqu'à ce pont supérieur et forme avec lui une teugue servant de poste d'équipage ; sur tout le reste de la longueur, le bordé s'arrête à un mètre environ en contrebas du pont supérieur, de manière à laisser tout autour des rouffles qui garnissent le pont principal un large passage bien aéré, et à l'abri du soleil.

Le rouffle central, qui prolonge sur l'avant l'entourage des machines et chaudières, renferme quatre cabines à six couchettes pour passagers de 1^{re} classe. Le rouffle de l'arrière renferme les logements du mécanicien et du commissaire, deux cabines à 4 couchettes pour passagers de 2^e classe et le salon des 2^{es} classes.

Le salon des 1^{res} classes est sur le pont supérieur, au-dessus de leurs cabines, dans la partie la plus fraîche et la mieux aérée : la chambre du capitaine est également sur ce pont, à l'avant, à portée de la roue du gouvernail. La tente indispensable sur tous les navires des pays chauds, est remplacée ici par un pont recouvert d'un lambrissage en bois léger et qui ne sert qu'à garantir le pont supérieur contre les rayons d'un soleil brûlant.

Il n'y a pas d'emménagements prévus pour les passagers indigènes, qui couchent et vivent sur le pont et dans l'entrepont. — Il existe en effet, de l'avant des machines à l'étrave, un troisième pont qui fractionne les cales en deux parties.

La machine, à triple expansion, a été construite par M. Voruz, de Nantes. Les diamètres des cylindres sont de 0^m,45, 0^m,75 et 1^m,20 ; la course des pistons est de 0^m,75. La puissance indiquée est de 600 chevaux en moyenne.

La vapeur est fournie par deux chaudières cylindriques à 4 foyers, timbrées à 9 kilogrammes, qui peuvent être chauffées au bois.

Aux essais, la puissance développée a été de 650 à 700 chevaux, avec une consommation de charbon de 641 grammes par cheval et par heure ; ce résultat fait le plus grand honneur aux constructeurs, car on admet généralement que l'économie réalisée par la triple expansion n'est appréciable que pour les machines d'une grande puissance.

La vitesse obtenue a été de 12 nœuds, résultat également remarquable, si l'on tient compte de la force très modérée de la machine.

Le *Battambang* s'est rendu par ses propres moyens de Nantes à Saïgon, et a fait preuve, pendant cette longue traversée, de qualités nautiques de premier ordre. Ce n'est donc pas seulement un bateau propre au service des rivières, mais en même temps un excellent navire de mer.

Bassac

(Planche 63)

Dans un tout autre ordre d'idées, la Compagnie des Messageries fluviales de Cochinchine, profitant des remarquables travaux exécutés sur le *Mékong* par le commandant Réveillère et le lieutenant de vaisseau de Fésigny, ainsi que par ses propres agents, a pris les dispositions nécessaires pour faire franchir à ses bateaux les rapides du haut fleuve, et porter le pavillon français au cœur du Laos.

Dans le courant de 1890, les chantiers Dubigeon ont construit pour elle un bateau de 50 mètres de longueur à deux hélices, qui a reçu le nom de *Bassac*, et qui, avec un tirant d'eau limité à 0^m,65, a dépassé aux essais 11 nœuds de vitesse. Les constructeurs ont très heureusement appliqué sur ce navire une idée du constructeur anglais Thornycroft, déjà mise en pratique avec succès par M. Oriolle, de Nantes, sur un petit bateau de passage.

Le tirant d'eau ne permettant pas de donner à des hélices, établies à l'arrière dans les conditions habituelles, les dimensions nécessaires pour obtenir la vitesse exigée, ils ont ménagé dans les fonds du bateau, un peu sur l'arrière du milieu, deux canaux parallèles à l'axe, infléchis à chaque extrémité, pour se raccorder avec les formes de la carène; c'est dans ces canaux que sont placées les hélices, d'un diamètre supérieur au tirant d'eau du navire, de telle sorte qu'au repos elles émergent d'environ la moitié de leur diamètre. Mais, aux premiers tours de la machine, l'air contenu à la partie supérieure des canaux est chassé sur l'arrière, et ils se remplissent entièrement d'eau: dès lors, les hélices fonctionnent dans des conditions normales, c'est-à-dire complètement immergées, et, comme le prouvent les résultats obtenus, elles ont un rendement assez satisfaisant.

La valeur du coefficient d'utilisation, déduit de ces essais, est de 2,2 environ: si l'on tient compte des conditions du problème, qui paraissait irréalisable à première vue, on reconnaîtra que la solution adoptée est digne de fixer l'attention et qu'elle peut rendre de précieux services dans des conditions analogues.

Les dimensions principales du *Bassac* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.	51 ^m 00
Largeur hors membrures. . . .	7.00
Creux au pont principal	1.70
Creux au pont supérieur	3.80
Tirant d'eau en charge sous fausses quilles.	0.70
Port en lourd, combust. compris.	27 tonneaux

La coque est en acier galvanisé : elle a été construite de manière à pouvoir être transportée par tronçons de dimensions modérées jusqu'à Saïgon, où elle sera montée définitivement.

Pour éviter les déformations qui pourraient résulter de la faiblesse du creux, on a établi de chaque côté de l'axe, sur une longueur de 3 mètres, un treillis en croix de Saint-André, solidement relié aux varangues et aux barrots de pont.

Deux quilles d'échouage en teak protègent les fonds contre tout accident.

Le bateau est divisé dans sa longueur en cinq compartiments. Le pont principal porte les emménagements destinés aux officiers et aux passagers, disposés d'une manière analogue à ce qui avait été fait sur le *Battambang* : à l'avant, un rouffle contenant le salon et deux chambres à quatre couchettes pour passagers de 1^{re} classe, ainsi que la cuisine et l'office. A l'arrière, un autre rouffle renfermant le salon de 2^{me} classe, une salle de bain, etc.

Ces rouffles sont recouverts par un pont léger portant, au-dessus du salon des 1^{res} classes un rouffle où se trouvent les chambres du capitaine, du commissaire et du mécanicien. — Le pont supérieur est abrité par une tente fixe en sapin léger.

L'appareil moteur se compose de deux machines à triple expansion, développant 200 chevaux chacune à l'allure de 250 tonnes par minute. Les diamètres des cylindres sont de 0^m,225, 0^m,375 et 0^m,600 respectivement ; la course des pistons est de 0^m,360. Elles ont un condenseur commun.

Les bâtis, en acier coulé, sont très légers.

Les hélices sont en bronze, à trois ailes, et ont un diamètre de 1^m,285 avec un pas constant de 1^m,910. Nous avons indiqué plus haut leur installation.

La vapeur est fournie par deux chaudières, type locomotive, en acier, timbrées à 10 kilogrammes.

Le *Bassac* a été construit, comme le *Battambang*, sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas.

Lao-Kai

Non loin du modèle du *Battambang*, et dans le même pavillon, se trouvait celui de *Lao-Kai*, construit à Haïphong, par MM. Marty et d'Abbadie, qui, dès les premiers temps de l'occupation française, ont pris l'initiative hardie de s'emparer des fleuves du Tonkin pour y établir des services réguliers. Ce bateau, muni de roues à l'arrière, et d'une construction assez rudimentaire, n'offre rien de bien saillant, mais il mérite d'être cité comme une entreprise aussi hardie qu'honorable, et on ne peut qu'admirer le résultat auquel sont parvenus MM. Marty et d'Abbadie, avec des moyens plus qu'insuffisants, et avec le seul concours d'ouvriers indigènes, en créant de toutes pièces un bateau capable de remonter des courants rapides et de transporter un poids considérable de passagers et de marchandises.

La construction des bateaux de rivière rapides et à faible tirant d'eau, est d'ailleurs familière à l'industrie française, qui a plus d'une fois lutté avec avantage sur ce terrain contre la concurrence étrangère. C'est ainsi que M. Henri Satre, de Lyon, exposait, entre autres spécimens de ses produits, les modèles de quatre bateaux à roues, livrés à MM. Cook et Sons, pour le transport des touristes sur le Nil, et qui naviguent aujourd'hui sous pavillon anglais.

Ces bateaux, construits à Arles, en 1886, sont de deux types, qui diffèrent surtout par leurs dimensions.

Ramesès, Prince Mohamed-Aly

(Planche 64)

Le *Ramesès*, le plus grand et le plus puissant des bateaux du Nil, a les dimensions principales suivantes :

Longueur sur le pont.	68 ^m 50
Largeur.	8.50
Creux	3.50
Tirant d'eau. . . .	0.70

Il porte deux mâts à pible avec voiles goëlettes.

La coque est divisée en six compartiments par cinq cloisons étanches. Dans le compartiment du centre, se trouvent l'appareil moteur et les soutes à char-

bon : les chaudières sont sur l'arrière de la machine. Sur l'arrière des chaudières se trouvent les logements des 2^mes classes, avec vingt-huit couchettes, et des locaux affectés au service du bord. Sur l'avant des machines, se trouvent six chambres à une couchette, une cale de chargement et le poste de l'équipage.

Le pont porte sur l'arrière des tambours un grand rouffle contenant vingt chambres à une et deux couchettes et deux salles de bain pour les passagers de 1^{re} classe. Il est surmonté d'un pont léger, servant de promenade, et portant lui-même à l'avant un second rouffle dans lequel se trouvent la salle à manger des 1^{res} classes et le salon des dames. La partie du pont principal situé au-dessous de ce rouffle, est affectée aux passagers de 3^{me} classe.

Les cuisines, water-closets, chambres du capitaine et des commis, sont disposés de chaque côté des tambours.

L'appareil moteur consiste en une machine Woolf compound, à deux cylindres placés en tandem ; il développe 400 chevaux indiqués, et donne au bateau une vitesse de 18 kilomètres à l'heure.

La vapeur est fournie par deux chaudières à foyers extérieurs, du type adopté par M. Satre sur presque tous ses bateaux : nous y reviendrons dans un autre chapitre.

Trois bateaux ont été construits dans les chantiers Satre, sur le type du *Prince-Mohamed-Aly*, plus petit que le précédent :

Longueur sur le pont.	51 ^m 55
Largeur.	6.25
Creux.	2.14
Tirant d'eau	0.76

Les dispositions des emménagements sont les mêmes que sur le *Ramesès*, avec cette différence que le rouffle de l'arrière est surmonté d'un autre semblable contenant également des chambres de passagers.

Ces bateaux font sur le Nil un excellent service, et les passagers y trouvent tout le bien-être désirable. Ils se sont rendus à destination par leurs propres moyens.

Un grand nombre d'autres bateaux de rade et de rivière, sans parler des dragues marines, dont nous nous occuperons plus loin, sont sortis des chantiers de M. Henri Satre. Nous citerons, parmi les plus importants :

1^o Navires à roues.

L'*Amand-Dumeau*, remorqueur et porteur à roues, de 800 chevaux, construit pour MM. Dufilhot et C^{ie}, de Bordeaux, en 1885, pour le service de la Gironde. Ce navire, qui a 55 mètres de longueur, 6 mètres de largeur et 1^m,20 de tirant d'eau, a une vitesse de 21 kilomètres à l'heure.

L'*Igara*, porteur remorqueur à roues pour les fleuves du Sénégal, livré en 1883 à la Compagnie du Sénégal et de la côte occidentale d'Afrique.

Longueur 22 mètres. — Largeur 4^m,20. — Tirant d'eau 1 mètre. — Vitesse 18,3 kilomètres.

2° Navires à hélice.

Le *Conquy*, steamer à deux hélices pour la Compagnie des Factoreries du Gabon, construit en 1884.

Le programme imposé par les armateurs portait entre autres conditions difficiles à réaliser que ce steamer, porteur en même temps que remorqueur, devait pouvoir se rendre par ses propres moyens de Marseille au Congo, malgré son très faible tirant d'eau de 0^m,80. Grâce à des renforts temporaires sous forme de croix de Saint-André établies dans les cales, cette traversée s'est en effet accomplie sans encombre.

Le *Conquy* a 40 mètres de longueur, 6^m,50 de largeur et 1^m,80 seulement de creux.

Le *Boriquen* remorqueur à hélice de 300 chevaux livré à la junta des travaux du port de San-Juan de Porto-Rico (Antilles espagnoles).

Ce remorqueur a 28 mètres de longueur, 5 mètres de largeur, 2^m,80 de creux et 2 mètres de tirant d'eau. Il est muni d'une machine compound à deux cylindres. Sa vitesse est de 18 kilomètres à l'heure.

Il s'est rendu par ses propres moyens de Marseille à Porto-Rico.

Le *Parisien*, porteur à hélice, construit pour la Compagnie du canal de Panama, et qui s'est rendu de Marseille à Panama, par le détroit de Magellan, sans la moindre avarie.

Ce bateau, destiné à accoster les navires et à prendre les marchandises dans leurs cales pour les transporter le long des wharfs, est muni pour ce service d'une grue de dix mètres de volée, dont la poulie supérieure est à 15 mètres au-dessus du pont. Tous les mouvements de cette grue sont produits par un moteur à vapeur à deux cylindres.

Le *Parisien* a 40 mètres de longueur, 7 mètres de largeur et 3 mètres de creux. Il est muni d'une hélice et d'une machine compound de 40 chevaux.

Le *Sergent Malamine*, remorqueur à hélice construit pour la Compagnie des Chargeurs Réunis, en vue du nouveau service que cette Compagnie fait actuellement sur la côte occidentale d'Afrique. Longueur 28 mètres, largeur 5^m,30, creux 2^m,80. — Machine compound de 130 chevaux.

Cette rapide nomenclature ne donnera qu'une faible idée du nombre considérable de remorqueurs, canots à vapeur, chalands porteurs, etc., construits depuis 1879 dans les chantiers d'Arles, sans parler des dragues marines et de quelques constructions spéciales qui nous occuperont plus loin. — Presque toutes les constructions sorties de ces chantiers ont été suivies par le Bureau Veritas —

qui n'a pas hésité, en présence de leur excellente exécution, à les certifier capables de faire de longues traversées pour se rendre à leurs ports d'attache.

Nous mentionnerons encore les remorqueurs de 300 chevaux construits pour le port de Buenos-Ayres par la Société des Forges et Ateliers de St-Denis, et qui se nomment *Presidente-Mitre* et *Presidente-Roca*.

Ces remorqueurs ont 29^m,60 de longueur, 5^m,60 de largeur et 2^m,45 de creux. Ils sont munis de machines compound dont les cylindres ont 0^m,44 et 0^m,78 de diamètre, avec une course de 0^m,48. Les chaudières cylindriques sont timbrées à 6 k. 5.

La même Société a construit également les *Express* qui font le service de la Seine dans Paris et appartiennent maintenant à la Compagnie des bateaux parisiens. Ces bateaux, qui ont la vitesse la plus grande autorisée par les règlements, ont des formes d'une extrême finesse et un très faible déplacement. On est arrivé ainsi à leur donner une grande stabilité malgré les conditions défavorables où ils se trouvent lorsque le pont est encombré de voyageurs et que leur centre de gravité est par conséquent très élevé. On sait en effet que le rayon métacentrique qui mesure la stabilité des navires, est représenté par le quotient du moment d'inertie de la flottaison divisé par le déplacement : les *Express* sont très larges relativement à leur longueur, et leur déplacement très restreint grâce à la forme en V de leur maîtresse section : il en résulte qu'ils portent sur leur pont, très élevé au-dessus de l'eau, environ 200 voyageurs, en plus de ceux des salons avant et arrière, sans le moindre danger. En somme, ce type de bateau est très supérieur à l'ancien type des bateaux-omnibus, très lourds et très lents.

Ils sont entièrement éclairés à l'électricité, intérieurement et extérieurement.

L'Excursionniste

Nous terminerons cet examen des principaux types de bateaux de rivière exposés dans la classe 65 par la description d'une invention originale due à M. Damey, ingénieur mécanicien à Dôle (Jura).

L'*Excursionniste* est formé de deux coques en acier très étroites, reliées à leur partie supérieure par une charpente métallique portant un pont de 4^m,35 de largeur. Les deux coques n'ont 0^m,66 de largeur et 1 mètre de creux ; Elles sont divisées en 34 compartiments étanches, et portent un gouvernail à chacune de leurs extrémités.

Le pont porte un grand salon pour les passagers sur l'avant ; au centre se

trouvent la machine et la chaudière ainsi que le poste de l'homme de barre. Dans la partie arrière, le pont est ouvert dans l'axe pour donner passage au propulseur, enveloppé par un entourage en tôle, et derrière lequel est installée une buvette. Un espace est réservé à l'arrière pour les marchandises.

L'appareil moteur de l'*Excursionniste* est une locomobile de 15 chevaux. Le propulseur consiste en une courroie métallique garnie de nombreuses palettes en acier et mise en mouvement par l'intermédiaire de deux grands tambours qui sont eux-mêmes reliés par des courroies de cuir à la machine.

Cette installation très sommaire ne doit évidemment être considérée que comme un essai ; mais il y a dans la disposition du propulseur et des deux flotteurs qui constituent le bateau une innovation intéressante et dont les résultats ont été assez remarquables.

Il y a en effet, à tout instant douze palettes travaillant en même temps, et présentant à l'eau une section égale à près de quatre fois la surface immergée du bateau ; il en résulte que le recul est très faible. D'après des expériences faites sur la Seine pendant l'Exposition, la vitesse normale serait de 16 kilomètres à l'heure, avec un recul de 10 % seulement, inférieur à celui des roues à aubes et de la plupart des hélices.

D'autre part, le calcul donne 2,95 pour la valeur du coefficient d'utilisation correspondant à un tirant d'eau de 0^m,45 : ce système est donc assez avantageux au point de vue mécanique, et tout porte à croire qu'il peut rendre des services, en particulier dans les pays éloignés ou un bateau construit comme l'*Excursionniste* pourrait être facilement transporté. Il est facile en effet de le transporter en pièces et de le monter sur place : chacune des deux coques peut se diviser en trois tronçons. Il peut naviguer sans inconvénient au milieu des herbes et des joncs et le propulseur est à l'abri de tout accident, comme l'a prouvé le trajet de 480 kilomètres qu'il a fait à travers les rivières et les canaux, de Dôle à Paris.

En résumé, il y a dans l'*Excursionniste* une idée fort ingénieuse, qui, sur un bateau construit suivant les règles de l'art et muni d'une machine appropriée, peut être féconde en résultats.

IV. — SERVICES SPÉCIAUX.

Les Navires pétroliers.

(Planches 65, 66, 67)

On a pu remarquer, dans les vitrines de plusieurs sociétés ayant pour objet l'extraction ou le raffinage des huiles minérales naturelles, des modèles de navires construits d'une façon toute spéciale, et qui, bien que n'ayant pas appartenu officiellement à la classe 65 méritent une mention particulière dans cette étude.

Ces navires sont destinés au transport des pétroles en vrac, sans autre séparation entre le chargement liquide et la mer que la coque même du navire : c'était une entreprise hardie, mais le succès a dépassé les espérances des plus confiants, et à l'heure actuelle la presque totalité des pétroles importés en Europe soit des États-Unis, soit du Caucase, y est amenée dans des navires spéciaux : le transport en fûts ou en caisses métalliques n'existe pour ainsi dire plus.

Le problème du transport en vrac étant résolu d'une manière satisfaisante, ce résultat devait nécessairement se produire, à cause de l'économie énorme que procure le nouveau système sur l'ancien. Quelques chiffres permettront de s'en rendre compte à première vue : un baril à pétrole ordinaire a 80 centimètres de longueur et 60 centimètres de diamètre au milieu, environ. Il pèse, plein, environ 180 kilogrammes et contient 190 litres d'huile pesant 150 kilogrammes. La tare d'un baril est donc environ un cinquième du poids qu'il contient. Si l'on tient compte, en outre, de l'espace perdu entre les fûts, on arrive à ce résultat qu'un navire qui pourrait porter 2000 tonnes de marchandises ordinaires occupant environ 0^m3,030 par tonne, ne porte que 1250 tonnes de pétrole en fûts, tare comprise, soit 1050 tonnes de poids net. On peut donc conclure que le transport en vrac réalise une économie de plus de 40 %. Il faut y ajouter encore au profit de ce dernier mode de transport, l'économie de temps dans les opérations de chargement et de déchargement, la suppression des fûts ou des caisses dont le prix s'ajoutait à celui de l'huile et qui n'étaient qu'en partie utilisables à l'arrivée, et enfin, comme l'expérience l'a prouvé, la diminution des chances d'incendie et la suppression presque complète des pertes par coulage.

Malgré tous ces avantages on a reculé pendant longtemps devant les complications et les difficultés du problème à résoudre. Après d'assez nombreux essais, consistant à construire des navires spéciaux munis intérieurement soit de grandes caisses métalliques, soit d'une double coque formant réservoir et convenablement sectionnée par des cloisons, il s'est trouvé un constructeur assez hardi pour

aborder de front le problème et appliquer à des navires destinés à traverser l'Atlantique avec un chargement de 2000 ou 3000 tonnes de pétrole, le système déjà depuis longtemps en usage sur les petits vapeurs de la mer Caspienne.

L'honneur de cette entreprise revient à M. Swan, l'un des directeurs des chantiers de Sir W. Armstrong Mitchell et C^o, à Newcastle on Tyne, qui a créé de toutes pièces le type des navires pétroliers actuels, en 1886, et aussi pour une part, au bureau Veritas qui, après avoir imposé aux constructeurs quelques modifications nécessaires, a donné à ce projet son approbation et l'appui de son autorité. Il fallait en effet, pour le faire admettre par le monde maritime, la sanction d'une société de classification dont la compétence et l'impartialité eussent le pouvoir de tranquilliser les assureurs et chargeurs sur les risques à courir dans une entreprise aussi nouvelle.

Le Lloyd's Register et le Bureau Veritas furent appelés par les constructeurs à approuver leurs plans en vue d'une classification : le Lloyd recula devant cette responsabilité et refusa son approbation. Le Veritas, au contraire, trouvant dans les difficultés mêmes de l'entreprise des garanties sérieuses de solidité et de bonne exécution, approuva les plans et le navire fut construit, bientôt suivi par une véritable flotte de vapeurs pétroliers. Il nous suffira, pour montrer que l'appréciation du Bureau Veritas était justifiée, de dire qu'il existe actuellement plus de 50 de ces navires, et qu'un seul a été détruit par une explosion, dans des circonstances qui n'infirmen en rien la valeur du système. Tous sont des navires à vapeur, à l'exception de deux qui sont des voiliers.

Les difficultés à surmonter pour résoudre ce problème étaient de divers ordres.

1° Tout le monde connaît l'extrême fluidité du pétrole et la difficulté d'assurer l'étanchéité des réservoirs qui le contiennent : cette difficulté se trouvait compliquée, pour un grand navire, par les déformations inévitables sous l'influence de la houle ; tous les navires sont plus ou moins élastiques et les joints des tôles finissent souvent par prendre un jeu qui est sans la moindre importance dans les cas ordinaires, mais qu'il fallait ici éviter d'une façon absolue.

On a obtenu l'étanchéité des joints par un rivetage très serré et extrêmement soigné, et les coques des navires pétroliers ont été traitées, à ce point de vue, suivant les règles en usage pour la construction des chaudières. La rigidité a été assurée par l'emploi de forts échantillons et de liaisons vigoureuses disposées pour résister dans tous les sens. La cloison longitudinale dont nous parlerons plus loin y a puissamment contribué ;

2° Un chargement liquide est dangereux pour la stabilité si l'on ne prend pas toutes les précautions voulues, qui consistent en deux points principaux : empêcher le déplacement latéral du liquide, d'un bord à l'autre, pendant le chargement et le déchargement ; maintenir rigoureusement pleins pendant tout le voyage les réservoirs qui le contiennent. Comme il s'agissait, en outre, d'un liquide assez dilatable et transporté en grandes masses, il fallait prévoir les varia-

tions de son volume suivant la température extérieure et ménager un dégagement pour le trop-plein des réservoirs, en cas de besoin.

Ces différentes conditions ont été remplies de la manière la plus satisfaisante : les navires pétroliers sont divisés, sur toute la longueur occupée par le chargement, par une cloison longitudinale qui, sans être rigoureusement étanche, s'oppose au passage du liquide d'un bord sur l'autre ; cette longueur est en outre fractionnée par de nombreuses cloisons transversales étanches, de telle sorte que les plus grands compartiments ne contiennent pas plus de 200 tonnes d'huile minérale. Dans ces conditions, il n'y a aucun danger à redouter pendant le chargement et le déchargement.

Pour maintenir les réservoirs pleins, pourvoir aux fuites qui pourraient se produire, ainsi qu'aux changements de volume dus à la température, on a disposé au-dessus de chaque compartiment une caisse d'expansion, qu'on remplit à moitié au départ et qui est pourvue d'un tube de niveau extérieur : ces caisses communiquent d'une façon permanente avec les compartiments placés au-dessous et on peut les faire communiquer entre elles par un tuyautage spécial pour égaliser les niveaux en cas de besoin. Leur volume qui est d'environ 5 à 6 % du volume des réservoirs, suffit à tous les besoins ;

3° Il importait d'isoler d'une façon absolue le chargement des logements de l'équipage et surtout des chaudières, où la moindre introduction de gaz volatils ou d'huile minérale pourrait amener des accidents.

Dans ce but, on a placé le chargement au centre du navire, dont il occupe environ $\frac{2}{3}$ de la longueur. L'avant est occupé par les soutes diverses, et par le poste d'équipage ; les machines et chaudières sont tout-à-fait à l'arrière, ainsi que les logements des officiers établis sur le pont dans un rouffle ou une dunette. Entre le chargement et le compartiment des chaudières, il existe une séparation absolue, obtenue au moyen d'un puits formé par deux cloisons transversales distantes, suivant les cas, de un, deux ou trois intervalles de membrure. Ce puits est maintenu vide, ou rempli d'eau ; un ventilateur permet d'en renouveler l'air, et une pompe spéciale d'épuiser l'huile qui pourrait provenir de fuites dans la cloison qui le limite à l'avant.

Un puits semblable existe, dans plusieurs navires, sur l'avant du chargement, dans d'autres il est remplacé par un vaste compartiment étanche servant de water-ballast ; mais de toute façon les soutes à l'avant sont parfaitement isolées.

4° On s'est beaucoup préoccupé au début des dangers d'incendie que pouvait présenter le transport d'une aussi grande quantité d'huile pouvant dégager des gaz volatils et inflammables : avec les pétroles raffinés, le danger est en réalité assez minime, mais il fallait néanmoins prendre toutes les précautions possibles.

La sécurité d'un pareil navire dépend surtout de la sévérité des règlements

sur le service du bord et de leur exacte observation. Comme règle générale il ne doit y avoir de feu nulle part en dehors des chaufferies, et pour concilier cette règle avec les exigences de la vie du bord, on a dû prévoir la cuisson des aliments et le chauffage des logements par la vapeur, l'éclairage par l'électricité au moyen de lampes à incandescence soigneusement protégées contre les chocs qui pourraient en briser l'enveloppe.

La ventilation de tous les espaces habités ou accessibles a été assurée au moyen de ventilateurs convenablement disposés, et de manches à air fermées par des toiles métalliques pour arrêter les étincelles qui pourraient provenir de la cheminée. Les tuyaux d'air des réservoirs sont également munis de cette protection.

5° Enfin, il fallait prévoir le cas où les navires pétroliers devraient naviguer sur lest. L'emploi des water-ballasts ordinaires, avec leurs mille recoins inaccessibles, aurait été un danger à cause des infiltrations d'huile possibles : M. Swan a imaginé un système de double fond à plafond incliné, muni de cheminées ouvrant à l'air libre, au-dessus du pont; mais cette disposition assez compliquée n'a pas tardé à être abandonnée, lorsqu'on eût reconnu qu'il n'y avait pas d'inconvénient à remplir d'eau les compartiments mêmes qui reçoivent le chargement, et c'est aujourd'hui le seul système en usage. On remplit d'eau le nombre de compartiments nécessaires pour donner au navire un tirant d'eau convenable. Il y a en outre un water-ballast ordinaire à l'avant et sous les machines et chaudières.

Telles sont, dans leurs grandes lignes, les dispositions caractéristiques des vapeurs pétroliers : on voit qu'ils constituent une classe de navires tout-à-fait spéciale. Nous donnons planches 65 à 67 les plans d'un de ces navires, qui peut être considéré comme l'un des types les plus complets : des variantes ont été introduites dans plusieurs de ces constructions, mais les principes généraux restent les mêmes, et pour compléter les indications qui précèdent, nous n'avons qu'à mentionner le tuyautage compliqué et les pompes puissantes qui servent à vider les compartiments et à décharger en quelques heures un volume d'huile minérale variant, suivant les navires, de 2000 à 3000 tonnes.

La grande majorité des navires pétroliers ont été construits dans les chantiers de Sir W. Armstrong Mitchell et C^o, qui en comptent actuellement 33 à leur actif depuis l'année 1886 : tous ces navires sont à vapeur. Les autres ont été construits par divers chantiers anglais, danois et suédois ; sur un total de 50 environ, il n'y a que deux voiliers construits, l'un, le *Hainaut*, par la Barrow Shipbuidling C^o pour la maison Fr. Speth et C^o d'Anvers, l'autre, la *Ville de Dieppe*, par MM. Oswald Mordaunt et C^o, à Southampton, pour la maison L. Robbe fils de Dieppe.

Ces voiliers ne diffèrent pas des vapeurs dans leurs dispositions générales ; ils portent naturellement un chargement plus considérable, puisqu'on a pu disposer du poids et de l'espace réservé aux machines, chaudières et soutes à charbon.

La presque totalité des navires pétroliers appartient à des armateurs anglais ou allemands; les uns vont chercher des pétroles aux États-Unis, les autres dans la mer Noire. Un certain nombre sont affrétés pour de longues durées par les usines de Fiume et par les raffineurs français, qui ne se sont pas encore décidés à en faire construire pour leur propre compte. Une seule usine française, celle de MM. Paul Paix et C^{ie}, de Douai, a adopté presque à ses débuts le nouveau mode de transport, et a fait construire en 1887, chez Sir W. Armstrong, Mitchell & C^o, un vapeur appelé *Ville-de-Calais*, dont la carrière a été malheureusement interrompue au bout d'un petit nombre de voyages, par une explosion qui l'a détruit entièrement, le 16 octobre 1888.

Cet événement, auquel nous avons fait allusion plus haut, et qui causa à l'époque une certaine émotion dans le monde maritime, a été dû à des circonstances toutes spéciales.

La maison Paul Paix et C^{ie} importe des États-Unis des pétroles bruts destinés à être raffinés dans ses usines de Douai. Ces pétroles contiennent une notable proportion d'essences volatiles produisant des vapeurs inflammables, mais non explosibles, tant qu'elles saturent l'atmosphère des compartiments; mais, lorsque les réservoirs sont vides, et que l'air y a pénétré en abondance, le mélange de ces vapeurs avec l'air peut constituer des gaz détonnants. C'est ce qui s'est produit avec la *Ville-de-Calais*. Le déchargement était terminé depuis trois jours, et l'on remplissait d'eau les compartiments du centre pour repartir sur lest le lendemain; il ne restait à bord que deux officiers et un matelot chargés de surveiller l'opération, et quelques personnes dans les logements de l'avant et de l'arrière, lorsqu'une formidable détonation se fit entendre, et toute la partie centrale du navire vola en éclats, entraînant avec elle les deux officiers et le matelot de quart, dont on retrouva les débris littéralement broyés.

Les effets de cette explosion ont été d'une violence inouïe, et se sont fait sentir à une distance énorme; sur une longueur de 50 mètres, il n'est resté du navire que les fonds assez détériorés. L'arrière a peu souffert, et les personnes qui se trouvaient dans les logements de la dunette n'ont eu aucun mal.

Doit-on conclure de ce terrible accident que le système du transport en vrac des huiles minérales est dangereux? Évidemment non, car l'expérience a prouvé au contraire qu'il offre des garanties de sécurité très supérieures aux autres modes de transport. La perte de la *Ville-de-Calais* a eu pour cause une insuffisance de précautions due à l'ignorance où se trouvaient les hommes du danger qu'ils couraient. Il est facile en effet de se représenter ce qui a dû se passer. On remplissait d'eau un des compartiments de la cale au moyen des pompes à vapeur, et les chaudières étaient allumées, par une inconséquence des règlements administratifs, qui forcent à éteindre les feux pendant le déchargement, mais non après.

Pour laisser échapper l'air des compartiments, pendant cette opération, et

quoiqu'un tuyautage spécial soit disposé à cet effet, conduisant les gaz dans l'intérieur des mâts qui sont en tôle et servent de cheminée d'aération, on avait la fâcheuse habitude d'entrebâiller les panneaux étanches qui ferment l'orifice des cales sur le pont. Le temps était calme et lourd, sans un souffle de vent. Le mélange détonnant a donc pu se répandre lentement par l'ouverture du panneau et s'accumuler sur le pont. Un des hommes de quart a-t-il commis l'imprudence de frotter une allumette? Une étincelle est-elle tombée de la cheminée? nul ne le saura jamais, puisque les seuls témoins de ce fait sont morts; mais il est certain que la cause de l'explosion ne peut être cherchée ailleurs, et que, si les panneaux avaient été tenus fermés comme on devait le faire, rien ne serait arrivé.

Malgré ce triste début, MM. Paux Paix et C^{ie} n'ont pas renoncé à leur entreprise, et ils ont remplacé la *Ville de Calais* par un autre navire plus grand, qui s'appelle *Ville de Douai*, sur lequel les plus minutieuses précautions ont été prises pour éviter le retour d'un pareil accident.

M. L. Robbe fils, armateur à Dieppe, a fait à son tour, en 1888, construire chez MM. Oswald Mordaunt et C^{ie}, un navire pétrolier à voiles, la *Ville-de-Dieppe*, avec lequel il importe des pétroles des États-Unis pour le compte d'une société de raffinage, et qui fait un excellent service.

Mentionnons en terminant que certains constructeurs anglais ont entrepris, après le succès des premiers pétroliers, de transformer, pour les adapter à ce service, des navires de construction ordinaire. Un certain nombre de vapeurs ont été ainsi modifiés et pourvus de divisions étanches; mais cette opération, extrêmement difficile, n'a pas donné tous les résultats qu'on espérait, et on y a renoncé depuis.

Dragues marines

Un certain nombre de constructeurs, surtout en Angleterre, en Hollande et en France, se sont fait une spécialité de la construction de ces engins et de tout le matériel qui est employé en même temps qu'eux dans les travaux de ports et de rades. C'est une industrie considérable et dans laquelle de grands progrès ont été accomplis dans ces dernières années. Les dragues marines que l'on construit actuellement, sont pour la plupart de véritables navires, munis d'une hélice, et capables de faire dans de bonnes conditions de longues traversées. Plusieurs se sont rendues, par leurs propres moyens, à Panama et dans les ports du golfe du Mexique.

Au point de vue du mode de travail, les dragues peuvent se diviser en deux

classes principales : dragues à godets pour les dérochements et les travaux en terrains durs, et dragues à suction pour l'enlèvement de la vase et des sables. Tantôt les produits du dragage sont déversés dans des chalands qui les emportent au loin, tantôt la drague elle-même est disposée pour les recevoir dans des bacs à clapets. Des spécimens intéressants de ces divers systèmes figuraient à l'Exposition ; nous mentionnerons les principaux :

M. Henri Satre exposait un modèle de drague marine à hélice de 300 chevaux, du type adopté par le gouvernement espagnol pour les travaux des ports de Santander, Malaga, Porto-Rico, etc.

Les dimensions de cette drague sont :

Longueur	46 ^m 00
Largeur	8.00
Creux	3.50
Tirant d'eau moyen.	2 00

La coque à la forme d'un véritable navire, ce qui la met dans d'excellentes conditions pour travailler en mer houleuse ; elle est munie d'un armement complet, d'un gréement et d'une voilure qui lui permettent de faire de longues traversées.

La machine, du type compound, avec condenseur par surface, est disposée pour actionner, soit l'hélice, soit l'appareil dragueur, au moyen d'un embrayage à friction. Lorsqu'elle conduit l'hélice, elle fait 120 tours à la minute, et 60 lorsqu'elle actionne l'appareil dragueur ; dans ce cas, un appareil limiteur de force, placé sur l'arbre, évite les ruptures qui pourraient se produire par la rencontre d'un obstacle trop résistant.

La vapeur est fournie par deux chaudières système Bigot, d'une surface totale de chauffe de 140 mètres carrés, timbrées à 7 kilogrammes. Une seule chaudière est en jeu pour le dragage.

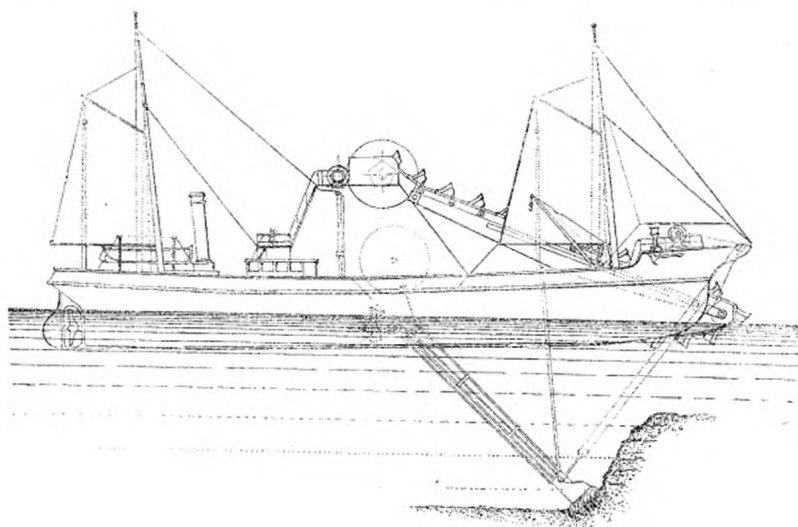
Les transmissions de mouvement entre le moteur et l'appareil dragueur sont faites par chaînes-galles. L'extrémité supérieure de l'élinde est articulée sur un axe indépendant porté par des supports à coulisse, munis de tampons flexibles pour atténuer les chocs. Les godets ont une capacité de 450 litres ; le dossier et le fond sont en acier fondu d'une seule pièce, ce qui permet de ne changer que la partie sujette à l'usure, c'est-à-dire le devant et le bec en acier.

Les maillons de la chaîne sont en acier forgé. Le mécanisme de commande est à deux vitesses, qu'on emploie suivant la dureté du terrain.

Les treuils d'avancement, de papillonnage et de suspension de l'élinde sont groupés au même point, et actionnés par une machine spéciale, sous la conduite d'un seul mécanicien. Les écubiers de papillonnage débouchent sous la coque, ce qui permet l'accostage des chalands et leur manœuvre sans avoir à larguer les chaînes. Enfin, une installation d'éclairage électrique est placée à bord pour les travaux de nuit.

Ce type de drague répond, comme on le voit, à toutes les exigences. M. Satre en a créé un autre sous le nom de « drague universelle », qui est à la fois à godets et à succion, de manière à laisser le choix entre les deux systèmes, suivant la nature des terrains à draguer.

Le croquis ci-contre donnera une idée de l'ensemble de ce système ; si l'on en retranche l'élinde et la chaîne à godets, on aura une drague à succion simple, telles que les construisent en France M. Satre, la Compagnie de Fives-Lille et d'autres constructeurs. Souvent, dans ce dernier type, on dispose un tuyau d'aspiration de chaque bord, au lieu du tuyau unique représenté ci-contre.



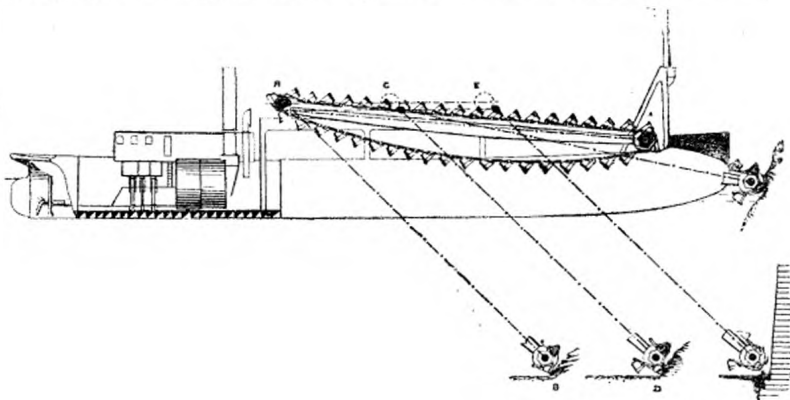
Les Forges et Chantiers de la Méditerranée, les Forges et Ateliers de Saint-Denis, exposaient également des modèles ou dessins de dragues à godets.

Deux constructeurs écossais, MM. Lobnitz et C^o, et MM. W. Simons et C^o, de Renfrew, ont produit un nombre considérable de dragues pour divers pays. La seconde de ces maisons avait envoyé à l'Exposition des modèles fort bien faits et des dessins de types de dragues intéressants créés ou perfectionnés par elle, parmi lesquels nous citerons :

Une drague porteuse (hopper dredger) à hélice ; la capacité des réservoirs varie, suivant les types, de 200 à 1200 tonnes de déblais. Ce système économise du personnel, réduit le prix d'établissement du matériel, et permet de travailler en mer houleuse dans des conditions où il serait impossible d'accoster des chalands le long du bord. Dans d'autres cas, on peut déverser à la fois les déblais dans la drague et dans des chalands, qu'elle prend ensuite à la remorque.

Suivant les besoins, l'élinde est installée dans une ouverture à l'avant ou à l'arrière de la drague, et le nombre des hélices varie de une à quatre.

MM. Simons et C^o ont fait breveter un système ingénieux de suspension de l'élinde, qui peut s'appliquer à toutes les dragues; l'axe de suspension est porté sur une plateforme horizontale qui permet de lui donner toutes les inclinaisons et les positions utiles pour le travail, et de la remonter sur le pont lorsque la drague, une fois remplie, se met en marche pour transporter ses déblais. Il ne faut pas plus de cinq minutes pour passer de l'une à l'autre position extrême.



Ils ont construit en 1886 pour le port de Melbourne la plus grande drague qui existe. Elle a 70 mètres de longueur et 10^m,50 de largeur. Les godets contiennent 628 litres chacun, et peuvent draguer 1 000 tonnes à l'heure. L'élinde descend à 10 mètres de profondeur.

Cette drague est munie de deux machines compound de 500 chevaux chacune, et d'une installation électrique pour les travaux de nuit.

MM. Fleming et Fergusson, de Paisley (Ecosse), exposaient également des modèles et des photographies de dragues porteuses et non porteuses.

La drague porteuse est munie d'un système analogue à celui dont nous venons de parler : l'élinde est susceptible d'un déplacement longitudinal, obtenu à l'aide d'une machine spéciale, et qui permet de faire varier la profondeur à laquelle on travaille, suivant la marée.

Haleurs et Tonneurs

La Compagnie de Touage de Conflans à la mer emploie des bateaux qui peuvent marcher à volonté, suivant la rapidité du courant, sur chaîne ou au moyen de deux hélices ordinaires. La chaîne actuellement immergée dans la Seine est en acier.

La coque de ces bateaux est en fer, avec un pont en tôle striée.

Longueur..	40 ^m 300
Largeur.	6.200
Creux..	2.480
Tirant d'eau	1.200

Deux gouvernails, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, facilitent la manœuvre et ont surtout pour but de soulager la chaîne. Un water-ballast établi dans le coqueron arrière sert à mettre le bateau en différence et à immerger complètement es hélices lorsqu'on les emploie à la propulsion.

L'appareil moteur se compose de deux machines à un cylindre accouplées à angle droit sur un arbre unique ; elles sont à condensation par mélange. La puissance totale indiquée est de 120 à 130 chevaux.

La vapeur est fournie par une chaudière à flamme directe, munie d'un foyer Fox, et timbrée à 5 kil. 500.

Le mouvement de la machine est transmis aux treuils par deux séries d'engrenages avec vitesses différentes. A petite vitesse, le tonneur peut faire 4 300 mètres par heure ; à grande vitesse, 8 600 mètres.

Une troisième série d'engrenages coniques commande le mouvement des hélices, qui font 180 tours lorsque la machine en fait 60. Les hélices ont un mètre de diamètre.

En descendant la Seine avec le courant, la vitesse du tonneur marchant à hélice peut aller jusqu'à 10 kilomètres à l'heure et même plus s'il ne remorque rien.

L'équipage se compose de sept hommes en tout, un capitaine, deux pilotes un mousse, un mécanicien, et deux chauffeurs.

La Compagnie de Touage possède huit bateaux de ce genre, qui transportent une part considérable des marchandises remontant de Rouen à Paris par la Seine.

La Compagnie Continentale d'exploitation des locomotives sans foyer exposait des plans et photographies ayant trait à l'application au touage sur les canaux en souterrain du système Francq (traction à vapeur sans feu).

L'emploi de la houille et du coke pendant la traversée des tunnels présente des difficultés et même des dangers en raison de l'accumulation de la fumée et des gaz délétères : l'application du système Francq, qui consiste à emmagasiner une certaine quantité d'eau surchauffée, pour produire sans combustible la vapeur nécessaire à la traversée du tunnel, était donc tout indiquée et fut appliquée pour la première fois en 1881, pour la traversée du souterrain de Mauvages, sur le canal de la Marne au Rhin.

Le toueur employé à cet effet est muni d'une machine compound à condensation commandant par engrenage les treuils sur lesquels s'enroule la chaîne de traction. Deux générateurs tubulaires, timbrés à 17 kilogrammes, fournissent la vapeur nécessaire pour réchauffer l'eau accumulatrice, contenue dans deux récipients munis de détendeurs système Francq et Mesnard, qui servent à distribuer la vapeur à une pression constante.

Les chaudières, maintenues en feu pendant le trajet à ciel ouvert, amènent l'eau de ces récipients à la température et à la pression qu'elles ont elles-mêmes. En arrivant au souterrain, on cesse d'alimenter les foyers, et on distribue à la machine, à une pression de 4 ou 5 kilogrammes, la vapeur produite par l'eau surchauffée.

Le souterrain de Mauvages a cinq kilomètres de longueur ; le toueur le traverse avec une vitesse de 1 200 mètres à l'heure, vitesse très faible qui est commandée par l'état des murs du souterrain. A la sortie du tunnel, la pression restant dans les réservoirs est encore de 6 à 7 kilogrammes et suffit à achever le trajet à découvert sans rallumer les feux.

La consommation de charbon est d'environ 3 kilogrammes par heure et par cheval mesuré au dynamomètre sur la remorque du convoi. Certaines améliorations apportées depuis l'origine ont, du reste, abaissé cette consommation à 2 kil. 200. Les chiffres ci-dessus correspondent à la traction d'un convoi de 20 à 25 bateaux portant de 4 000 à 4 500 tonnes de marchandises.

Un second toueur semblable a été construit en 1885 pour le même service, et un troisième un peu moins grand en 1886 pour le tunnel de Pouilly, sur le canal de Bourgogne.

Ce système est certainement avantageux et susceptible de nombreuses applications.

Bateaux-pompes.

M. Henri Satre a construit en 1885, pour l'alimentation des canaux de la Camargue, un bateau spécial qui a donné d'excellents résultats, surtout si l'on considère ses faibles dimensions.

Ce bateau-pompe, appelé le *Montlong*, a les dimensions suivantes :

Longueur.	24 mètres
Largeur.	5 »
Creux.	2 »
Tirant d'eau	1 ^m 40

Il renferme deux pompes centrifuges à éjecteur circulaire du système Decœur actionnées directement par la machine motrice, qui s'embraye à volonté avec les pompes ou avec l'hélice.

Le débit des pompes est de 2 000 litres par seconde ou 7 200 tonnes à l'heure, avec une consommation de charbon qui ne dépasse pas 125 kilogrammes.

On a donc, sur un bateau qui a les dimensions d'un petit remorqueur, un engin économique, facilement transportable d'un point à un autre, et pouvant être employé soit pour l'épuisement de grandes masses d'eau, dans les travaux hydrauliques par exemple, ou dans les opérations de renflouage des navires, soit pour l'irrigation ou la submersion des prairies et des vignes, pour l'alimentation des canaux, etc.

M. Edward Hayes, exposait également un modèle de chaloupe à deux hélices construite pour la Metropolitan fire brigade de Londres, et munie de puissantes pompes à incendie.

Bac de passage

MM. Simons et C^e, exposaient, à côté des dragues dont nous avons parlé, le modèle d'un bac à vapeur, à pont mobile, dont les dispositions sont intéressantes.

Ce bateau, qui a environ 25 mètres de longueur et 13 mètres de largeur, a été combiné pour le transport des voitures et des piétons d'une rive à l'autre d'un bras de mer ou d'un fleuve où la marée se fait sentir. Le pont, recouvert

d'un bordé en tôle d'acier, occupe toute la longueur et environ les deux tiers de la largeur du bac, il porte à chaque extrémité une plate-forme articulée pour le débarquement. Cette plate-forme peut monter et descendre, entre des guides formés par des montants en acier solidement entretoisés dans tous les sens, sous l'action de six grandes vis actionnées par une machine à triple expansion. La course verticale est 4^m,20 environ.

La partie centrale de la plate-forme est réservée aux voitures ; les piétons se tiennent sur le côté. Le bac peut transporter 170 piétons et 8 voitures attelées d'un cheval, ou deux camions chargés et attelés de deux chevaux.

Deux machines à triple expansion actionnent chacune une ligne d'arbres régnant de bout en bout et portant une hélice à chaque extrémité, soit quatre hélices en tout.

L'emploi d'un bac de ce système supprime les rampes qu'on était obligé jusqu'alors d'établir pour donner accès aux bacs à pont fixe, et diminue notablement les difficultés et la durée des transports.

Bateaux de pêche

De tous les types de navires, les bateaux de pêche sont ceux qui se modifient le moins. Chaque pays, chaque port pour ainsi dire a adopté une grandeur, une forme de bateau, une voilure appropriées aux parages à fréquenter et au genre de pêche qui s'y exerce ; aussi chercherait-on vainement dans la collection des navires de pêche qui garnissaient les vitrines des colonies françaises et des exposants danois, une nouveauté rentrant dans le cadre qui nous est tracé. Le plus curieux exemple de cette immuabilité est un bateau de pêche norvégien, qui a passé toute la durée de l'Exposition dans le port à flot de la classe 65, et dont les formes sont presque identiques à celles d'un bateau de Viborg, remontant à l'an 801, dont le modèle reconstitué d'après des documents authentiques, figurait dans la section norvégienne.

La seule innovation importante introduite dans le matériel de pêche pendant ces dernières années a consisté dans l'emploi de la vapeur pour la propulsion des bateaux à chalut. On évite ainsi les jours de chômage dus à l'absence de vent et on peut pêcher dans les grands fonds où la voile serait impuissante à vaincre la résistance du filet. Un grand nombre de chalutiers à vapeur ont été construits depuis quelques années en Angleterre et quelques-uns en France : les Forges et Chantiers de la Méditerranée exposaient le modèle de l'*Elisabeth*, construite en 1881 dans le chantier de Gravelle, pour le port de Dieppe.

Les dimensions principales de ce bateau, qui peut être considéré comme un excellent type de chalutier à vapeur, sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.. .	21 ^m 50
Largeur.	5.50
Creux sur quille.. . . .	2.80
Tirant d'eau moyen.. . . .	1.90

L'appareil moteur, du type compound, à condensation par surface, est d'une force de 100 chevaux indiqués : les cylindres ont pour diamètres 0^m,36 et 0^m,58 respectivement, avec une course de 0^m,30.

La chaudière, cylindrique, à retour de flamme, est timbrée à 5 kilogrammes ; elle a 33 mètres carrés de surface de chauffe.

Aux essais, la vitesse a été de 9 nœuds, et la consommation de 823 grammes par cheval et par heure.

Un second bateau du même type, nommé *Pauline*, a été construit en 1882 pour le même armateur.

V. — NAVIRES à VOILES

Comme nous l'avons remarqué au début de cette étude, la construction des navires en bois à voiles a presque entièrement disparu. On en fait encore dans les pays du Nord, en Norvège et au Canada, où le fer est rare et le bois abondant, on en fait aussi pour la pêche de Terre-Neuve et d'Islande, où le même type se perpétue comme nous le disions dans le chapitre précédent. Mais depuis longtemps le fer, puis l'acier se sont peu à peu substitués au bois et comme conséquence les dimensions des navires ont considérablement augmenté. On ne compte pas aujourd'hui moins de 190 voiliers dont le tonnage dépasse 2 000 tonneaux, et dans ce nombre 35 environ dépassent 2 300 tonneaux. Une dizaine de ces derniers ont un tonnage excédant 3 000 tonnes, et fait digne de remarque, dans ce nombre il en est deux en bois.

Ils se nomment le *Rappahanock* et *Shenandoah* ; ils ont été construits en 1890, sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas, à Bath (Maine), par MM. A. Sewall & C^o, qui en sont armateurs : ce sont les plus grands navires en bois qui aient jamais été construits. Le *Rappahanock*, lancé le 6 janvier 1890, a les dimensions principales suivantes :

Longueur entre perpendiculaires.. .	87 ^m 45
Largeur.	14.85
Creux.	8.72
Tonnage { brut.	3.185
net	3.054

Il est gréé en quatre mâts ; le diamètre à la base des mâts est de 0^m,96, et sa voilure comporte 11 883 mètres de toile : ces chiffres suffiront à donner une idée de l'importance de ce navire.

Le *Shenandoah*, lancé en décembre 1890, est un peu plus grand encore ;

Longueur entre perpendiculaires.. .	88 ^m 15
Largeur	14.90
Creux.	8.80
Tonnage { brut.	»
net	3.258

Ces dimensions, tout à fait anormales pour des navires en bois, ont encore été dépassées dans la construction des voiliers en fer et en acier, comme on le verra par le tableau ci-après qui donne, d'après le Répertoire général du Bureau Veritas, la liste des voiliers dépassant 3 000 tonnes de jauge au 1^{er} janvier 1891

NOMS DES NAVIRES	TONNAGE		Longueur	Largeur	Creux	CONSTRUCTEURS	Années de construction	ARMATEURS	PORT D'ARMEMENT
	brut	net							
Palgrave.	3187	3078	98.05	14.95	7.72	W. Hamilton et C ^o . .	1884	W. Hamilton et C ^o . .	Glasgow
Sindia	3068	2929	100.10	13.75	8.10	Harland et Wolff (Bel- fast)	1887	T. et J. Brocklebank	Liverpool
Holkar.	3073	2960	100.10	13.75	8.10	Id.	1888	Id.	Id.
Alice A Leigh.	3003	2929	92.00	14.00	7.66	Whitehaven Shipbuil- ding C ^o	1889	J. Joyce et C ^o	Id.
Liverpool	3400	3330	101.30	14.56	8.05	Russell et C ^o (Port Glasgow).	1889	R. W. Leyland et C ^o .	Id.
Dunkerque.. . . .	3152	3094	100.50	14.10	7.62	Id.	1889	Ant. Dom. Bordes et C ^o	Dunkerque
Nord.	3163	3070	96.10	14.10	7.26	Id.	1889	Id.	Id.
France	3800	3700	109.45	14.80	7.90	D. W. Henderson et C ^o	1890	Id.	Id.
Rappahanock.	3185	3054	87.45	14.85	8.72	A. Sewall et C ^o	1890	A. Sewall et C ^o . . .	Bath (Maine)
Shenandoah.	»	3258	88.15	14.90	8.80	A. Sewall et C ^o	1890	Id.	Id.

On voit par ce tableau que le plus grand voilier du monde appartient à une maison française, MM. Ant. Dom. Bordes et C^{ie}, qui possèdent actuellement plus de trente navires à voiles d'une jauge totale de près de 45000 tonnes, et d'une portée de 70000 tonnes en marchandises.

MM. Bordes ont pris, sur les quatre derniers navires qu'ils ont fait construire, une initiative hardie et intelligente, qui a produit les meilleurs résultats : en plus du double fond qui règne de bout en bout et sert de water-ballast, ils ont fait installer dans la partie centrale une immense cale à eau montant jusqu'au deuxième pont, grâce à laquelle le navire peut naviguer dans d'excellentes conditions sans avoir d'autre chargement ou d'autre lest que l'eau de ses compartiments. Le water-ballast ordinaire ne suffirait évidemment pas à assurer à un voilier le tirant d'eau et la stabilité nécessaires, à moins d'avoir un volume anormal qui viendrait en déduction de la capacité des cales. Grâce au système adopté, au contraire, on augmente dans une proportion considérable le poids de lest liquide que le navire peut recevoir, et cette grande cale centrale, une fois vide et asséchée, peut être utilisée pour le transport des marchandises : on ne fait donc aucun sacrifice sur le port en lourd du navire.

L'eau du double fond suffit pour tenir le navire droit pendant son séjour dans le port ; la cale étanche n'est remplie que lorsqu'il s'agit de naviguer exclusivement sur lest.

L'expérience de ce système faite sur le *Cap-Horn*, le *Dunkerque*, et le *Nord* a été assez prolongée pour être concluante, et ne laisse aucun doute sur le résultat à attendre de la *France*. Nous empruntons au journal *Le Yacht*, les détails suivants :

« Le *Cap-Horn*, qui était parti d'Angleterre pour Rio-de-Janeiro avec un chargement de charbon, a relevé de ce port pour Valparaiso sans avoir autre chose que son lest d'eau, et il a doublé le Cap Horn en se comportant beaucoup mieux, — ainsi que nous l'a déclaré son capitaine, M. Voisin, — que s'il avait eu un lest ordinaire. De plus on économise l'achat du lest et les frais d'embarquement et de débarquement, sans compter le temps gagné. C'est ainsi, par exemple, que grâce à cette nouvelle disposition le *Cap-Horn* a pu partir de Rio-de-Janeiro aussitôt après avoir débarqué ses 4500 tonnes de cargaison, tandis que les autres navires ont mis quinze jours à se procurer du lest. En effet, comme la fièvre jaune régnait à Rio à cette époque, le gouvernement Brésilien avait défendu de creuser ou de remuer la terre pour éviter les dégagements de miasmes. Or, les navires se trouvant obligés d'embarquer du lest de pierre, lest difficile à se procurer, quelques-uns ont perdu deux semaines à attendre. »

France

(Planches 68, 69, 70, 71)

Nous donnons, planches 68 à 71 les plans de la *France*, le plus nouveau des navires de la maison Bordes.

Ce magnifique navire a été, comme les précédents, construit sous la surveillance spéciale du Bureau Veritas.

Il a, sur toute sa longueur, deux ponts entièrement bordés de tôle d'acier, au-dessous desquels s'étendent de vastes cales pouvant contenir plus de 6000 tonnes de marchandises. Dans la partie centrale le deuxième pont forme le plafond de la cale à eau, limitée par deux cloisons étanches distantes de 15^m,60. Cette cale a 5^m,40 de profondeur, et une capacité totale de 1 200 tonnes. Elle est divisée en quatre parties par une cloison longitudinale et une cloison transversale. Un troisième pont, également étanche, existe dans cette cale, et permet de n'en remplir, si l'on veut, que la moitié inférieure. On dispose donc, en réalité, de huit compartiments étanches permettant de modifier à volonté l'assiette et le tirant d'eau du navire. Les pompes qui servent à vider ces compartiments sont établies dans un puits rectangulaire placé au centre, et dans lequel passe un mât.

Le trait le plus caractéristique de ce navire consiste dans sa mâture : en raison de sa grande longueur (114^m,60 de tête en tête), on a dû le munir de cinq mâts, tandis que tous les autres grands voiliers en ont quatre.

Les mâts et les vergues sont en acier. Le beaupré est d'une seule pièce et mesure 13^m,70 de longueur sans compter la fusée et la partie en dedans de l'étrave; son plus grand diamètre est de 0^m,76.

Les quatre mâts principaux, qui portent des voiles carrées, sont d'une seule pièce jusqu'aux barres de perroquet. Les mâts de perroquet sont également en acier, et la hauteur totale de l'emplature à la pomme de mât, est de 59 mètres environ. Le diamètre des bas mâts est de 76 centimètres au pont, 44 centimètres à la tête, celui des mâts de perroquet est de 40 centimètres au pied, 28 centimètres au capelage de cacatois.

Le mât d'artimon, qui porte une brigantine et des voiles de flèches est d'une seule pièce, il a 43 mètres de longueur totale.

Ces dimensions de mâts, qui paraissent énormes à première vue, n'ont rien d'exagéré si on les compare à celles des anciens vaisseaux, dont la mâture atteignait une hauteur de 72 mètres : c'est évidemment là un avantage au point de vue de stabilité, et la surface de voilure n'y perd rien, puisqu'elle est répartie sur cinq mâts au lieu de trois. De plus les vergues ont une grande longueur : les basses vergues ont en nombres ronds 25 mètres; les vergues de hunes 23^m,50; les

vergues de perroquet 19^m,50 et 18^m,10, (les perroquets sont doubles, comme les huniers) : les vergues de cacatois 14^m,30. Le gui a 14 mètres de long et la corne de brigantine 12^m,50.

L'exemple de MM. Ant. Dom. Bordes et C^{ie} n'a pas tardé à être suivi : un autre navire de dimensions à peu près pareilles à la *France* est actuellement en construction à Port-Glasgow pour une importante maison de Brême. Il sera muni d'une machine auxiliaire actionnant une hélice, pour faciliter les manœuvres d'atterrissage et permettre au navire de marcher en calme : avec ce secours facultatif, avec les appareils à vapeur dont tous les grands voiliers sont déjà munis pour le chargement et le déchargement des marchandises, la marine à voiles entre dans une phase nouvelle où elle pourra lutter avec avantage, dans bien des cas, contre la marine à vapeur. En effet, pour de nombreuses catégories de marchandises, la rapidité du transport n'est pas nécessaire ; le principal but à atteindre est d'effectuer les transports aussi économiquement que possible, et de porter le plus grand poids de marchandises compatible avec la grandeur du navire : les voiliers ont à ce point de vue une grande supériorité, puisqu'on peut disposer du poids que prendraient les machines, et puisqu'on économise à la fois le charbon et le personnel mécanicien. Ce qui faisait jusqu'ici l'infériorité des voiliers, c'est qu'ils perdaient un temps précieux à se faire remorquer pour entrer dans les ports ou en sortir, à charger ou à décharger leur cargaison à bras d'hommes, etc. Ces inconvénients disparaîtront peu à peu avec les perfectionnements que nous venons d'indiquer ; il ne faut donc pas s'étonner que de nombreux armateurs accentuent la réaction qui commence à se produire en faveur de la navigation à voiles, et il est permis de penser qu'on ne s'arrêtera pas là. La marine à voiles transformée par les progrès modernes, reprendra sans doute quelque jour l'importance qu'elle avait il y a un demi-siècle et que la vapeur lui a fait perdre si rapidement.

DES PROCÉDÉS D'ÉTUDE

EMPLOYÉS PAR LES

Missions d'Explorations Sous-Océaniques

ET DE LA

TECHNIQUE DES PÊCHERIES MARINES

Représentées à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

Georges ROCHÉ

DOCTEUR ÈS-SCIENCES

Introduction

Il y a trente ans de cela à peine. Le câble télégraphique reliant Bône et Cagliari étant venu à se rompre, des fragments en furent soumis à l'examen de M. A. Milne-Edwards qui reconnut que sur ce câble, immergé à plus de deux mille mètres, avaient vécu fixés ou rampants de nombreux animaux (1).

Déjà en 1860, Wallich, à bord du *Bull-dog*, navire chargé des études sur le tracé d'un câble transatlantique, avait fait quelques observations sur la présence de la vie à des profondeurs analogues, mais elles étaient trop peu précises pour entraîner la conviction; et à cette époque, il était à peu près universellement admis sur la foi des travaux de Forbes, qu'à 500 mètres de profondeur on atteignait le zéro de la vie organique, sans plus tenir compte des assertions de Wallich que de celles de Ross qui avait, en 1818, au cours des sondages exécutés dans la mer de Baffin, rapporté, avec des parcelles du substratum, quelques échantillons d'animaux. Telle était la force des préjugés que plutôt que de se rendre

1. M. MILNE-EDWARDS, *Observations sur l'existence des Mollusques, et Zoophytes, à une très grande profondeur, dans la Méditerranée*. — (Annales des Sciences naturelles. — Zoologie. — 1861, t. XV, p. 149.)

à l'évidence des faits on préférerait imaginer les hypothèses les plus compliquées pour expliquer la présence de ces êtres en des régions où la théorie ne leur permettait pas de vivre.

L'observation consciencieuse de M. A. Milne-Edwards détruisant d'un seul coup les errements alors en faveur, rencontra bien quelques détracteurs, il est vrai, mais fut le point de départ de recherches savantes et soutenues de la part d'hommes illustres. C'est de cette époque et de cette observation que datent vraiment tous les travaux et toutes les recherches *méthodiques* sur l'Océan dans ses rapports avec les êtres qui l'habitent et aussi sur l'Océan lui-même, sur la salure de ces eaux, la nature et l'origine de ses courants, son action sur les continents, la formation des dépôts sous-marins, etc.

Toutes les nations tinrent à honneur de contribuer dans la mesure de leurs moyens et de leur esprit scientifique au développement des connaissances sur cet élément si puissant dans les phénomènes auxquels il donne lieu, si étrange dans la manifestation même de sa force : la mer (¹). Dès lors fut créée l'océanographie, science exacte, science précise, qui nous paraît déjà ancienne aujourd'hui tant les travaux se sont multipliés à son sujet et tant sont attrayants les problèmes qu'elle pose à l'esprit du chercheur, qu'il soit marin ou biologiste.

De toutes parts on vit s'organiser les voyages d'explorations marines. Ce ne furent plus comme autre temps de Cook, de La Pérouse ou de Bougainville, de grandes tournées de circumnavigation dans lesquelles on avait surtout en vue la recherche de terres inconnues pour y planter un pavillon national ou l'étude des routes marines les plus favorables à la navigation. Ce fut l'attrait de la connaissance de l'Océan en lui-même et pour lui-même aussi bien que pour les avantages pratiques pouvant résulter de cette science qui fit armer aux nations les navires de leur flotte de guerre.

Assez tard, cependant, la France se décida à entrer dans la même voie que les autres pays ; mais elle confia le succès de la mission à l'homme même qui avait été le promoteur des recherches de l'universalité des savants et ce fut M. le Professeur A. Milne-Edwards qui fut chargé de la direction des premiers dragages exécutés officiellement sous notre pavillon à bord de l'avis « *Le Travailleur* » (1880) (¹).

1. *Le Coast and Geodetic Survey* organisa la première expédition, avec le *Corwin*, en 1867. En 1868, eut lieu, sous les mêmes auspices, celle du *Bibb*; toutes deux furent dirigées par Louis Agassiz et les recherches zoologiques y furent alliées aux observations hydrographiques. A ces deux campagnes, succédèrent celles du *Hassler* (1871-1872).

Depuis cette époque, les Américains continuèrent leurs intéressants et utiles travaux sous la direction d'Alexandre Agassiz, avec le *Blake*; puis avec le *Fish Hawk* et l'*Albatross*, étudiant plus spécialement les relations existant entre la physique marine et la biologie des êtres qui intéressent l'industrie des pêcheries.

Dans un but de recherches scientifiques pures, l'Amirauté anglaise mit à la disposition du docteur Carpenter et de Wyville Thomson la canonnière le *Lightning*. En 1869, *Gwyn-Jeffreys* dirigea la campagne du *Porcupine*, que continua sur le même navire du docteur Carpenter.

En 1870-71, nouvelles explorations du *Porcupine*; enfin, fut organisée la mémorable expédition

Les résultats presque inespérés de la première campagne en firent décider une seconde (1881), à laquelle en succéda une autre (1882). Enfin une expédition eut lieu en 1883 à bord de l'éclaireur d'escadre « *Le Talisman* » et ce fut la dernière malheureusement, car en dépit des merveilles rapportées par nos explorations françaises on ne peut que soupçonner le plan des recherches à venir.

Ce sont les produits de ces dragages scientifiques que nous avons pu voir à l'Exposition universelle internationale de 1889. Mais en dehors du haut intérêt philosophique que comportent de pareilles recherches, il est bon de se rappeler aussi qu'elles ont donné lieu à toute une série d'études au point de vue des appareils de physique et de topographie marines.

Peut-être certaines missions étrangères ont-elle abordé plus de questions, mais par cela même elles sont toujours restées assez superficielles dans leurs deductions. Nos missions demeureront le modèle de ce genre de travaux, encore qu'elles ne soient préoccupées que secondairement de l'Océanographie physique proprement dite. Elles font aussi le plus grand honneur aux savants qui y ont pris part, particulièrement à M. le Professeur A. Milne-Edwards l'éminent maître qui les a dirigées avec une si grande autorité et dont la carrière scientifique lourdement chargée s'est ainsi enrichie d'un nouveau titre de gloire.

Comme nous le verrons dans la suite de cette étude et pour me servir de l'expression d'un homme éminent, fort versé dans ce genre d'études, l'océanographie est la géologie du présent, comme la géologie est l'océanographie du passé. » (1). De sa connaissance exacte doit résulter pour nous la connaissance exacte aussi, de l'histoire du globe. Elle est d'autre part le meilleur moyen peut être, d'étudier les infinies transistions des espèces de la faune dans leurs rapports avec des conditions biologiques dont notre esprit n'a pu jusqu'ici se faire une idée nette.

Mais enfin, elle comporte un résultat pratique immédiat ; car elle se relie intimement à l'industrie scientifique de la pêche.

Les gros animaux vivent aux dépens des petits, c'est la loi générale de nature. La distribution géographique et bathymétrique des uns, règle donc celle des autres. Et comme sur terre, tous les phénomènes s'enchaînent, cette vie des êtres marins dépend des conditions de milieu et des réactions incessantes auxquelles est soumis le monde physique et minéral qui les environne. Or, de la connaissance précise des relations exactes de tous ces facteurs dépend, en France seulement, la vie de 85 000 marins.

du *Challenger* (7 décembre 1872 au 24 mai 1876) à laquelle sont à jamais attachés les noms de Wyville Thomson, Thomas Maclear, Willmoes Suhm, Murray, Moseley, Buchanan.

En 1875, l'*Albert* et le *Discovery*, partant pour une expédition dans les mers polaires, furent accompagnées par la frégate *Valorous*, sur laquelle fut embarqué *Gwyn-Jeffreys*.

L'Allemagne envoya dans la Baltique la *Pomerania*.

La Norvège organisa trois expéditions avec le *Voringen*.

De plus, il fut institué de divers côtés de considérables établissements d'études océanographiques en Amérique, en Écosse, en Norvège, en Allemagne, etc.

1. J. Thoulet, *Rev. gén. des s. p. et appl.*, 22^e année, n° 10. p. 327.

Au cours de ce travail je ne m'occuperai que des procédés mis en œuvre dans les campagnes d'explorations sous-marines françaises, et dans celles du yacht « l'*Hirondelle* » au prince Albert de Monaco, dont les résultats scientifiques ont été présentés à l'Exposition universelle internationale de 1889.

Cependant je crois bon de mettre en regard des installations et des appareils adoptés par ces expéditions, ceux qui ont été employés par les nations étrangères et ceux qui ont été publiés dans ces dernières années.

Du reste cette étude n'affecte pas une allure didactique, ayant pour but de faire connaître une instrumentation hors ligne et d'invention récente, et non pas de rendre un compte exact des bénéfices que la science a retirés de l'application de ces procédés.

Je crois devoir séparer dans ce travail, qui constitue à proprement parler une suite de monographies d'appareils, l'outillage des expéditions du *Travailleur* et du *Talisman* et celui de l'*Hirondelle*.

Les premières campagnes sont antérieures à celles du prince Albert de Monaco, d'abord ; puis, ce savant perfectionna tout particulièrement les appareils d'études marines et fit au Champ de Mars une exposition toute spéciale de ses très ingénieux engins de pêche, de sondage, d'océanographie.

Enfin je terminerai cette étude par l'examen des procédés techniques des grandes pêches dont les produits étaient représentés à l'Exposition, me bornant du reste, à une récapitulation rapide de ces procédés, rappelant ce que sont, à l'heure actuelle, les pêcheries étrangères au point de vue de leur outillage et de sa manœuvre, et mettant en regard les travaux pratiques de nos laboratoires aquicoles.

Je ne saurais espérer cependant avoir fait, sous une forme aussi sommaire, un travail qui ne présente pas de lacunes. Sans parler des considérations de biologie, de physique etc., sur lesquelles je n'ai pas voulu, de parti pris, m'étendre longuement, et dans lesquelles je ne suis entré que pour expliquer l'origine des diverses inventions, je ne saurais avoir la prétention d'avoir été complet en ce qui concerne l'instrumentation elle-même.

Cependant je tiens à rappeler que chaque fois que je l'ai pu faire, j'ai cité les descriptions des auteurs ou des expérimentateurs préférablement à celles que j'eusse pu donner moi-même et que j'ai fourni des indications bibliographiques aussi précises que possibles.

Les manifestations de la vie sur le sol sous-marin.

Lorsque l'on a la bonne fortune de suivre une campagne de pêche à des profondeurs d'une centaine de mètres, il est parmi beaucoup de choses intéres-

santes et de satisfactions scientifiques, un spectacle curieux auquel on peut assister.

Dès que, remontant du sol sous-marin, le chalut affleure au-dessus des eaux, la plus grande partie de la poche du filet flotte, soulevée par les nombreux poissons qu'elle renferme et dont la vessie natatoire dilatée par cette brusque dépression de dix atmosphères repousse l'estomac qui fait hernie au dehors de la gueule.

Ces êtres sont donc ramenés morts à bord du navire et lorsqu'on les examine avec quelque soin, on voit que leurs écailles se détachent avec une grande facilité (1) et que les yeux proéminent au dehors des orbites comme s'ils s'en voulaient détacher.

C'est qu'il s'est fait une révolution profonde dans les conditions biologiques spéciales de ces animaux, mais combien sont plus étranges encore celles où se trouvent les êtres que nous ont fait connaître les grands voyages d'explorations comme ceux du *Travailleur* et du *Talisman*.

Dans des plaines et des vallées sous-marines, règne avec une température rigoureusement uniforme, le calme le plus absolu. La lumière n'y peut laisser pénétrer aucun rayon, la pression y est gigantesque. Et cependant, sous cette pression de 400 à 800 atmosphères parfois, vont, viennent, vivent et se reproduisent de nombreuses espèces zoologiques.

Bien qu'on ne puisse affirmer, les instruments de pêche étant encore trop peu parfaits, que les poissons recueillis dans les campagnes marines, ont été récoltés sur le sol sous-marin même, on a pu se rendre compte dans une certaine mesure des modifications que l'augmentation de la pression amenait dans la structure de ces êtres, dans la constitution de leurs appareils de soutien ou de mouvement, telle que la réduction histique de leurs systèmes osseux et musculaire, et quelquefois l'absence complète de vessie natatoire (2).

A côté de ces modifications dues à l'influence de la pression, il en est d'autres qui sont dues à la grande difficulté que les animaux éprouvent dans la recherche de leur nourriture. C'est ainsi que, chez beaucoup d'entre eux, la bouche devient absolument énorme, alors que, chez d'autres de longs tentacules filamenteux leur permettent de compenser par une sensibilité tactile exquise les difficultés qu'ils rencontrent à chercher leur pâture.

Si les poissons des abîmes sont le plus souvent de couleurs ternes, grise ou noire, il est assez singulier de constater que la plupart des autres animaux sont assez vivement colorés, souvent des nuances les plus délicates : violet pâle ou rose et pourvus d'éclats chatoyants ou perlés.

Certains crustacés de forme étrange semblent uniquement constitués par des membres très déliés, le corps étant excessivement réduit. Les mollusques eux, en

1. Chez les poissons, les écailles sont dermiques, et non pas épidermiques, comme chez les reptiles.

2. Il est des modifications morphologiques encore tenant aux variations de la nature du sol.

dépôt de la délicatesse des ornements de leur coquille, présentent des tissus plus mous — plus aqueux si je puis m'exprimer ainsi — que leurs congénères du plateau continental.

On a tenté expérimentalement de reproduire les conditions dans lesquelles se trouvent les animaux des grands fonds et d'y soumettre un certain nombre d'individus (1) et l'on a vu, qu'en ce qui concerne les poissons, ceux-ci pouvaient être graduellement soumis à une pression de 300 atmosphères; cette limite dépassée, ils mouraient.

Il y a donc une limite qu'on ne peut faire franchir aux espèces côtières et que dans l'infini des temps et graduellement ont dépassé les animaux qui vivent à l'heure actuelle dans les grands fonds.

La nourriture de ces êtres diffère de celle des animaux de rivages, car si ceux-ci peuvent employer à leur nutrition les végétaux marins, les animaux des grands fonds ne peuvent être que carnassiers. Il est vrai que dans la « *Plankton expedition* » les savants recueillirent de nombreux exemplaires d'une algue minuscule l'*Holosphæra viridis* (2), il est vrai aussi que des travaux récents viennent de montrer que la matière organique se peut former sans chlorophylle ni lumière (3), mais ce ne sont là que des observations dont on n'a pu tirer toutes les déductions, et l'on doit encore, jusqu'à complément d'informations réserver son opinion sur la présence de végétaux aux grandes profondeurs.

Les animaux des abysses sont donc exclusivement carnassiers; mais dans la nuit profonde et le silence de mort des abîmes, comment peuvent-ils pourvoir à leur subsistance?

Et d'abord cette obscurité absolue existe-t-elle?

J'ai dit plus haut que la plupart des animaux de cette zone étaient nuancés des couleurs les plus délicates, alors que parmi eux devaient circuler, vêtus de taffetas moiré, les poissons aux teintes sombres.

Il est rare au demeurant de rencontrer à ce niveau des individus aveugles, encore est-il admis que ces êtres ont leur habitat dans le limon ou dans des excavations en communication avec les lieux explorés par les dragues des naturalistes (4).

Fuchs admettait qu'il y avait deux faunes distinctes dans les mers: la faune de la lumière et la faune de l'obscurité; celle du littoral, celle de l'abîme.

Mais ce fut un sujet d'étonnement il y a quelques années, que de constater que tous les êtres ramenés par la drague des abîmes océaniques étaient poarvus

1. P. REGNARD, *les Conditions de la vie dans les profondeurs de l'Océan*, 1881. — Rev. scientifi., t. XXXIII, p. 404, et la *Vie sous les eaux*. — Paris, 1891, Masson, édit.

2. Dans le *Plankton-Expedition*, l'*Holosphæra viridis* a été récoltée à plus de 2 000 mètres

3. Docteur L. OLIVIER, *la Synthèse de la matière organique sans chlorophylle ni lumière*. — Rev. génér. des Sc.-pures et appl., n° du 30 mai 1893.

4. G. POUCHET, *Sur les Photographies stellaires et les Animaux aveugles des eaux profondes*. — Compte rendu de la Soc. de Biolog., 29 octobre 1887.

d'appareils oculaires parfaitement conformés. Il ne pouvait y avoir nul doute à ce sujet, ces animaux recevaient à ces profondeurs des impressions lumineuses.

Une loi très générale de biologie veut que tout appareil organique qui cesse de fonctionner s'atrophie et de fait, pour ne parler que des seuls organes de la vision, on peut constater que les animaux des cavernes sont aveugles et que, dans des conditions moins spéciales, certains êtres, vivant enfouis dans la vase des rivages, ont perdu également leurs appareils visuels. J'écris : *ont perdu*, car les plus proches parents de ces individus dans la série zoologique, menant un genre de vie différent, ont leurs organes sensoriels parfaitement intacts ; il est de toute évidence que les ancêtres de ces animaux vasicoles placés dans d'autres conditions voyaient parfaitement clair (ainsi qu'il ressort des considérations anatomiques.)

Les animaux des grands fonds ont donc une vision nette. Mais les rayons artistiques de la lumière ne pénètrent pas au-delà de 350 ou 400 mètres ainsi que l'ont prouvé MM. Fol et Ed. Sarrasin ⁽¹⁾ ; ces êtres ne peuvent donc être influencés par les rayons transmis de la lumière solaire, à travers la masse des eaux océaniques.

Ici, entre en jeu un phénomène vital très remarquable et qui n'est étudié que depuis une période relativement courte (D^r R. Dubois). Je veux parler du phénomène de la phosphorescence.

Sans vouloir rappeler la nature de ces franges lumineuses que laisse un navire dans son sillage ou qui couronnent la côte des vagues, et qu'on rapporte généralement à l'action d'animalcules microscopiques, les noctiluques, etc. ; sans parler de cette phosphorescence des ports où la vase est imprégnée de débris organiques en décomposition, je me bornerai à l'examen des quelques hôtes du sol sous-marin.

Si l'on prend un individu de ces élégants polypiers qu'on appelle Pennatules ou Vérétilles, dont les pêcheurs du golfe de Gascogne ramènent d'assez grandes quantités dans leurs chaluts, et qu'on vienne à les mettre dans l'obscurité, on constate qu'ils jettent des lueurs vertes très intenses illuminant d'un éclat étrange les franges délicates de leurs colonies.

Or, ce sont là des animaux côtiers vivant déjà à une profondeur de quarante brasses ; mais les naturalistes du « *Travailleur* » purent faire des remarques analogues sur des Gorgones ramenées des plus grands fonds explorés.

Il y a donc une luminosité dans les abîmes. Quelle est son intensité ? C'est ce que l'expérimentation seule pourra nous dire. Cependant M. de Folin a donné dans un ouvrage consacré aux expéditions du *Travailleur* et du *Talisman* dont il faisait partie, une très jolie description de la phosphorescence des gor-

1. H. FOL et SARRASIN, *Pénétration de la Lumière du jour dans les eaux du lac de Genève et de la Méditerranée*. — Mémoire de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, t. XXIX, n° 13, 1887.

gones recueillies qui n'est pas été sans nous causer un curieux sentiment de merveilleux (1).

Dans l'obscurité d'un laboratoire où ces animaux furent transportés et dont les lumières furent éteintes : « Nous eûmes sous les yeux dit-il, le plus merveilleux spectacle qu'il soit donné à l'homme d'admirer. De tous les points des tiges principales et des branches du Polypier s'élançaient par jets des faisceaux de feux dont les éclats s'atténuaient, puis se ravivaient pour passer du violet au pourpre, du rouge à l'orangé, du bleuâtre à différents tons du vert, parfois au blanc du fer surchauffé. Cependant la couleur bien dominante était sensiblement la verte ; les autres n'apparaissaient que par éclairs et se fondaient rapidement avec elle. Si pour aider à se rendre quelque peu compte de ce qui nous charmait, je dis que tout ceci était bien autrement beau que toutes les plus belles pièces d'artifice, on n'aura qu'une faible idée de l'effet produit. »

Aussi bien avec la vie, qui s'éteignit peu à peu, disparurent ces magnifiques phénomènes lumineux d'une telle intensité qu'à plus de six mètres il était possible de lire, comme en plein jour, des caractères d'imprimerie et qu'auprès d'eux semblaient s'éteindre les lueurs des fanaux de combat. Il ne resta bientôt plus qu'une arborisation calcaire que recouvrait une mince couche gélatineuse : le sarcosome, la substance même de l'animal, morte maintenant.

Est-ce à dire que partout les fonds soient pourvus d'une pareille intensité de lumière ? (2) Evidemment non.

Néanmoins quelle étrange sensation n'éprouvons-nous pas à nous figurer le spectacle de ces anfractuosités sous-marines, peuplées d'animaux radieux aux formes étranges et où, comme des arbustes embrasés, se dressent sur leur hampe des milliers de gorgoniens.

A cette lumière étincelante ne s'ajoute-t-il pas la lueur du monde infini des êtres monocellulaires, de ces Bactéries qui recouvrent les fonds de nos océans, qui grouillent dans la masse des eaux comme sur terre elles imprègnent les moindres particules de notre atmosphère, la substance même de notre sol et des êtres qui le recouvrent.

Mais ce n'est pas tout encore. Dans ces grands fonds vivent de nombreux crustacés dont quelques-uns sont pourvus en arrière de leurs organes oculaires de foyers lumineux, sorte d'appareils à projection qui leur servent à éclairer leur route. Ce dispositif, nous le retrouvons chez un certain nombre de poissons qui peuplent la masse des eaux, et nous voyons que, soit en bénéficiant de la phosphorescence des êtres avec lesquels ils vivent, soit en jouissant eux-mêmes de foyers lumineux (telles les lanternes d'une locomotive) les animaux des abysses peuvent se diriger dans leurs évolutions sous-marines.

1. Marquis de FOLIN. *Sous les Mers*. J-B. Ballière édit. Paris.

2. C. POUCHET, *Sur les conditions de la vie dans les grands fonds*. — *Compte rendus des séances du Congrès international de Zoologie*. — Paris, 1889.

A ces phénomènes lumineux, fonctions de la vie des individus océaniques, je dois ajouter aussi que la décomposition des matières organiques au fond des eaux, doit à son tour donner quelque lumière ; dès lors, les débris organisés tombant en une pluie continue à travers la masse liquide de la surface des mers et venant s'entasser sur le sol, donneront à celui-ci en des régions relativement peu profondes, une phosphorescence légère éclairant d'une faible lueur la nuit éternelle de l'abîme (*).

Aussi bien, cette phosphorescence individuelle des êtres abyssaux suppléant à l'absence de la lumière naturelle, subordonnée à leurs phénomènes vitaux et même à leur volonté, est une propriété conquise par eux dans l'infini des temps durant lequel s'est déroulée l'histoire du monde minéral et organique à la surface de notre globe. Les uns s'en servent pour éclairer leur route, les autres immuables et fixes s'en servent pour attirer vers eux les individus de moindre taille qui forment leur nourriture. Dans un cas comme dans l'autre, l'impérieuse nécessité de la lutte pour l'existence a été l'origine de l'évolution des appareils, car si le sol sous-marin est l'ossuaire du monde pélagique, c'est aussi dans son jour indécis et sépulcral, le théâtre des luttes de nombreux individus, que les grands voyages d'exploration français et étrangers, nous ont appris à connaître et nous ont incité à étudier.

Toutes les espèces zoologiques, qu'elles soient abyssales ou pélagiques, dérivent originairement d'espèces côtières. Par quel curieux et formidable concours de circonstances des animaux qui vivaient fixés aux roches des rivages ou nageant dans les anses que la mer remplissait à marée haute, sont-ils arrivés à s'acclimater à la vie libre du large ou aux pressions gigantesques des abîmes ? C'est ce que l'avenir réserve aux sciences naturelles, à la fois précises et philosophiques, doit nous dire.

On sait aujourd'hui — et bien que ces faits soient universellement admis, leur découverte n'est pas encore bien ancienne — que toutes les espèces dont les individus adultes sont fixées présentent au moins une phase, dans l'histoire de leur développement, où leurs larves sont libres. On en conclut ainsi vraisemblablement à l'origine des animaux pélagiques (*). On doit admettre, d'autre part que, petit à petit des espèces littorales se sont acclimatées peu à peu à vivre sous les eaux, ont gagné insensiblement le fond des mers, émigrant des rivages vers le sol sous-marin du plateau continental, puis atteignant les zones abyssales.

1. Les plaques de gélatino-bromure, immergées à 600 mètres, n'ont montré aucune trace de voile; mais il est démontré (WOLF, *Sur la comparaison des résultats de l'observation astronomique directe avec l'inscription photographique*. Compte rendu Ac. des Sc., 1^{er} mars 1886), que des rayons lumineux peuvent impressionner notre nerf optique, et laisser intactes les plaques sensibles employées à la photographie des corps célestes. A plus forte raison, les appareils visuels des animaux, organisés pour vivre dans les grands fonds, doivent-ils jouir d'une sensibilité exquise, et dont nos instruments les plus délicats ne peuvent donner une idée.

2. VIGUIER, *les Animaux pélagiques*. — Revue gén. des Sc. pures et appliquées.

Quoi qu'il en soit, les animaux récoltés dans les grands voyages d'exploration ont réservé bien des surprises aux anatomistes et l'on a pu observer un peu dans tous les groupes zoologiques les modifications apportées dans les organismes par des conditions biologiques auxquelles ils ne paraissaient pas avoir été primitivement destinés.

Des travaux de M. le Professeur Edm. Perrier, sur les étoiles de mer du Golfe de Mexique, et de ceux d'Eilhard Schultze et Gwyn Jeffreys sur les éponges vitreuses et les mollusques, il résulte que *plus la profondeur augmente, plus les conditions deviennent défavorables à la vie* (1). A mesure qu'augmente la profondeur diminue le nombre des espèces et le nombre des individus de chaque espèce.

Mais quelle origine, en définitive devons-nous, attribuer à ces êtres des abîmes.

Louis Agassiz admettant une hypothèse géologique comme principe, à savoir que les remaniements de l'écorce terrestre ne s'étaient fait sentir dans la suite des âges qu'aux masses continentales, disait que les espèces abyssales immuables comme les grands fonds océaniques mêmes, n'avaient pas varié dans la suite des temps. Et de fait il ne désespérait pas de rencontrer dans les abîmes des êtres analogues aux trilobites et aux animaux des périodes primaires.

Gwyn Jeffreys et Wyville Thomson ont au contraire fait jouer à la température le principal rôle dans la distribution des animaux des profondeurs.

Ni l'une ni l'autre de ces hypothèses n'est du reste vérifiable, d'abord les animaux des abysses ne présentent aucune parenté avec ceux des terrains primaires; et cependant à des profondeurs relativement peu considérables par rapport aux abysses il a été trouvée une faune analogue — analogue seulement — à celle de la période crétacée, quoique mêlée de représentants de la faune contemporaine.

D'autre part, des observations des savants les plus éminents il paraît résulter que la région centrale de l'Atlantique est restée submergée depuis la période secondaire, que le travail continu et colossal des eaux n'y fait qu'accumuler des dépôts analogues à ceux de la période crétacée et que la faune qui varie sur la côte resterait identique dans les profondeurs si des émigrations d'êtres provenant des rivages ne venaient en altérer l'homogénéité et le cachet d'origine.

La déduction que notre esprit doit tirer de ces conclusions (basées sur des observations précises et répétées) est que les abîmes océaniques ne sont peuplés que depuis la période secondaire.

Quant à l'hypothèse que la température joue un rôle prépondérant dans la distribution de la vie sous les eaux basée sur la présence aux grandes profondeurs d'animaux vivant aussi dans les fjords norvégiens ou dans les parages arctiques à peu de distance de la surface des mers, elle ne se peut soutenir en présence de ce fait que des espèces qui vivent à la température de 1° sur le substratum de

1. Ed. PERRIER, *les Explorations sous-marines*, Paris, Hachette édit., 1891, p. 339.

l'Atlantique, se trouvent également sur le sol sous-méditerranéen où la température est voisine de 13 degrés.

Je ne puis que me borner ici à citer hâtivement les problèmes que la faune profonde a posés au monde scientifique, n'insistant pas sur les modifications de morphologie externe et interne que la vie dans les grands fonds a provoquées chez les individus qui ont émigré vers les abîmes des rivages qui en forment la ceinture.

Mais puisqu'il vient de m'être donné d'envisager quelques instants les animaux qui peuplent la masse des eaux jetons un coup d'œil maintenant sur le sol sous-marin dans ses relations avec ces animaux.

Agassiz raconte dans les Mémoires de l'exploration du *Blake* qu'en draguant à dix ou quinze milles de terre et à plus de deux mille mètres de profondeur sous le vent des Antilles, il ramena dans la poche de la drague des feuilles mêlées à des annélides, des crustacés, des débris de coquilles terrestres, des éponges. Parmi ces éléments disparates, les uns avaient vécu sur place et les autres, entraînés par quelque coup de vent, avaient été précipités à la mer au niveau du point de dragage.

Que nous supposions maintenant que dans la succession des phénomènes lents de l'évolution du globe, cette partie du bassin océanique vint à émerger à la surface des flots, alors que les continents s'affaîsseraient autour de lui, on peut se demander quelle serait l'opinion d'un paléontologiste de l'avenir sur la nature du sédiment qui serait ainsi offerts à son analyse. Sans aucun doute, il le rapporterait à un dépôt de lagune entourée de forêt et de faible profondeur, et pourtant cette masse aurait été formée à trois mille mètres au-dessous de la surface des flots (J. Thoulet).

Cet exemple nous montre quel intérêt les études d'océanographie peuvent présenter par rapport aux études géologiques. Logiquement, celles-ci ne sauraient avoir d'autre base que l'océanographie. La géologie ne peut se borner aujourd'hui à décrire minutieusement les moindres couches de terrains et à les représenter en des cartes polychromes. Je ne saurais mieux faire que de citer, à ce sujet, les lignes magistrales écrites par M. le professeur Thoulet : « Si, après avoir décrit (ce qui est un simple début) la géologie veut chercher à savoir en vertu de quelles lois les terrains sédimentaires se sont déposés, ont pris la forme, l'aspect sous lesquels nous les connaissons, pourquoi certains grès ont des grains anguleux, tandis que d'autres les ont arrondis ; pourquoi il en est qui sont verts, d'autres blancs, d'autres rouges ; pourquoi certains dépôts sont incohérents, sans consistance, à l'état de sables, d'autres, au contraire, sont durs ; si elle désire remonter à la connaissance grandiose d'événements se succédant sans interruption dans la suite des temps, maniant et remaniant la surface de notre planète et laissant leur marque au plus humble fragment de roche ;

si elle veut conclure du présent au passé et du passé à l'avenir, c'est à l'océanographie qu'il lui faudra s'adresser. Ne semble-t-il pas étrange de prétendre s'occuper de ce qui s'est accompli il y a des millions d'années et d'être ignorant de phénomènes à peu près identiques qui s'effectuent aujourd'hui même dans l'océan sur lequel flottent nos navires ⁽¹⁾»

Au point de vue biologique, on peut se demander aussi si à l'époque actuelle il ne se forme pas, au sein des eaux, des dépôts identiques à ceux qui ont formé les assises jurassiques et crétacées.

Wyville Thomson ⁽²⁾ a dressé une liste d'espèces de foraminifères communs à la craie sénonienne et aux mers actuelles. Encore que sa théorie soit peut-être prématurée, il est certain, d'autre part, que l'on peut comparer certaines espèces de foraminifères des sédiments contemporains à celles des époques pliocène et miocène.

Si l'on ne peut affirmer que tout le carbonate calcaïque qui constitue les assises terrestres dérive d'animaux vivants, il est clair, cependant, que ces êtres jouent un grand rôle dans la formation des sédiments calcaires et ont dû, dans le passé, contribuer, dans une large mesure, à l'édification de ces roches.

J'ai fait allusion, un peu plus haut, à la pluie continue au travers de la masse des eaux des carapaces vides des foraminifères et des diatomées, qui viennent s'entasser au fond des bassins de nos mers. Immédiatement, nous en pouvons déduire la distribution géographique de ces dépôts d'après la zone d'habitabilité de ces organismes à la surface de l'océan. Bien qu'il nous manque un certain nombre de termes précis pour résoudre le problème de ces formations sédimentaires et que nous ayons trop peu de connaissances sur les courants sous-marins et l'action de l'eau de mer sur le minéral des coquilles des animalcules pour tracer à l'heure actuelle les règles précises qui sur la formation de ces dépôts, on se rend compte pourtant, que des espèces zoologiques vivant dans des conditions très différentes peuvent se trouver entassées en un même lieu après leur mort ⁽³⁾.

C'est ainsi que l'on peut conclure de l'extrême lenteur de la diffusion entre les couches liquides ⁽⁴⁾ à la possibilité de la superposition de faunes distinctes aux différents étages de la masse océanique et dont les débris tomberont pêle-mêle en une même localité du fond ⁽⁵⁾.

1. J. THOULET, *Océanographie (statique)*, 1890. — Paris, Beaudoin, édit.

2. WYVILLE THOMSON, *Les Abîmes de la mer* (trad. Lortet, p. 405).

3. J. MURRAY, *Structure, origin and distribution of Coral Reef and Islands*. — Roy, institut of Great Britain, 16 mars 1888.

4. La diffusion entre l'eau douce et l'eau de mer, et entre les eaux de mer de densités différentes, se fait avec une telle lenteur que, si l'on supposait l'Océan entièrement recouvert d'une couche infiniment épaisse d'eau distillée, il faudrait au minimum 3 000 ans pour que la densité de l'eau salée fût abaissée 0,01 sur une épaisseur de 1 000 mètres. J. THOULET, *Sur la diffusion de l'eau douce dans la mer*. — *Compte rendu Ac. des Sc.*, t. CXII, p. 1068, 1891.

5. J. THOULET, *Sur la circulation verticale océanique*, — *Comptes rendus*, t. CX p. 1350, 1889.

Comme il me faut me restreindre dans ces considérations générales déjà bien longues, je ne parlerai aucunement de la genèse chimique des dépôts marins déjà fort bien étudiée, mais je ne puis m'empêcher de dire un mot sur l'action exercée par les animaux marins sur le milieu dans lequel ils vivent et dont ils vivent.

Le calme absolu des eaux abyssales n'exclut pas la présence de l'air nécessaire à la vie des animaux ⁽¹⁾; ceux-ci emploient d'autre part le carbonate de chaux à la fabrication de leurs dents et de leur squelette ⁽²⁾. Leurs excréments albuminoïdes fournissent de l'hydrogène sulfuré et de l'acide carbonique. Par oxydation, il se forme ainsi de l'acide sulfurique donnant, avec la chaux, du sulfate de chaux, tandis que, d'autre part, se forme du carbonate d'ammoniaque; ces deux derniers corps fournissent par double réaction du carbonate de chaux qui se dépose et du sulfate d'ammoniaque qui, absorbé par les plantes et les animaux, donne ultérieurement de l'azote et des produits nitrés ⁽³⁾.

Ochsenius ajoute que dans ces actions biologiques, il y a production d'acide chlorhydrique aux dépens du chlorure de sodium et que cet acide réagissant sur les silicates de l'eau fournit la silice des spicules d'éponges et des diatomées ⁽⁴⁾.

En somme, en raison de la présence des animaux marins sur le fond des eaux, celui-ci est le centre d'un véritable foyer d'actions chimiques intimement mêlées aux actions biologiques sans que l'on puisse saisir nettement la nuance qui séparent l'un de l'autre les ordres d'activité moléculaire.

Comme la constitution de l'eau de mer des abîmes dépend dans une large mesure de celle de la colonne d'eau qu'elle supporte, et très directement des conditions météorologiques et climatiques de la surface, il est évident que les êtres qui vivent dans sa masse seront soumis à ces mêmes influences.

Et c'est ainsi que, partis du simple examen d'animaux capturés dans les fils d'un faubert ou les mailles d'un chalut, on a été amené, par la suite, à envisager les problèmes les plus élevés de la biologie et de la physique marines.

Je ne saurais mieux faire, pour conclure, que transcrire ici les paroles par lesquelles M. le professeur Ed. Perrier a couronné l'ouvrage qu'il a consacré aux *Explorations sous-marines*.

« Avoir augmenté, dans des proportions inconnues jusqu'ici, le catalogue des zoologistes; avoir retrouvé vivantes nombre de formes que l'on croyait disparues et qui peuvent nous éclairer sur ce qu'étaient les conditions de la vie dans les périodes qui ont précédé la nôtre; avoir rattaché une foule de rameaux

1. MOHR, *Geschichte der Erde*, 2^e édit., p. 286.

2. J. MURRAY et ROBERT IRVINE, *On Coral reefs and other carbonate of lime formation in moderne seas* (Proceed. of. roy. Society of Edimburg, 1889.)

3. J. THOULET, *La Genèse chimique des dépôts marins*, Revue génér. des Sc. pures et appliquées, n^o 10, p. 327.

4. J. THOULET, *Analyse de spicules d'éponges siliceuses recueillies dans les dragages du Talisman*. — Compte rendu Ac. des Sc., t. XCIII. p. 100. 1889.

épars du grand arbre de la vie ; avoir démontré que des populations animales que l'on croyait caractériser des époques géologiques différentes peuvent vivre superposées ; avoir réuni de précieux documents propres à éclairer le mode de transformation des reliefs du globe : voilà sans doute de belles conquêtes dont la science sera redevable aux grandes explorations dont nous venons de raconter l'histoire. Mais de tous ces résultats, le plus brillant peut-être est d'avoir découvert un monde, en apparence inaccessible, que la vie, dans sa puissance infinie d'expansion, est en train de conquérir et pour lequel elle semble façonner à nouveau les œuvres dont son activité féconde avait primitivement doté les rivages des mers. »

Nous verrons plus tard que le point de vue pratique n'y perd rien ; que des quelques notions précises recueillies par les grandes missions scientifiques, certaines nations en ont déjà fait leur profit pour les appliquer au perfectionnement et au développement de l'industrie des pêcheries et qu'elles s'en trouvent bien.

PREMIÈRE PARTIE

LES CAMPAGNES D'EXPLORATIONS SOUS-MARINES FRANÇAISES

Je ne saurais entrer dans le détail historique des faits qui ont amené la France à organiser les campagnes du *Travailleur*. Cependant, je crois qu'il serait injuste de ne pas parler des recherches faites par M. de Folin, capitaine de port à Bayonne et directeur de la publication le *Fond des Mers*, dans le golfe de Gascogne et, plus particulièrement, dans le gouffre de cap Breton.

N'ayant à sa disposition que des ressources modiques, ne pouvant consacrer à ses explorations que quelques jours par an, embarqué sur une pinasse de pêcheur landais, il sut faire seul d'importantes recherches de zoologie marine.

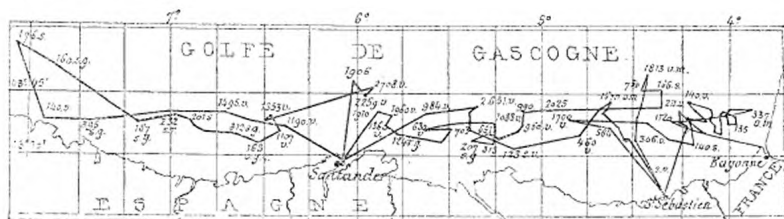
Puis, ayant acquis, d'après les dires des pêcheurs et des marins, la conviction que non loin de la côte espagnole existaient des fonds de 1 600 mètres, il demanda au ministre de l'instruction publique la nomination d'une commission chargée de vérifier ces faits et d'étudier les grands fonds.

Grâce à l'appui de l'illustre M. Milne Edwards, président de la commission des Missions scientifiques, les pouvoirs publics accédèrent à la demande de M. le marquis de Folin et le *Travailleur*, aviso à aubes, commandé par M. le lieutenant de vaisseau Richard, fut mis à la disposition d'une commission

composée de M. A. Milne Edwards, président, et de MM. de Folin, Léon Vailant, Paul Fischer, Marion, Léon Périer.

Avec un très grand dévouement et une remarquable science des explorations sous-marines, M. le lieutenant de vaisseau F. Richard mit en moins de deux mois son bâtiment à même de répondre aux travaux pour lesquels il était destiné. On verra, dans la suite de cette étude, combien d'heureuses innovations cet officier sut introduire dans le matériel des recherches sous-marines.

Durant la première expédition, le *Travailleur*, parti de Bayonne le 17 juillet 1880, y rentra le 1^{er} août, ayant exploré, dans cette campagne de quinze jours, seulement les fonds marins avoisinant, les côtes du Guipuscoa, de la Biscaye et des Asturies.



Première campagne du « Travailleur » (1880)

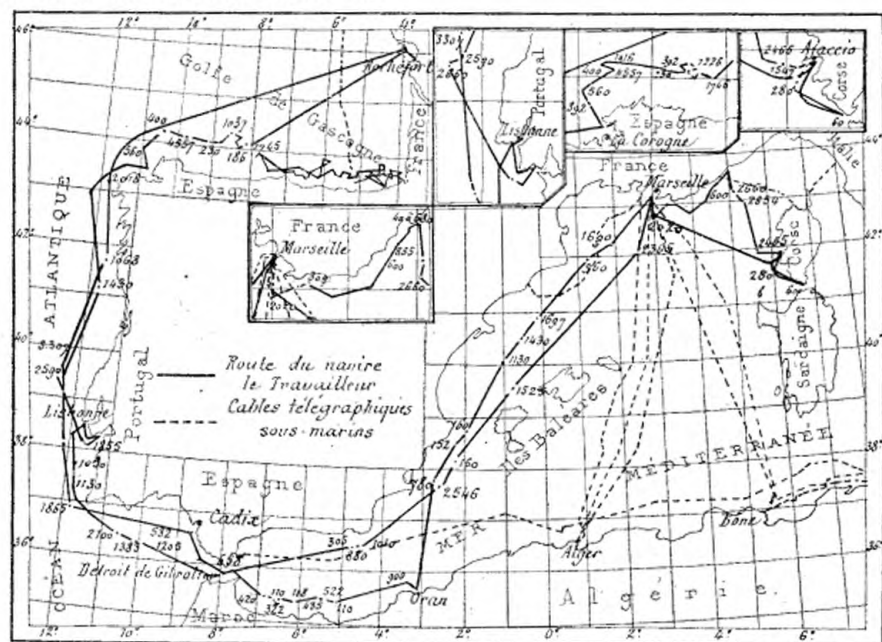
On avait recueilli nombre d'individus destinés aux recherches zoologiques et biologiques, étudié le système d'orographie sous-océanique, essayé un outillage dont la rapidité d'installation ne se faisait pas sentir et qui pouvait soutenir la comparaison avec celui employé par les étrangers dans leur recherche en eau profonde.

La deuxième expédition du *Travailleur*, partie de Marseille le 4 juillet 1881, ne prit fin que le 19 août 1881, à Rochefort. Elle explora la Méditerranée et fut poursuivie dans l'Atlantique, sur la côte du Portugal et dans le golfe de Gascogne.

Au cours de cette campagne furent réalisés de nombreux sondages et recueillies beaucoup d'intéressantes observations sur la vie des êtres méditerranéens, bien que les dragages durent être nécessairement limités; les câbles télégraphiques sillonnant le sol étant trop nombreux pour que les naturalistes pussent travailler sans quelque crainte.

Cette faune est moins riche que celle de l'Océan à beaucoup près et les espèces qu'on y rencontre sont situées à un niveau plus élevé que celui qu'elles occupent dans l'Atlantique. Les premières observations de M. A. Milne-Edwards faites en 1861 et qui ont été l'origine de toutes les recherches d'Océanozoologie avaient déjà montré que certains animaux vivant aujourd'hui dans les abîmes de la Méditerranée différaient peu sensiblement de ceux des mers tertiaires du même bassin.

Mais tout démontre que ce n'est pas là une province zoologique et que toutes les espèces méditerranéennes ont dû immigrer de l'Océan. Les conditions nouvelles de leur existence dans une mer beaucoup plus chaude en agissant sur leur économie les ont modifiées. Cependant, si au lieu de comparer immédiatement cette faune à celle des mers septentrionales on la compare à celle des mers qui baignent les côtes du Maroc ou l'Espagne on voit nettement se dessiner les transitions entre ces termes extrêmes. Du reste la faune des grands fonds de cette mer intérieure est pauvre, car le sol en est presque constamment vaseux, les polypes, les tubicoles et tous les êtres qui leur font cortège ne trouvent point à s'y fixer. La meilleure preuve que l'on puisse donner de cette assertion est que les corps immergés comme les câbles télégraphiques s'y recouvrent immédiatement de nombreux individus.



Deuxième campagne du « Travailleur » (1881)

Il est cependant d'autres cause à cette pauvreté relative de la faune sous-marine.

Dans le détroit de Gibraltar, existe un courant profond toujours dirigé vers l'Atlantique, et qui résulte de la salure très grande des eaux de la Méditerranée, due à l'évaporation considérable qui se fait à la surface de cette mer chaude. Le courant de surface du détroit de Gibraltar est toujours dirigé en sens inverse, mais ses eaux se trouvent encore à une température relativement élevée (1).

1. Dans les mers intérieures isolées par un *seuil* sous-marin, la température diminue depuis la surface jusqu'à la nappe commune à l'Océan et à ces mers; mais, de là jusqu'au fond, elle demeure invariable: 6° loi b de BOGULAWSKI. — *Handbuch der Ozeanographie*.

Les espèces de la faune océanique doivent donc s'arrêter au seuil de ce chenal et ne peuvent profiter, pour pénétrer dans la mer intérieure, que des remous qui peuvent se produire sur les bords du détroit. Au cours de l'histoire du continent, une autre communication existait-elle entre la Méditerranée et l'Atlantique? la chose est probable; toujours est-il que les espèces méditerranéennes demeurent toujours plus petites que celles de l'Océan, et y sont moins nombreuses. Elles y existent pourtant, et c'est un fait bien curieux d'acclimatation, d'adaptation, que la présence dans les eaux chaudes d'animaux qui vivent dans l'Atlantique, à des profondeurs où circulent les grands courants froids allant du pôle vers l'Équateur.

Aussi bien certaines espèces océaniques ont trouvé là des conditions qui leur convenaient plus particulièrement, et s'y sont développées avec une puissance qu'elles n'avaient pas dans leur patrie d'origine.

Cette étude faunique de la mer intérieure, d'un intérêt si puissant en ce qui concerne la dissémination géographique des espèces, est due tout entière aux explorations du *Travailleur*, en même temps que les recherches les plus précises sur la température des eaux méditerranéennes et leur salure (1).

Dans sa troisième campagne, le *Travailleur*, parti de Rochefort le 3 juillet 1882, n'y rentra que le 1^{er} septembre.

La commission scientifique fut composée de M. Milne-Edwards, président, et de MM. de Folin, Paul Fischer, Sabatier et Viallanes.

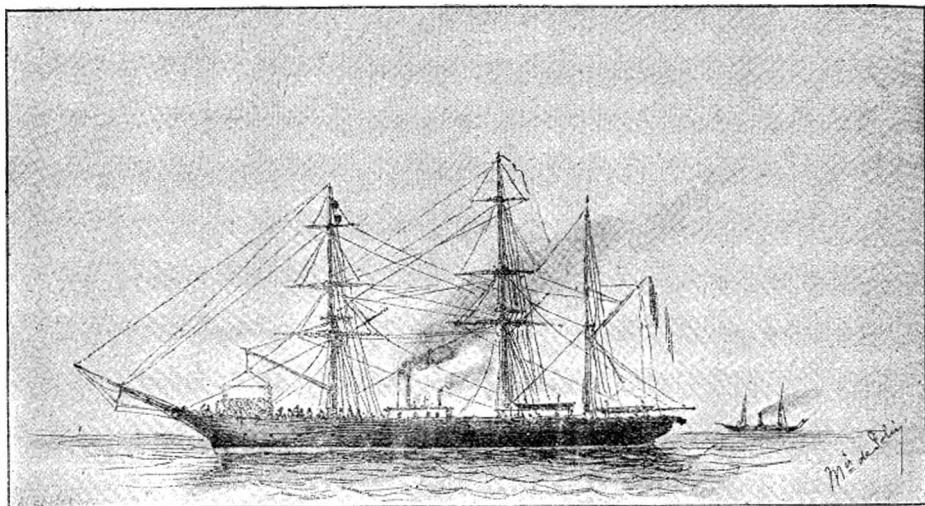
L'état-major du navire avait été remplacé, depuis la dernière campagne, par des officiers non moins distingués, et le commandement du bâtiment était passé entre les mains de l'éminent commandant Parfait.

Le *Travailleur* explora cette année les fonds de l'Atlantique, les côtes du Portugal, poussant jusqu'à Madère et aux Canaries, revint par les côtes du Maroc, et, dans une série de dragages accomplis dans le Golfe de Gascogne combla, en partie, les lacunes des premières recherches.

Bien qu'ayant rendu de considérables services, le *Travailleur* ne pouvait

1. Tous les faits s'enchaînent avec une admirable netteté dans ces observations océanographiques. L'Océan est le magnifique champ d'expériences dans lequel les biologistes peuvent étudier les relations exactes des milieux avec les êtres qui y vivent, l'influence de la température, de la salure, de la densité de leurs eaux sur les animaux; les variations dans la nature des fonds, dans le chiffre de la pression qui réagissent si nettement sur la conformation des êtres sont aussi instructives que les expériences les plus précises de la physiologie expérimentale. Enfin, il n'est pas de plus puissant sujet d'intérêt dans les études biologiques par l'ampleur des phénomènes qu'il met en cause, et par l'amas gigantesque de faits sur lesquels il se peut appuyer, que celui qui envisage la vie dans le sens le plus large du terme, la vie des êtres disséminés à la surface, au fond et dans la masse de nos mers et sous toutes les latitudes. Saisir les relations existant entre tous ces êtres, étudier par quelle adaptation graduelle — et dont souvent on peut surprendre les transitions en place — les individus sont arrivés à vivre en de milieux qui ne semblent pas devoir leur convenir; voir comment les conditions de l'existence ont pu modifier les individus d'une même espèce, au point de les faire paraître, à quelques milliers d'années de distance, étrangers les uns aux autres, telles sont les questions que peut-être permettra de résoudre l'étude de l'Océan, car, mieux que nul autre élément, il se prête en même temps à l'étude du milieu physique et du monde organisé qui en vit.

convenir qu'à des expéditions de durée brève. Les richesses cependant qu'il avait amassées firent décider, par le ministère de la marine, de mettre à la disposition de la commission scientifique le *Talisman*, éclairneur d'escadre, navire mixte, pouvant marcher à la voile ou à la vapeur.



Le *Talisman*.

Il fut, du reste, aménagé parfaitement pour les recherches sous-marines, et prit la mer le 1^{er} juin 1883, pour ne rentrer dans le port de Rochefort que le 31 août.

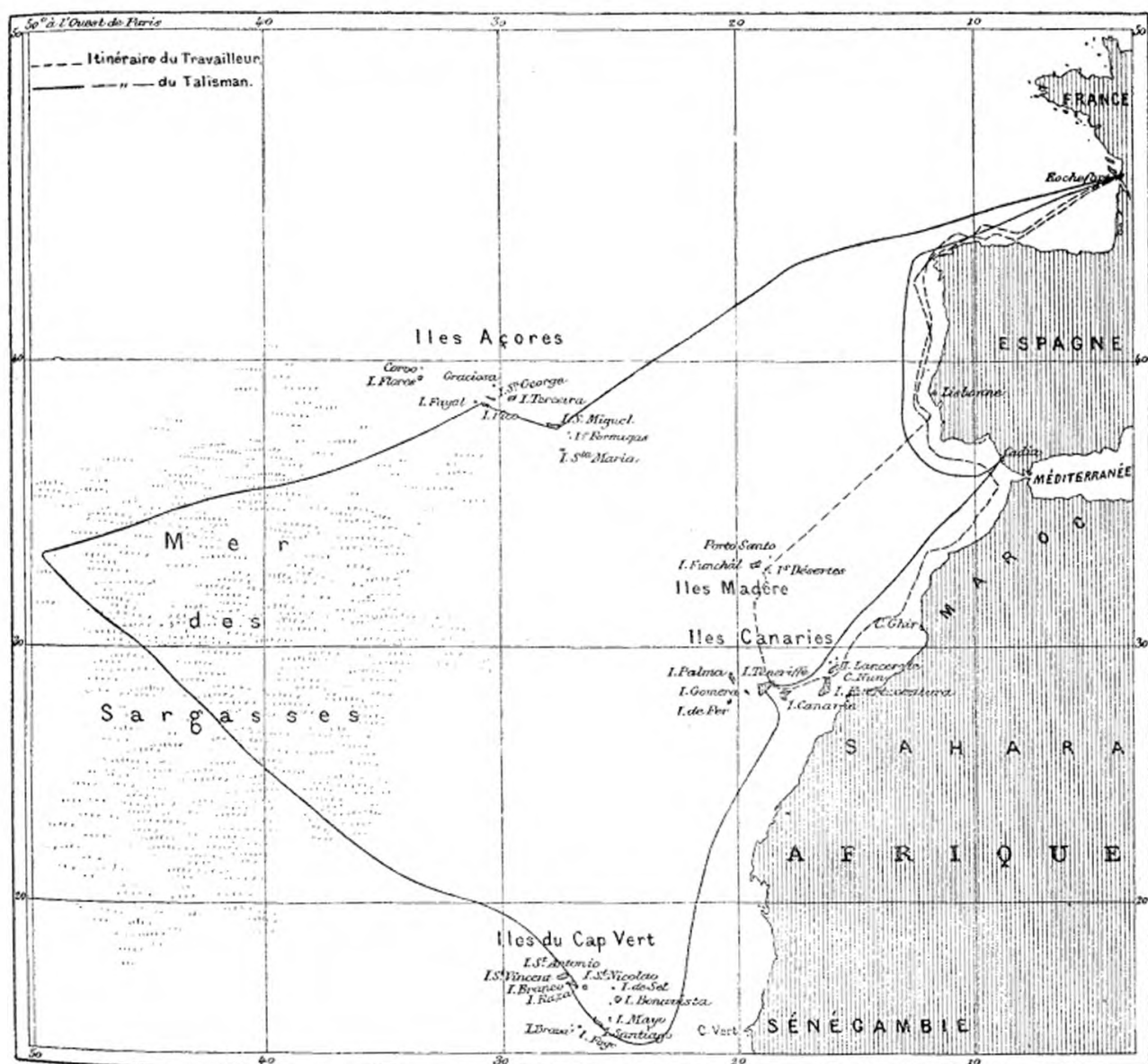
La commission d'exploration était composée de M. A. Milne-Edwards, président, et MM. de Folin, Léon Vaillant, Edmond Perrier, Paul Fischer, Henri Filhol, auxquels furent adjoints comme préparateurs MM. Charles Brongniart et Georges Poirault.

L'état-major du navire était formé par M. Parfait, capitaine de frégate, commandant, et MM. Antoine et Jacquet, lieutenants de vaisseau; Gibory et Bourget, enseignes de vaisseau; Vincent, médecin-major; Huas, second médecin; de Plas, commissaire.

Après avoir longé les côtes de la péninsule espagnole, le *Talisman* marcha, en travaillant, vers les Canaries, puis les îles du Cap-Vert; de là, il gagna le large, explora la mer des Sargasses, les parages des Açores, et revint à son port d'attache.

Les résultats de cette mémorable campagne ont été déjà résumés dans des

divers ouvrages, dus à la science de maîtres éminents, et qui sont d'une lecture très attachante (1).



Troisième campagne du *Travailleur* (1882). — Campagne du *Talisman* (1883).

Les rapports officiels n'en sont, du reste, pas encore complètement parus, car ils forment l'objet d'une publication très-importante, demandant beaucoup de travail et de patience de la part des savants qui en sont chargés.

1. H. FILHOL. *La Vie au fond des mers*, Paris, Masson éditeur.
Ed. PERRIER. *Les Explorations sous-marines*, Paris, Hachette éditeurs.
De FOLIN. *Sous les mers*, J.-B. Baillière éditeur.

Il résulte cependant des déductions — à la vérité, non rigoureusement définitives — que l'on peut tirer de l'examen des carnets de dragages du *Talisman* que, dans la partie de l'Atlantique, explorée par la quatrième expédition française, la population sous-marine change deux fois de nature, et presque sans transition.

De 400 à 2000 mètres, la ressemblance générale que présente la faune avec celle des périodes secondaires, a fait donner à la zone qu'elle habite le nom de : zone paléozoïque.

Au delà de 2000 mètres de profondeur, s'étend la zone abyssale proprement dite, que caractérisent des êtres spéciaux.

Enfin, d'après les animaux recueillis, on a pu établir les nombreuses transitions qui relient les unes aux autres les variations des conditions de la vie dans les abîmes.

Je ne puis m'étendre sur les résultats scientifiques des expéditions françaises, et ne vais m'occuper maintenant que des procédés mis en œuvre par les membres des commissions scientifiques du *Travailleur* et du *Talisman*, et par les officiers de notre marine qui les ont secondés avec tant de zèle et de haute intelligence (1).

1. Dans la suite de ces descriptions techniques, je ne crois pas devoir adopter, d'une façon absolue, l'ordre historique des inventions, mais bien plus essayer de saisir les rapprochements que l'on peut faire entre les différents appareils.

I. — Instruments de sondages.

A bord des bateaux chalutiers et des caboteurs, il est fréquemment procédé à des sondages au cours des travaux de la pêche et lors des atterrissages.

La sonde est alors composée d'un poids prismatique de plomb creusé à sa face inférieure d'une cavité que l'on remplit de suif (de façon à obtenir l'empreinte du fond et à en connaître la nature) et d'une simple ligne de chanvre (1).

Quand on veut sonder, on stoppe le bâtiment, et, par-dessus bord, on précipite à la mer le plomb de sonde en filant la ligne. Le dévidement s'arrête tout à coup subitement : c'est le moment précis qu'il faut savoir saisir ; la ligne filée donne la profondeur.

Mais, si au lieu de faire un sondage sur la côte, on va plus au large, et qu'on recommence cette opération, alors la ligne file indéfiniment et, lorsqu'on veut la hâler, elle se brise. Il fallut donc, pour les sondages à de grandes profondeurs, rechercher un système qui permit de résoudre la difficulté de ramener le sondeur des fonds où on l'envoyait, et de savoir exactement le moment où ce sondeur touche le substratum marin.

Ne voulant pas faire l'historique de cette invention, je rappellerai simplement que le principe de tous les appareils employés, à l'heure actuelle, dans les sondages à grandes profondeurs, est dû à un officier de la marine des États-Unis, J.-M. Brooke, qui, en 1854, fit construire le sondeur à poids perdu, qui porte son nom.

Sondeur de Brooke.— Il se compose d'une tige de fer renflée, et creuse à sa partie inférieure, et portant à sa partie supérieure un anneau fixé sur elle par l'intermédiaire d'une pièce mobile qui porte un crochet. Un boulet, percé de part en part, glisse librement sur toute la longueur de la tige, et est attaché au crochet V par une élingue E reliée à un disque de cuir (fig. 1).

La partie renflée de la tige est creuse contient à son intérieur des tuyaux de plumes, serrés les uns contre les autres, et porte une soupape qui s'ouvre à la descente et se ferme en remontant. Ce dispositif a pour but de ramener à bord un échantillon du sol sous-marin.

Lorsque le système touche le fond, la ligne continuant à descendre, l'élingue se décapèle et le boulet tombe. Du bord, on a alors nettement l'avertissement que le sondeur est arrivé jusqu'au sol, et il ne reste plus qu'à le remonter.

Sans insister sur l'instrument de ce genre employé à bord du *Bull-Dog*, etc.

1. Je ne dirai rien du *sondeur à chambre* et du *sondeur à coupe*, qui ne peuvent servir qu'à de faibles profondeurs, et ont pour but de rapporter des échantillons du fond.

(fig. 2) je m'arrêterai à l'examen de ceux du *Lightning*, du *Porcupine*, du *Challenger* et du *Blake*, avant de m'occuper de celui du *Travailleur*, qui a servi dans les campagnes d'explorations françaises.

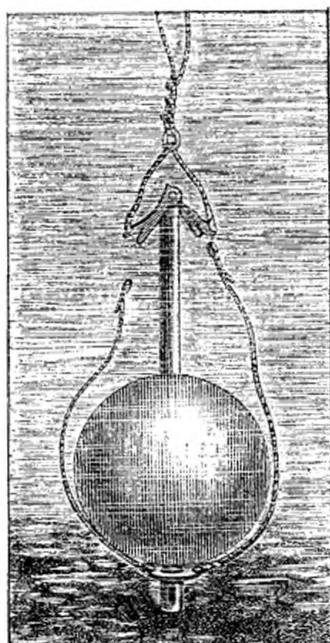


Fig. 1
Sondeur de Brooke



Fig. 2
Sondeur du Bull-Dogg.

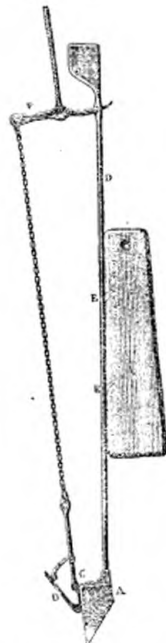


Fig. 3
Sondeur du *Lightning*.

Sondeur du « Lightning ». — M. Wyville Thomson, dit en parlant de cet appareil dû à Fitzgerald : qu'en dépit de son apparence *primitive* et peu favorable, il n'a jamais manqué son but bien que « nous ayons dû, ajoute-t-il nous en servir par des temps déplorables et dans les circonstances les moins propices (fig. 3) ».

« La corde de sondage se termine par une boucle qui passe dans un trou circulaire percé dans le centre d'une barre de fer F, laquelle se termine à l'une de ses extrémités par une griffe et à l'autre par un second trou auquel est attachée une chaîne. Une écope A dont le bord en fer de bêche, est aigu, est assujettie à une longue et pesante tige de fer D, à laquelle est adaptée une espèce de plaque en forme de gouvernail, destinée à la maintenir pendant son rapide passage dans l'eau ; au-dessous se trouve un trou qui s'adapte exactement à la griffe de la barre F. Une porte B s'ajuste à l'écope à laquelle elle tient par une charnière ; elle est également assujettie au bras C qui dans la position verticale, la maintient ouverte. Le bras C est fixé par une chaîne au tour de la barre F ; et le bras et la chaîne sont de même longueur que la tige D. De la tige D, se projettent deux dents E, E, auxquelles est suspendu un poids très lourd. L'appareil est ajusté de manière que, quand le poids est attaché et l'instrument prêt à servir, la tige F conserve une position horizontale. Dès qu'il touche le fond, la tension de la barre F cesse, le poids fait décrocher la tige de la griffe D et tombe ainsi en faisant remplir l'écope. En remontant, l'appareil prend une position à peu près verticale et l'écope revient pleine, le poids de la tige D maintenant le couvercle pressé sur l'ouverture ».

Sondeur du Porcupine — Lors du voyage de l'*Hydre*, (capitaine P.-F. Schortland) en 1868, l'appareil de sondage employé fut la sonde Brooke (1).

Mais cet instrument fut modifié à bord même par le forgeron du vaisseau M. Gibbs et prit alors le nom du bâtiment : *Hydre*.

De ce sondeur qui servit durant les croisières du *Porcupine*, dérive le sondeur de Bailey qui fut employé par la commission du *Challenger*, c'est pourquoi je crois utile d'en donner ici la description (2) (fig. 4).

« L'axe de l'*Hydre* est un long tube de cuivre qui se dévisse en quatre tronçons, dont les trois inférieurs sont fermés à leur orifice supérieur par des soupapes coniques qui s'ouvrent par le haut et ne ferment pas assez hermétiquement pour ne pas laisser passer un peu d'eau; le dernier des trois tronçons, B, se ferme par une soupape mobile qui s'ouvre aussi en dessus. Le tronçon supérieur A, qui est le quatrième renferme un piston dont la tige C se continue dans la partie supérieure par une seconde tige qui se termine à l'anneau auquel la corde est fixée. Le tronçon supérieur, celui dans lequel se meut le piston, est percé de chaque côté, vers le milieu de sa longueur, d'un grand trou; le piston lui-même est percé d'un trou plus petit. Dans la partie supérieure se trouve une tige dentelée D, et par-dessus cette dent passe un ressort recourbé d'acier, fendu de manière à permettre à la dent d'en traverser le centre; les deux extrémités sont assujetties d'une manière mobile à la tige. Quand le ressort est poussé en arrière la dent avec son entaille passe au travers de l'ouverture centrale. Le poids se compose de trois ou quatre cylindres de fer F, découpés de dents et d'entailles, qui en s'adaptant les uns dans les autres forment une masse compacte et solide. Le poids dont on se servait à bord du *Porcupine* était de 100 à 150 kilos, suivant la profondeur. Le poids est soutenu sur une corde de fil de fer qu'on passe dans l'entaille de la dent, après avoir poussé le ressort en arrière. Le poids suffit amplement à maintenir le ressort dans cette position.



Fig. 4. *Hydre*

Quand l'instrument est immergé, l'eau passe librement, dans la descente, au travers du cylindre et des soupapes et ressort par les trous pratiqués dans la paroi du cylindre. En touchant le fond, le poids fait descendre le piston, mais son trajet vertical se trouve ralenti par l'eau contenue dans la partie inférieure du cylindre et qui, ne pouvant s'échapper que lentement, donne ainsi au poids le temps d'enfoncer le tronçon terminal et les soupapes mobiles dans le terrain du fond.

Malheureusement cet appareil d'un excellent fonctionnement ne permet de rapporter que des parcelles du substratum marin.

Sondeur du « Challenger ». — Cet appareil se compose d'un tube de fer formé de deux parties vissées l'une sur l'autre et portant des trous à la partie supérieure, tandis qu'une double soupape termine son extrémité inférieure.

Sur l'extrémité supérieure est vissé un cône de laiton dans lequel s'engage une pièce quadrangulaire en fer munie de deux encoches et supportant un anneau auquel est attachée la ligne.

Sur les encoches sont passés les anneaux d'une élingue en fer soutenant les poids que le sondeur doit abandonner au fond des eaux.

Ceux-ci pèsent 38 kilogrammes chacun, s'emboîtent les uns dans les autres, sont percés d'une ouverture circulaire centrale pour le passage du tube sondeur et portent extérieurement une rainure pour le passage de l'élingue de soutènement.

1. Mémoires de l'Amirauté anglaise, 1869, Londres.

2. WYVILL THOMSON, *les Abîmes de la Mer*, trad. Lortet, p. 182.

A la descente les soupapes inférieures sont ouvertes, le courant d'eau sort par les trous supérieurs du tube. En touchant le fond le tube pénètre dans le substratum, la ligne mollit, l'élingue est décapellée et les poids abandonnés sur le sol.

Cet appareil est dû à M. Bailey.

Sondeur du « Blake ». — Cet instrument n'est autre qu'un perfectionnement de l'appareil de Brooke auquel le commandant Berrymann du *Cyclope* avait déjà en 1857 apporté d'heureuses modifications (fig. 5).

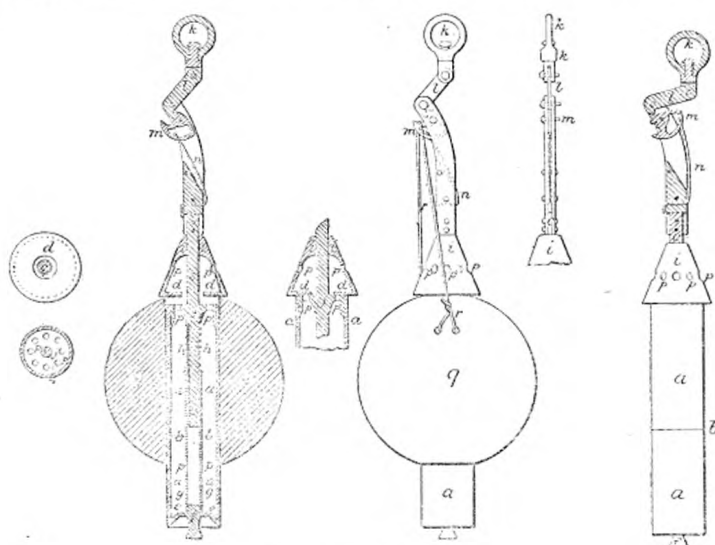


Fig. 5. — Sondeur du Blake.

La tige centrale de l'appareil de Brooke est ici remplacée par un cylindre en deux pièces traversé par une tige dont l'extrémité supérieure articulée supporte des crochets où s'engagent les anneaux de l'élingue de soutien des poids.

L'extrémité inférieure de cette tige, après l'abandon de ces poids sur le sous-sol, retombe et ferme hermétiquement l'ouverture inférieure du cylindre qui remonte avec l'échantillon du substratum qu'il a emprisonné.

Ces perfectionnements sont dus aux officiers de la marine des Etats-Unis: MM. Belknap et Sigsbee.

SONDEUR DU TRAVAILLEUR

Cet instrument se compose d'un tube de métal F, dans lequel glisse une pièce en fer A, sur laquelle sont pratiquées deux encoches B, B, destinées à recevoir le fil métallique supportant le poids de lest; elle porte à sa partie inférieure des ergots D, D, qui glissent dans les rainures pratiquées dans le tube (fig. 6). En haut du tube est vissée une pièce ogivale en bronze, percée pour le passage de la

tige A. En bas est également vissée une boîte cylindrique en bronze, prolongeant le tube et portant à sa partie inférieure deux clapets *f, f*, s'ouvrant en ailes de papillon de bas en haut. Chacun de ces clapets est pourvu d'un mouvement de sonnette. Les branches *t* sont verticales lorsque les clapets sont fermés, et horizontales quand ils sont ouverts.

Les poids, dont on charge le sondeur, ont la forme de disques *a, b*, percés d'un trou central; les uns pèsent 28 kilogrammes, les autres 19 kilogrammes seulement. Deux rainures pratiquées, suivant deux génératrices opposées, reçoivent le fil de suspension.

Pour faire fonctionner le sondeur, on le suspend par l'anneau C. Les poids de lest sont enfilés sur le tube, et y sont maintenus par le fil de fer qui se capelle dans l'encoche B. Quand le tube touche le fond, la tige A s'enfonce en vertu de son poids; le fil de fer est décroché et les poids sont rendus libres; le sondeur reste seul attaché à la ligne. Les disques de lest, en glissant le long du tube, brisent les fils qui tiennent les soupapes relevées; ils abaissent celle-ci et ferment l'orifice inférieur de manière à y retenir la vase qui est entrée dans le tube. On remonte alors le sondeur en abandonnant les poids (*).

Ce sondeur était supporté, dans l'immersion, par un fil d'acier (*corde à piano*) de 3 millimètres de circonférence, pesant à peine 7 kilogrammes par mille mètres offrant une résistance de 140 kilogrammes. L'appareil, n'étant jamais surchargé de plus de 2 kilogrammes, on obtenait ainsi une vitesse de déroulement de 175 mètres à la minute. La longueur du fil immergé était donnée au moyen

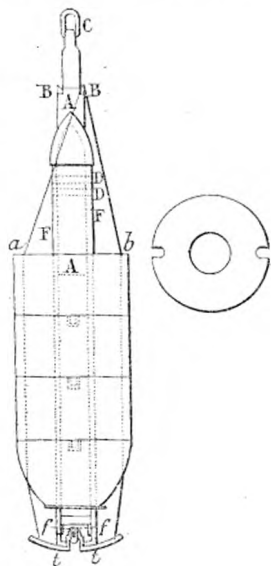


Fig. 6. — Sondeur du *Travailleur*.

d'une vis excentrique, à l'axe de la bobine sur laquelle on enroulait ce fil. En multipliant par la circonférence moyenne des tours de fil d'acier le nombre de révolutions de la roue, on obtenait la profondeur du sondage.

Ce procédé est dû à M. William Thomson. Utilisé d'abord pour les recherches scientifiques et les sondages par la marine américaine, employé à bord du *Travailleur* il est usité aujourd'hui par les ingénieurs hydrographes de la marine française.

1. A. MILNE-EDWARDS, Archives des Missions, T. 1, p. 1882.

Durant la manœuvre de la sonde, il arrivait autrefois que les mouvements de tangage et de roulis du navire, très brusques et très violents, brisaient le fil d'acier. C'est pour parer à cette difficulté que furent construits d'abord les accumulateurs, tandis que, dans ce but, et aussi pour corriger l'effet de la dérive, etc., furent inventées les diverses machines à sonder.

ACCUMULATEURS

Les accumulateurs autrefois employés pour soulager le câble de drague ou le fil de sonde dans les réactions de la mer sur le navire, se composaient essen-

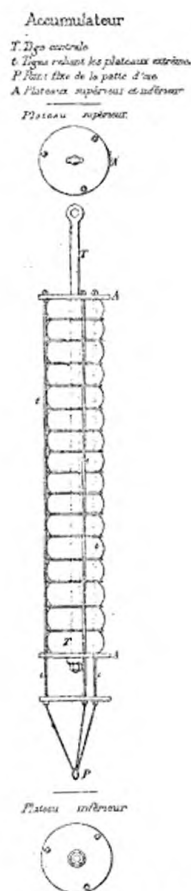


Fig. 7. — Accumulateur du *Talisman*

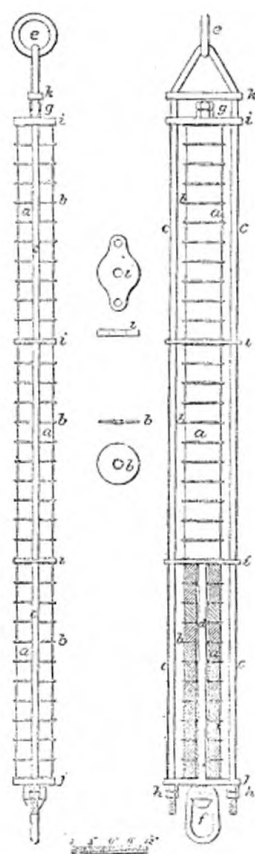


Fig. 8. — Accumulateur de l'*Albatross*

tiellement de disques en bois percés de trous par lesquels passaient des rubans épais de caoutchouc. Celui employé par le *Challenger* avait 90 centimètres de largeur au repos, et pouvait s'allonger jusqu'à 5^m,50. De façon à éviter la rup-

ture de l'appareil, un câble de chanvre, très solide, de 4^m,50, réunissait les deux plateaux. Suspendu à une vergue, l'accumulateur portait à sa partie inférieure une poulie sur laquelle passait le fil de sonde ou le câble de drague.

Avec seulement des variations dans les dimensions, cet appareil était également employé à bord du *Voringen*.

A bord du « *Blake* » appartenant au *U. S. Coast and geodetic survey* on avait songé à soulager la fune qui, dans les différentes réactions que le navire reçoit de la mer, fatigue beaucoup. Pour cela on voulut imaginer un appareil qui pût, intercalé entre le câble et le treuil, s'allonger plus ou moins suivant la force du roulis et du tangage. C'est alors que fut construit l'accumulateur à lames de caoutchouc.

L'appareil de Sigsbee se compose de lames épaisses de caoutchouc vulcanisé alternant avec des rondelles de tôle, l'ensemble étant traversé par une tige métallique très solide terminée par un fort plateau à l'une de ses extrémités et par un anneau à l'autre. Sur le plateau repose la colonne de disques. La rondelle supérieure à son tour est munie de quatre tiges formant l'armature de l'appareil entier et qui viennent se terminer à un autre plateau situé au-dessous du premier et muni lui aussi d'un anneau.

Un pareil instrument ne peut agir que par compression et ses variations de longueur sont trop peu considérables pour réaliser le but poursuivi par les marins du « *Blake* » (1^m,90 à 1 mètre), mais il rend cependant d'assez grands services en renseignant continuellement l'équipage sur le travail accompli par l'appareil dragueur. Sa compression plus ou moins grande indiquant les plus ou moins grands efforts que le chalut est obligé de faire et conséquemment les obstacles qu'il rencontre. Employé dans ce sens, cet appareil permet de manœuvrer avec certitude et d'éviter ainsi les avaries.

Il a rendu de bons services dans les missions françaises.

MACHINES A SONDER

APPAREIL DE SONDAGE DE M. THIBAUDIER, ingénieur des constructions navales.

— Dans la campagne de 1883, le dispositif adopté pour l'instrument de sondage présente quelques modifications à celui des voyages précédents.

Les savants et les marins font école, leur outillage s'en ressent; c'est ainsi que M. Thibaudier essaya de réaliser un appareil qui pût automatiquement embrayer le mou du fil de sonde dans les coups de roulis, de façon à éviter la formation des coques ou les ruptures et qui permit aussi de stopper la poulie de dévidement dès que le tube sondeur arrive à toucher le sol sous-marin.

Voyons donc quel dispositif il adopta (fig. 9).

Sur la passerelle fut installée une poulie portant enroulée 8000 mètres de fil d'acier de 1 millimètre de diamètre et ne pesant pas tout à fait 7 kilogrammes

par mille mètres, avec une résistance de 140 kilogrammes à la rupture. De la poulie, le fil passait sur une bobine ayant exactement un mètre de circonférence et portant sur son axe une vis sans fin mettant en mouvement un appareil compteur. Celui-ci était constitué par deux roues dentées dont l'une marquait les unités et l'autre les dizaines.

De cette bobine, le fil de sonde passait sous un chariot mobile le long de bigues, il remontait enfin sur une poulie fixe et tombait à la mer après avoir traversé un guide ainsi constitué que quelle que fût l'inclinaison du fil il pût trouver une poulie sur laquelle s'appuyer (*). La poulie d'enroulement portait sur son axe un frein à levier dont l'extrémité était munie d'un bout de ligne amarré d'autre part au chariot.

Durant le sondage, alors que le roulis augmentait ou diminuait la tension du

fil de sonde le chariot remontait ou descendait légèrement le long des bigues. Ces mouvements agissaient, évidemment, avec plus ou moins d'intensité sur le frein de la poulie et régularisait ainsi la vitesse de descente. Enfin lorsque le tube sondeur atteignait le fond, le fil étant subitement allégé le chariot serrait le frein et stoppait immédiatement l'appareil.

Dans cette opération comme dans toutes celles qui ont l'Océan pour théâtre il fallait compter nécessairement avec l'état des éléments. D'un autre côté, si la mobilité du chariot permettait d'embrancher le mou dans les coups de roulis il était plus difficile d'obtenir de l'appareil qu'il

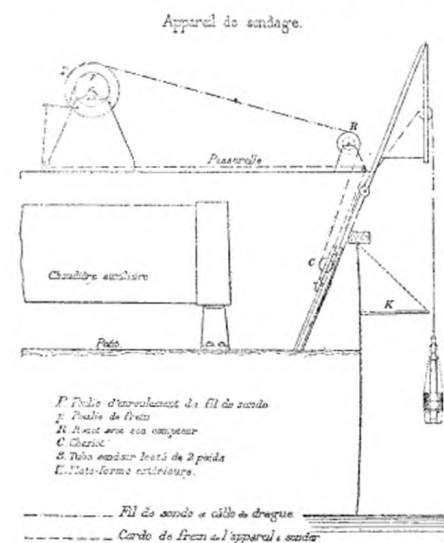


Fig. 9. — Machine à sonder du *Talisman*.

stoppât dès que le sondeur touchait le fond car, suivant les profondeurs, variait le poids de fil d'acier auquel le chariot faisait équilibre et qui demeurait suspendu en dehors du navire.

On était donc amené à surcharger le chariot de poids mobiles, capables de faire équilibre aux plus grandes longueurs de fil présumables. Le résultat le plus immédiat de cette manœuvre était que le chariot devenant ainsi très lourd agissait fortement sur le frein et contrariait la descente. On en arrivait à charger également le tube sondeur, de façon à avoir dès le début du déroule-

1. *Mission scientifique du Talisman dans l'Océan Atlantique.* — Rapport du commandant Parfait, Annales hydrographiques, n° 663, p. 274.

ment une vitesse de chute convenable, qu'après essais on fixa à deux cents mètres à la minute.

En résumé, le chariot était chargé de façon à ce que son poids représentât le double de celui du fil de sonde de la profondeur supposée, pour obtenir la vitesse initiale de 200 mètres à la minute, le sondeur était surchargé de 23 kilogrammes pour les profondeurs de 2000 mètres de 34 kilogrammes pour celles de 2000 à 3500 mètres et de 56 kilogrammes pour les profondeurs supposées supérieures à 3500 mètres.

Bien que le poids du fil de sonde s'ajoutât dans le dévidement à celui du tube sondeur, la vitesse de chute décroissait sensiblement par suite du frottement de l'eau contre le fil d'acier en sorte que pour obtenir une vitesse de déroulement uniforme, il eût fallu décharger à mesure le chariot pour qu'il agit moins fortement sur le frein, ainsi que le prouve du reste le détail des opérations de sondages relatées par M. le capitaine de frégate Parfait, commandant le *Talisman*.

La poulie d'enroulement était actionnée par un brother-hood sur l'arbre duquel elle s'embrayait directement.

Pour faciliter la manœuvre du moteur, on avait établi sur le flanc de tribord du bâtiment une plate-forme où se tenait l'homme chargé de lancer le plomb de sonde.

Au moment de commencer l'opération, le navire étant amené debout à la mer on le maintenait aussi immobile que possible en s'aidant de l'hélice et de la voilure; un officier commandait la manœuvre de l'appareil de sondage.

Machine à sonder du « Blake » et de l'« Albatross ». — Cet appareil fut mis en usage par des missions des Etats-Unis en 1877 et présente l'avantage d'opérer rapidement en résistant aux mouvements brusques du roulis et tangage. Il occupe en outre, un très faible volume (fig. 10).

Il se compose d'un tambour *d*, ayant une brasse de circonférence et portant une gorge profonde. Ce tambour est fort léger et peut être démonté facilement et conservé dans l'huile comme le fil de sonde lui-même. Sur ce tambour passe le fil d'acier avant de s'engager (suivant un dispositif dans le détail duquel je crois inutile d'entrer) sur la poulie *h* d'où il tombe à la mer.

Des accumulateurs se trouvent dans les piliers creux *f, f*, et sont reliés à la poulie par les chaînes *i*; cette poulie *h* a une circonférence d'une demi-brasse, déduction faite de celle du fil de sonde, et elle est pourvue d'un compteur dont il suffit, conséquemment, de multiplier le chiffre indiqué par deux pour avoir la profondeur du brassage.

L'arrêt du système de dévidement est obtenu par une corde de friction passant sur la gorge du tambour et la poulie postérieure *m*.

y est une poulie qui sert à écarter le sondeur des flancs du bâtiment.

Un sondage à 3000 brasses ne demande guère qu'une heure, montée et descente comprises.

Cet appareil est dû à Sigsbee.

Légende : *a*, planche d'acier supportant l'appareil *b*, planche de chêne; *c*, appa-

reil de dévidement en acier bronzé; *d*, tambour; *e*, compteur; *f, f*, piliers guides; *g*, couronnement; *h*, poulie de l'accumulateur; *i*, chaînes de l'accumulateur attachées à la poulie; *j*, corde de friction; *k*, articulation; *l*, cylindre de l'appareil de déhissage; *m*, poulie d'enroulement; *n*, manivelle; *o*, poulie de tension; *p*, courroie circulaire; *q*, courroie de tension; *r, s*, conduite de vapeur, etc.

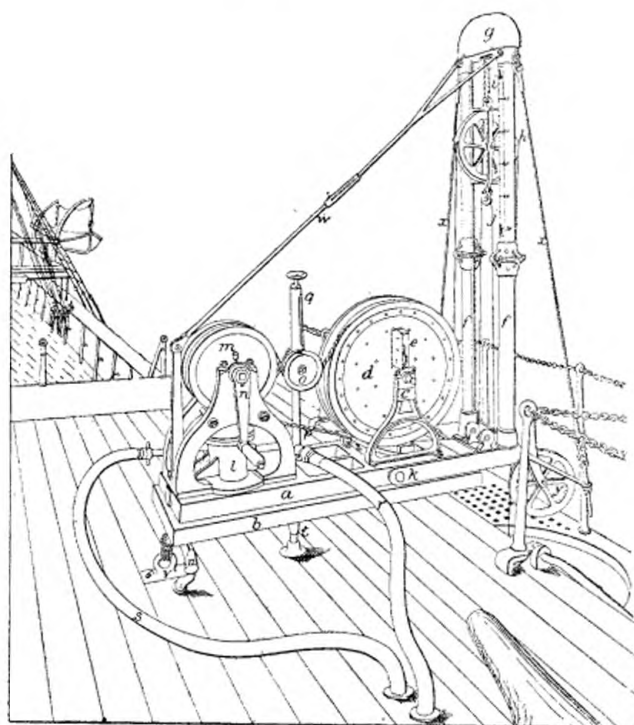


Fig. 10. — Machine à sonder de l'Albatross

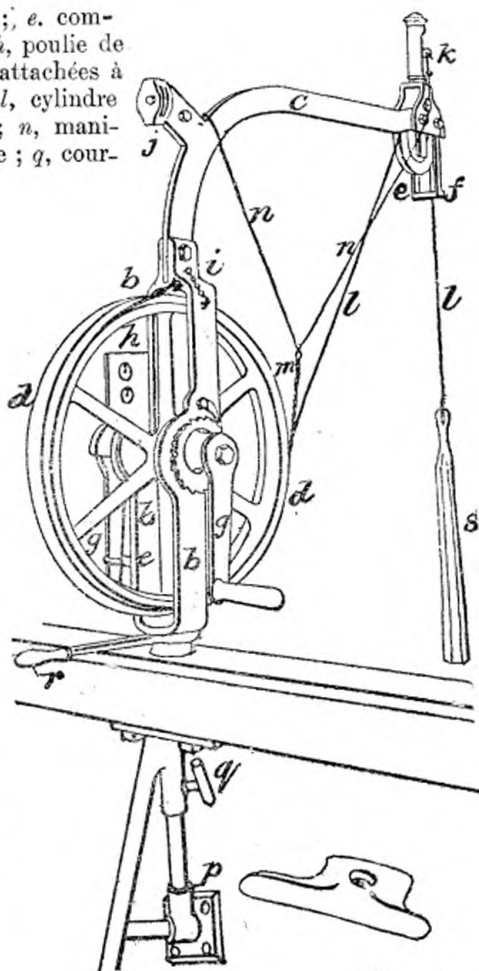


Fig. 11. — Machine à sonder du Fish Hawk

Machine à sonder du « Fish Hawk ».

Légende : *a*, pivot; *b, b*, charpente; *c*, bras condé; *d*, poulie; *e*, poulie-guide; *f*, guide; *g, g*, crémaillère; *h*, compteur; *i*, cheville; *h*, accumulateur; *l*, ligne de soutien; *m*, corde de friction; *n*, ligne de l'accumulateur; *o*, trou pour la corde de friction; *p*, douille; *q*, vis de pression; *r* guide (1).

Cet appareil est dû au commandant Tanner et je me borne dans cet examen rapide à en donner la figure et la nomenclature des pièces.

Machine à sonder de la « Princesse-Alice ».— Cet appareil arrêtant automatiquement le déroulement du fil de sonde dès que le sondeur touche le fond (fig. 12), se compose d'un grand tambour T, sur lequel est enroulé le fil d'acier, mû par la vapeur; d'une poulie sur laquelle passe ce fil venant au tambour, en rapport avec un puis-

1. Report on the construction and out fit of U. S. Fish Commission steamer Albatross, by Lieutenant-Commander Z. L. Tanner, U. T. N. — in Report of the Commission. U. S. Commiss. of Fish and Fisheries for 1883, p. 58.

sant ressort à boudin R, d'une part, et le frein du tambour d'autre part, qu'elle peut serrer sur la gorge. Lorsque cesse le déroulement, le ressort se détend et serrant la poulie, il agit par son intermédiaire sur le frein du tambour; automatiquement se trouve ainsi arrêté le dévidement du fil quand le sondeur touche le fond. Un compteur est annexé à l'appareil.

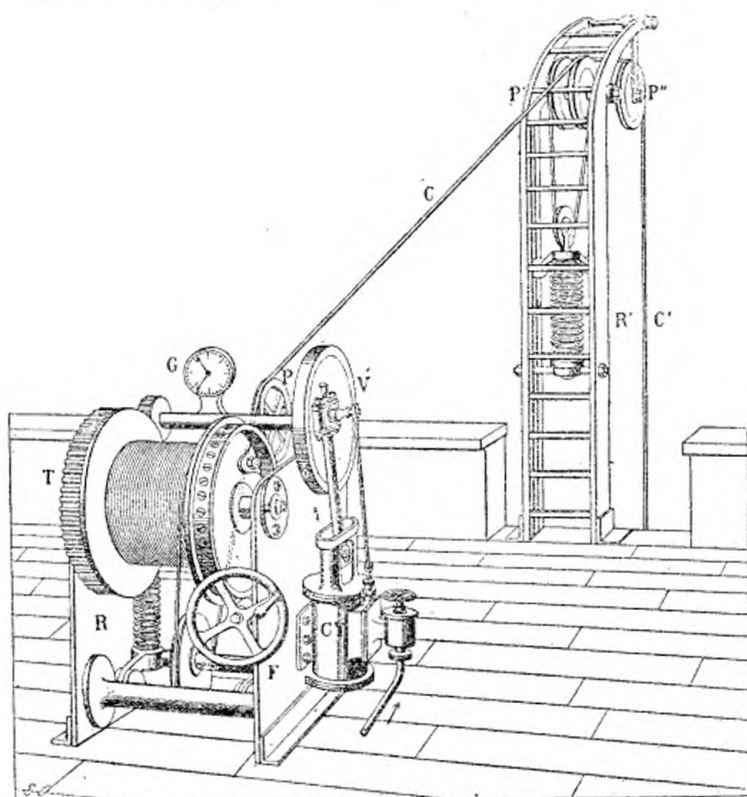


Fig. 12. — Machine à sonder de la *Princesse-Alice*

Pour parer au roulis du navire se trouve fixé sur le bastingage de babord un appareil composé d'une poulie P' qui envoie le fil de sonde sur un moufle attaché à un ressort à boudin très fort, et de là sur une autre poulie P'' d'où il plonge dans la mer.

L'élasticité du ressort pare ainsi aux oscillations du navire.

Machine à sondeur de Massey.

Cet appareil est ainsi composé (1) : Deux boucles ou œillets, FF, sont passés au travers des deux extrémités d'une lourde plaque ovale ou bouclier AA. La corde de sondage est fixée à l'œillet supérieur, et le poids à l'œillet inférieur, à la distance d'environ une demi-brasse de la plaque. Quatre ailes de cuivre B, sont soudés obliquement à un axe, de façon qu'à mesure que la machine plonge et descend la pression de l'eau contre les ailes imprime à l'axe un mouvement de rotation.

1. Wyville Thomson. *Les Abîmes de la mer*, trad. Loviet, p. 88.

L'axe, en tournant communique son mouvement aux indicateurs du cadran C, qui sont combinés de telle sorte que l'indicateur du cadran de droite passe sur une des divisions à chaque brasses de descente verticale, lente ou rapide, et accomplit une révolution complète à 15 brasses, tandis que l'indicateur de gauche passe sur une des divisions du cadran toutes les quinze brasses, et accomplit sa révolution complète pendant une descente de 225 brasses. Quand les profondeurs sont plus grandes, il faut simplement ajouter un cadran avec son indicateur.

Pour de grandes profondeurs, du reste, ses indications sont assez inexactes.

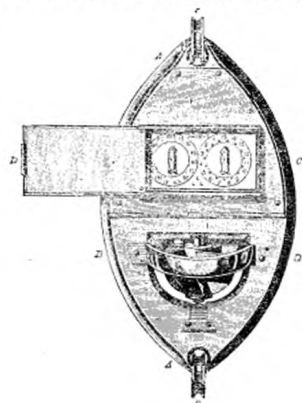


Fig. 13. — Machine à sonder de Massey.

BATHOMÈTRES

Au lieu de mesurer la hauteur des eaux on a mesuré, ce qui revient au même, la pression de celles-ci.

Dans tous les sondeurs où la profondeur est déduite de la quantité de fil déroulé, il faut évidemment faire la part de l'obliquité du fil et se livrer à des corrections toujours assez peu précises des chiffres obtenus.

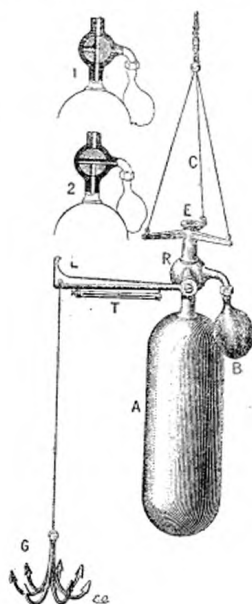


Fig. 14. — Bathomètre de Regnard

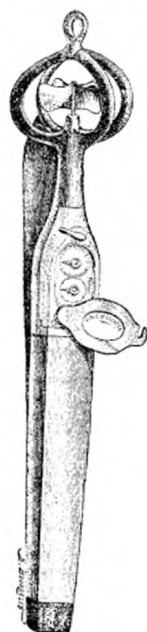


Fig. 15. — Sondeur de Le Coëntre

C'est ce qui explique pourquoi nombre de savants ont cherché la réalisation de sondeur donnant eux-mêmes l'indication de la profondeur à laquelle ils étaient parvenus.

Un des premiers fut celui de Le Coëntre, composé d'un plomb de sonde et d'une hélice dont les mouvements sont enregistrés par un compteur spécial qui se désengage dès que l'on remonte le fil et dont les déviations horizontales ne sont pas marquées par l'aiguille (fig. 15).

D'autres bathomètres ont été inventés aussi dans lesquels les auteurs se sont basés sur la compression éprouvée aux grandes profondeurs, soit par un volume donné d'air soit par une masse liquide déterminée, tels sont ceux de Thomson et de M. Fol. Malheureusement ces appareils sont peu pratiques, les corrections à faire subir par suite de la compression du verre ne permettant pas de déductions bien exactes.

Bathomètre du Dr P. Regnard.

Le Dr P. Regnard donne la description d'un bathomètre dû à son invention et qui, basé sur le principe de la compressibilité d'un volume de liquide donné, me paraît devoir fournir de bons résultats (fig. 14) :

« Un grand vase de cuivre mince A aura la capacité qu'on désirera. Il sera avantageux, comme on va le voir, de lui donner de grandes dimensions. Un hectolitre ne me semblerait pas de trop. Il n'y a pas à craindre le poids puisqu'il nous faut un minimum de 50 à 70 kilogrammes pour aller au fond avec assez de vitesse. Notre vase A est ouvert en haut par un robinet à trois voies R que manœuvre le long levier L. Un collier s'attache au-dessus de ce robinet ; il soutient trois fils d'acier ou de chanvre C réunis en patte d'oie au niveau du câble de descente. Sur la troisième voie du robinet se trouve un sac de caoutchouc épais, aplati et vide d'eau.

Quand on descend l'appareil, le robinet est dans la position 1, c'est-à-dire que le ballonnet est fermé et que le robinet est ouvert de la bouteille à l'extérieur. La grande bouteille se remplit donc d'eau dès qu'elle est immergée. On la descend, au fur et à mesure qu'elle s'abaisse l'eau s'y comprime naturellement.

« Arrivée au fond elle se couche, le trainage sur la vase accroche le grappin qui est au bout du levier L et ferme du coup le robinet qui prend dès lors la position 2. La communication avec l'extérieur est supprimée mais la bouteille communique avec le ballonnet B. On remonte le bathomètre, l'eau se décomprime et l'excès du liquide va se déverser dans le ballonnet B. Arrivé à bord, celui-ci est dévissé, on verse l'eau qu'il contient dans une éprouvette graduée.

« Ou alors tous les éléments du problème ».

En effet des travaux antérieurs nous ayant fait connaître la compressibilité de l'eau de mer, il est facile de calculer la profondeur d'après l'eau recueillie et qui provient de la décompression du liquide recueilli. La correction de température devra être faite et c'est pourquoi il est adjoint à l'appareil un thermomètre à retournement T abrité sous le levier L.

Bathomètre Siemens.

De tous les instruments de ce genre, le plus ingénieux et à la fois le plus pratique (si la fabrication en était bonne) serait celui de Siemens qui, sur mer, donne la profondeur de l'eau, comme le baromètre donne la pression atmosphérique.

Le principe en est le suivant : Un corps éprouve de la terre une attraction proportionnelle à la densité des couches sous jacentes à ce corps. Ainsi sur mer l'attraction exercée sur un corps sera celle qu'il éprouverait sur terre à une même altitude moins celle que lui fait subir une colonne d'eau salée, de densité deux fois et demie moindre que la terre.

1. Docteur PAUL REGNARD, *la Vie dans les eaux*. — Paris, 1891, Masson, p. 127.

Le bathomètre de Siemens se compose d'un tube d'acier fermé par une large membrane d'anéroïde et assez long. On le remplit de mercure. Le tube est fermé en haut et continué par un tube capillaire roulé en spirale et plein d'huile.

Supposons que la profondeur diminue, le mercure pèse plus, par conséquent il appuie sur la membrane même et tend à se précipiter, l'huile suit son mouvement et descend dans le tube capillaire, le phénomène inverse se produit quand la profondeur augmente.

Pour éviter la rupture de la membrane et les corrections de températures, l'appareil est muni de deux ressorts à boudin solides, soutenant un piston placé au milieu de cette membrane, et dont les dilatations compensent celles du mercure.

II. — Appareils de Dragages.

Au cours de la campagne du *Travailleur* en Méditerranée, dans l'exploration des fonds vaseux, si communs en cette région, les dragues ne donnèrent que

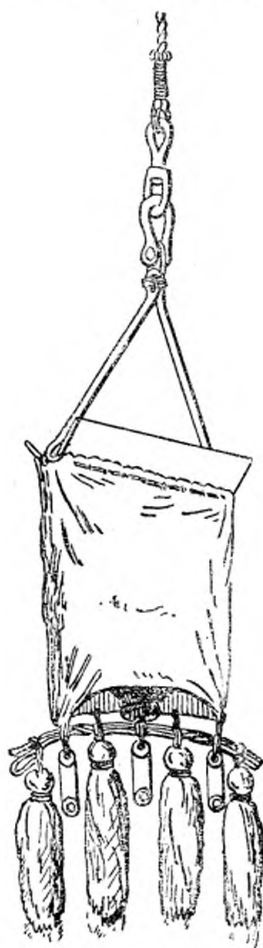


Fig. 16. — Drague ordinaire de l'*Albatross*

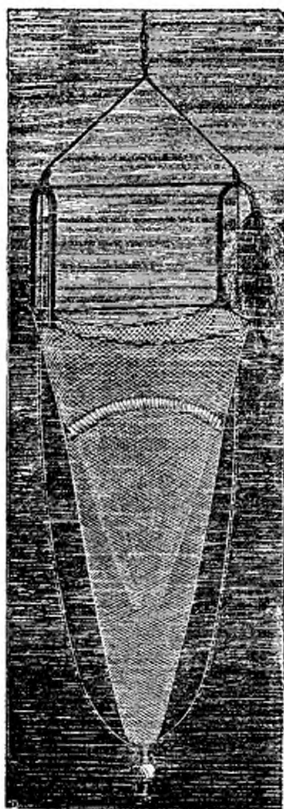


Fig. 17
Chalut du *Talisman*



Fig. 18
Fauvert

Fig. 20

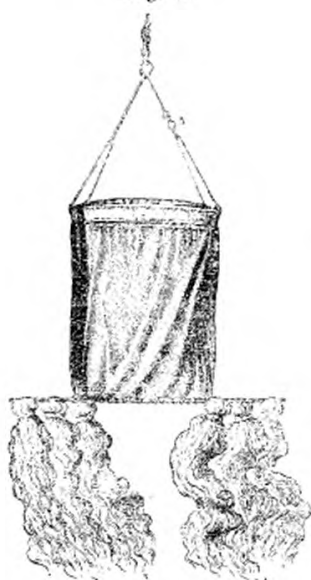


Fig. 19.

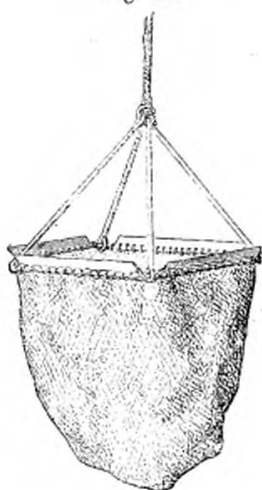


Fig. 21

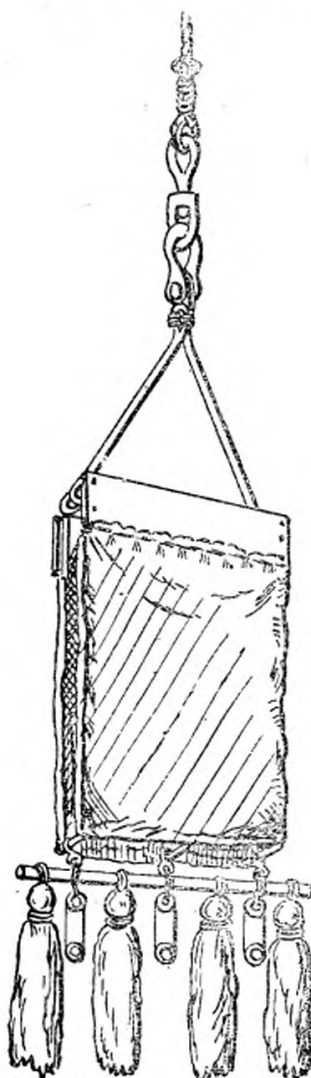


Fig. 22

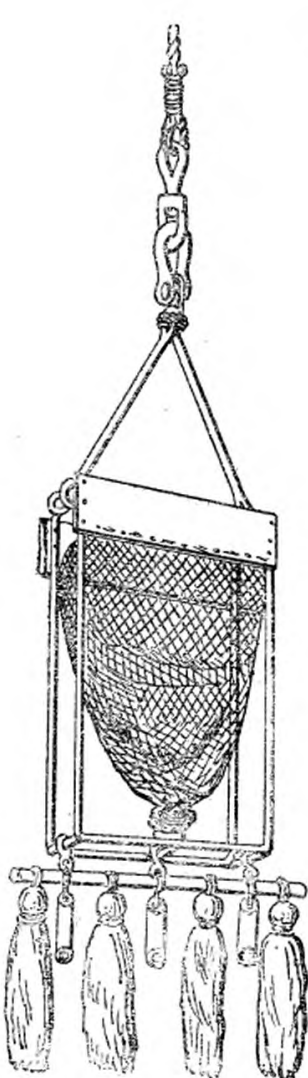


Fig. 23

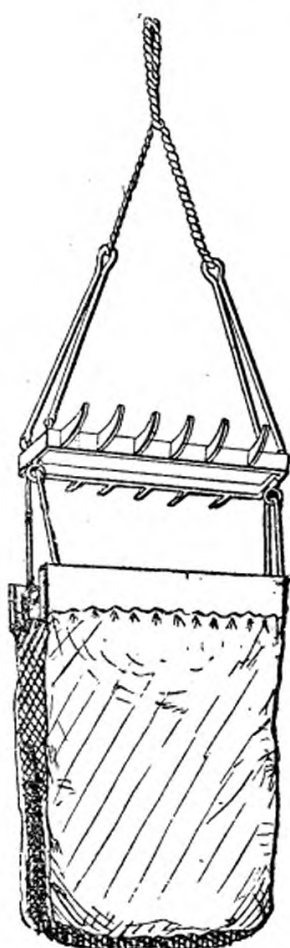


Fig. 24

Fig. 19. Drague de Otho Frederick Müller. — Fig. 20. Drague de Ball. — Fig. 21. Drague de Calver. — Fig. 22-23. Dragues du Blake. — Fig. 24. Drague de Chester (pour la récolte des mollusques, annélides, crustacés vivant dans les couches superficielles du sol sous-marin).

d'assez mauvais résultats. Leur poids considérable les fait enfoncer dans le substratum, si bien qu'elles se remplissent de vase, sans compter que leur armature métallique brise ou mutilé les animaux délicats qu'elle rencontre. Enfin, leurs dimensions restreintes ne permettent pas la capture d'animaux d'un certain volume.

Le chalut paraissait appelé à donner de bien meilleurs résultats, mais à de grandes profondeurs, la manœuvre de cet instrument est fort difficile, l'appareil ne tombe pas toujours, du côté convenable, le filet se retourne etc. Pour éviter ces inconvénients, M. le lieutenant de vaisseau E. Richard, l'éminent officier qui dans ses fonctions de commandant du *Travailleur* a su se rendre si utile aux missionnaires et auquel la science de l'océanographie doit de précieux appareils, fit construire un grand chalut de 7 mètres de large, à ouverture béante et muni de larges patins de bois qui, glissant au-devant de l'appareil empêchaient celui-ci d'enfoncer dans le vase du sol.

Les dragues n'ayant donc donné dans les explorations précédentes, que de médiocres résultats, on les abandonna à peu près complètement à bord du *Talisman* où on ne les utilisa que trois ou quatre fois sur des fonds de coraux; on préféra se servir des chaluts employés déjà à bord du *Travailleur* en 1882 et qui avaient soit deux, soit trois mètres de largeur.

Toutefois ils furent perfectionnés en ce sens que le filet extérieur, jouant seulement un rôle protecteur, fût confectionné en filin très solide; à leur intérieur, de plus, et fixés sur l'armature métallique on adapta quelques fauberts dont les filaments flottants enserraient, comme pris au piège, les animaux passant dans leur voisinage. Enfin au fond du filet, fut placé un autre faubert destiné à protéger les êtres délicats et à servir de tampon sur lequel on pût recueillir de la vase (fig. 18).

C'est à M. le professeur de Lacaze-Duthiers que l'on doit l'introduction dans les recherches marines des fauberts qu'il avait vu employer par les pêcheurs de corail de la Méditerranée. Ce ne sont en somme que des paquets de filin dilacéré qu'on promène sur les fonds et dont le chevelu, pénétrant dans les moindres interstices s'empare des animaux qui les habitent. Ils sont d'autant plus faciles à se procurer que leur usage primitif est de servir à bord des navires au lavage du pont.

Câbles de dragues. — Funes.

A bord du *Travailleur* on avait embarqué environ 15 000 mètres de lignes de dragues dont la circonférence oscillait entre 0^m,075 et 0^m,06, de plus une réserve était formée par 10 000 mètres de lignes plus minces.

Quoique dans leur genre, ces lignes fussent d'une confection irréprochable, on juge de l'encombrement qui devait résulter de ces amas de cordages à bord. De plus, leur résistance était en somme assez peu considérable et leur vitesse d'enroulement faible (1 kilomètre à l'heure). On peut se figurer des difficultés que

l'on rencontrait dans la manœuvre de l'engin lorsqu'il fallait parer à une avarie ou dégager la drague d'une anfractuosité où elle s'était enfoncée.

Cependant depuis déjà quelques années, les naturalistes de la commission du *Blake* faisaient usage d'une fune en fil d'acier de 0^m,028 de circonférence et offrant une résistance de 4 000 kilogrammes. La commission française ne pouvait manquer de se mettre au niveau du progrès; car les avantages sans nombre d'un pareil procédé amenaient en réalité une considérable économie; les dragages pouvaient être beaucoup plus fréquents dans un même temps (l'enroulement et le déroulement par la vapeur étant très rapides) et les chances de rupture étant beaucoup moins nombreuses.

Le câble d'acier fut commandé à la Compagnie des Forges de Châtillon et de Commentry.

Les conditions imposées à ce câble, par le traité du 31 juillet 1882, étaient les suivantes :

Etre composé de six torons de 7 fils n   6, en acier zingué avec   me de chanvre.

Ne pas avoir un diamètre de plus de 10 millimètres.

Ne pas peser plus de 350 grammes par mètre.

Avoir une souplesse assez grande pour pouvoir s'enrouler sans difficulté et sans fatigue sur des treuils ou des poulies de 45 centimètres de diamètre.

Présenter une charge de rupture d'au moins 4000 kilogrammes.

« Toutes ces conditions ont été parfaitement remplies » dit M. le commandant Parfait « et je ne saurais trop faire l'éloge de ce câble qui a été l'objet de notre admiration, par sa souplesse, par la facilité avec laquelle on peut le travailler et par la manière dont il a résisté aux rudes épreuves auxquelles il a été quelquefois soumis. »

Or ce câble était en deux bouts, l'un de huit mille mètres et l'autre de quatre mille formant une réserve.

Cependant   long   sur une grande longueur, il s'est légèrement d  tordu et malgré que le chalut f  t fixé à son extrémité par une manille    émerillon, cette extrémité ne s'étant pas d  tordue, il en est ainsi résulté dans les 100 derniers mètres une torsion excessive donnant lieu à des coques.

Au lieu d'  pissier l'extrémité du câble autour de la cosse qui supporte la manille du chalut on préférait ligaturer fortement avec un fil de fer recuit l'extrémité du câble d  commiss après avoir capel   celui-ci sur la cosse.

Il serait utile que le fil de sondage f  t lui aussi d'un seul bout; car il arriva durant l'expédition de le voir briser aux spires de jonction et cela ne paraît pas de prime abord devoir être une difficulté pour la compagnie qui a pu fournir huit mille mètres de câble d'acier d'un seul tenant.

Déroulement de la fune métallique. — Durant le premier mois de la campagne du *Talisman* il n'était guère déroulé que 50 mètres de câbles à la minute, plus tard la vitesse de dévidement dépassa 100 mètres ; le bâtiment filant à ce moment 2 à 3 nœuds, il était impossible d'embrouiller le câble dans de semblables conditions.

Enroulement de la fune métallique. — Bien que les bobines fussent enrouler 60 mètres de câbles, à la minute, avec une charge de 2400 kilog., cette vitesse ne fût jamais atteinte. En réalité cette vitesse d'enroulement ne dépassa jamais 50 mètres par minute pour les profondeurs inférieures à 2500 mètres. Elle s'abaissa même plus tard à 40 mètres lors des avaries survenues aux appareils.

Pour ramener des grandes profondeurs les dragues et les chaluts, il fallait nécessairement un dispositif spécial d'une grande puissance. Il se composait : « d'un treuil puissant destiné à relever le câble, d'une bobine mise en mouvement par une petite machine auxiliaire, sur laquelle était enroulé un câble de 8000 mètres de longueur, de poulies de retour pour le câble, d'un accumulateur en caoutchouc d'un espars destiné à déborder les filets. »

Le treuil avait une force de 20 chevaux, il était à deux cylindres muni de deux poupées dont l'une avait 2 mètres de circonférence et recevait le câble.

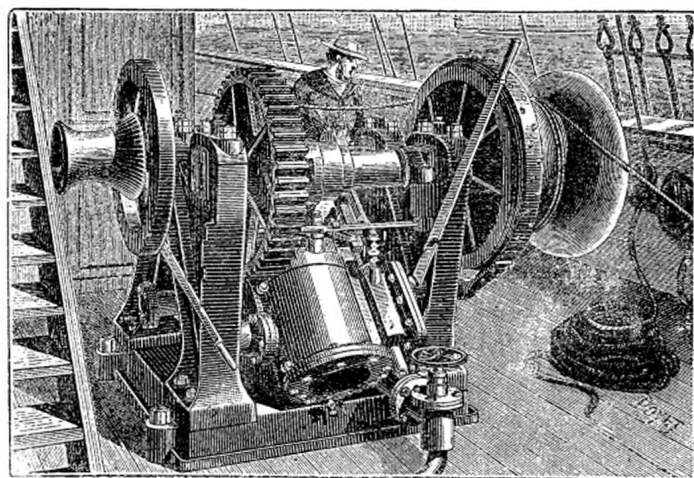


Fig. 25. — Treuil du *Talisman*

Celle-ci pouvait être affolée à volonté et se trouvait pourvue d'un frein et d'un compteur (fig. 25).

La bobine a deux cylindres également et pouvant marcher en avant et en arrière, était formée par un cylindre horizontal solide de 1 mètre de longueur et 65 centimètres de diamètre. Elle portait à ses extrémités des flasques circulaires

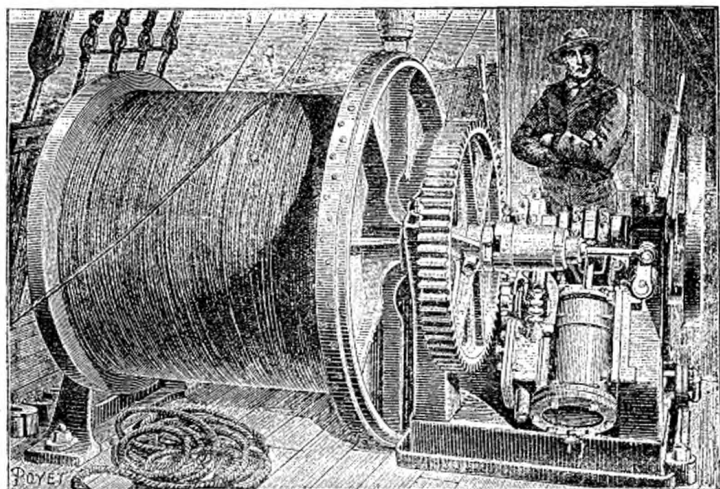


Fig. 26. — Bobine du *Talisman*

débordant le cylindre de 42 centimètres dont l'une était pourvue d'un levier puissant ; sur l'axe de cette bobine, une vis dentée, permettait d'engrener le pignon d'une machine de 10 chevaux (fig. 26).

Manœuvre du bâtiment pour draguer ('). Chaque matin pendant que se donnait le premier coup de sonde on prenait les dispositions suivantes pour draguer :

On passait le câble dans les poulies de retour de l'arrière et on venait lui faire faire sept ou huit tours sur la grosse poupée du treuil ; de là, on le conduisait dans les poulies de retour de l'avant, puis dans celle de la pantoire et on le frappait sur le chalut au moyen d'une manille dont le boulon était maintenu par une goupille que l'on avait soin de fixer solidement. Le câble ainsi disposé restait en place jusqu'à la fin de la journée (fig. 27).

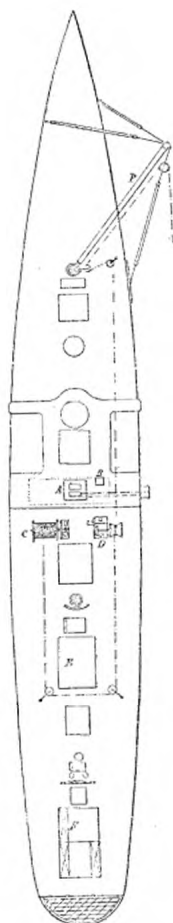
Suivant la profondeur ou l'état du temps on se servait d'un grand ou d'un petit chalut. Avec beau temps ceux de trois mètres avaient été employés avec succès jusqu'aux profondeurs de 3600 mètres. Dans les environs de 4000 mètres et au-delà, on ne se servit que du chalut de deux mètres. Pour les grands

1. M. le capitaine de frégate PARFAIT. — Mission scientifique du *Talisman* dans l'océan Atlantique. — Annales hydrographiques, n° 663, p. 281.

fonds, les chaluts étaient chargés de poids d'autant plus lourds que la profondeur était plus grande; ainsi au-delà de 3000 mètres, on mettait généralement

Fig. 27

Pont du Tahsman



A. Appareil au sondage
B. Machine Ormann
C. Bobine d'acier treuil
D. Grand treuil
E. Laboratoire
F. Chambre de passage

six poids de 23 kilogrammes sur l'armature du grand chalut et deux gueuses de 25 kilogrammes sur le fond, soit en tout une surcharge de 188 kilogrammes.

L'espars était convenablement orienté et solidement maintenu, surtout de l'avant, par des palans de garde.

Quand on voulait draguer, on désembrayait les deux machines, et un homme au frein du treuil, un autre au frein de la bobine se tenaient prêts à filer le câble.

Le bâtiment était amené vent arrière, ou au moins grand large, et il faisait route dans cette direction sous les focs et la misaine-goëlette, aidés de l'hélice s'il le fallait, avec une vitesse de deux à trois nœuds.

Lorsque tout était prêt, le chalut hissé par un car-tahut double établi sur la vergue de misaine était mis à l'eau. Le frein du treuil était soulevé entièrement et le déroulement se faisait au début sous le seul effort du frein de la bobine. Bientôt la tension devenait considérable, il fallait faire agir le frein du treuil et augmenter la puissance de celui de la bobine par des poids suspendus au levier. Les freins s'échauffaient rapidement, on les mouillait constamment à l'eau froide, et l'on arriva même à établir au-dessus du frein de la bobine un courant continu au moyen d'un bassin convenablement disposé. Cette installation a donné de bons résultats.

La quantité de câble filé variait avec la profondeur et avec l'état du temps. Par petite brise, on filait environ le double de la profondeur pour les fonds inférieurs à 600 mètres. Au-dessus, on filait 600 ou 800 mètres de plus que le fond et si la brise était fraîche on augmentait un peu la longueur de la touée.

Lorsque pour draguer dans les fonds moyens, le chalut n'était pas surchargé, il arrivait qu'en le mettant à l'eau, son poids n'était pas suffisant pour en traîner la bobine. Dans ce cas, on embrayait le treuil et le faisait marcher en arrière jusqu'à ce qu'il y eut 200 à 300 mètres de fils. Cela suffisait pour que le déroulement se fit ensuite tout seul.

Lorsque toute la touée était dehors, ce qui était indiqué par le compteur du treuil, on abaissait les deux freins pour maintenir le câble et on laissait le bâ-

timent courir de l'avant pendant quelques minutes pour le bien raidir. On mettait alors la barre dessous, le bâtiment venait de travers au vent et n'était plus soumis qu'à la dérive.

Lorsque le filet est sur le fond, il est convenable pour bien pêcher d'avoir une dérive très lente; si la dérive est trop forte, il sautille sur le fond et revient à vide.

En filant le câble il faut apporter la plus grande attention à la manœuvre des freins et ne pas s'effrayer de la vitesse du déroulement. Ces freins ne permettant pas de modérer la vitesse à volonté, si on les actionne trop fortement, ils arrêtent brusquement le déroulement et donnent, lieu à des chocs. Il faut surtout éviter de stopper avec le frein du grand treuil, car à l'inconvénient signalé ci-dessus s'ajoute celui de laisser du mou entre les deux machines, ce qui peut produire des coques.

Le câble doit être fortement tendu sur l'eau; cela, comme nous l'avons dit nécessite une vitesse d'au moins deux nœuds; avec moins de vitesse, le câble coule plus vite que le filet, arrive au fond avant lui et, par suite de la chaînette qui s'est formée, le filet descend en levant sous lui-même la partie du câble qui n'avait pas encore atteint le fond, d'où un enchevêtrement fort désagréable, fâcheux pour le câble et généralement cause que le filet ne rapporte rien.

Au début de la campagne, on laissait, comme à bord du « *Travailleur* » le chalut une demi-heure ou trois quarts d'heure sur le fond; plus tard, surtout dans les grandes profondeurs, on le laissa plus de deux heures et y trouva grand avantage.

Pour relever le câble, on amenait le bâtiment debout au vent, afin d'avoir le moins de roulis possible. Si le bâtiment avait été immobile, cette opération n'aurait présenté aucune difficulté, mais avec les mouvements constants du *Talisman*, il fallait une grande vigilance de la part des mécaniciens chargés

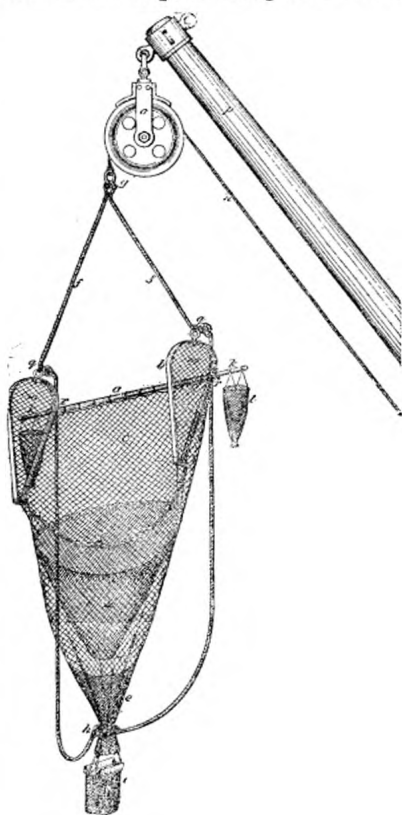
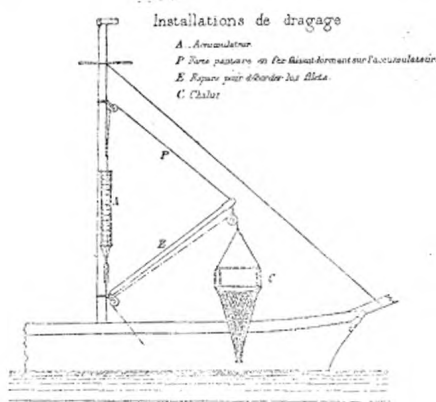


Fig. 28. — Espars de l'*Albatross*

des treuils, une précaution indispensable pour éviter les chocs dangereux est de

Fig. 29



mettre toujours en marche la première machine de la bobine, et de régler l'introduction de manière que le câble soit très tendu entre cette machine et le grand treuil.

Lorsque le filet arrivait à la surface, il était mis à bord au moyen du palan de la vergue de misaine et d'un palan d'étai (fig. 29).

Les machines ont assez bien fonctionné, dit encore M. le commandant Parfait, à partir du moment où toutes les portées eurent été faites

par quelques jours d'usage, mais elles ont présenté quelques points défectueux (1) :

1° Le frein de la bobine n'est pas assez puissant, il est à simple effet, tandis que celui du *Blake* était à double effet, c'est-à-dire que le levier, agissant sur les deux extrémités de la lame du frein système qui en lui donnant plus de force avait l'avantage de mieux répartir l'usure des plaques de frottement en bois ;

2° L'embrayeur de la bobine n'est pas assez résistant ; il se compose d'un manchon à quatre dents qui entre dans un emmanchement pareil pratiqué sur la grande roue dentée. Trois des dents de l'embrayeur se sont cassées dans la première moitié de la campagne ;

3° Les boulons et les coussinets des pieds de bielles, tant dans la machine de la bobine que dans celle du treuil, sont de trop petits diamètres. Il s'y produisait des chocs fréquents et l'usure a été telle dans ceux du treuil qu'il a fallu changer un coussinet et fabriquer à bord un boulon de rechange. L'inconvénient signalé ici est d'autant plus regrettable que la disposition des cylindres rend les démontages difficiles et très longs ;

4° La grosse poutre du treuil n'est pas en métal assez dur pour résister au frottement du câble d'acier. Au bout de trois mois d'usage, celui-ci avait creusé dans la fonte de cette poutre un sillon qui atteignait presque un centimètre de profondeur. Il aurait été impossible de continuer plus longtemps les dragages dans ces conditions, d'autant plus que les frottements répétés du câble, avec la pression considérable de son poids, avaient modifié la nature du métal au point que la lime ne pouvait pas mordre et qu'il était, par suite, impossible d'unir les surfaces ;

1. *Loc. cit.*, p. 278.

5° Les poulies de retour larges de 45 centimètres ne se graissaient pas convenablement. On a de plus, ajouté deux oreilles à l'extrémité de l'espars pour empêcher le câble de se décapeler.

Lignes à hameçons.

Dans les grands dragages scientifiques, les lignes munies d'hameçons n'ont pas été, que je sache, employées d'une façon suivie à la capture des poissons. Cependant, la vitesse du chalutage étant excessivement faible — condition excellente pour la récolte des êtres fragiles — il est évident que des animaux agiles comme les poissons devaient facilement se soustraire au rapt des engins sous-marins.

Une preuve, du reste, de l'utilité que pourraient avoir des lignes amorcées convenablement, m'est fournie par le rapport qu'a publié M. le Professeur A. Milne-Edwards sur l'expédition du *Travailleur* en 1881 (1) et où il raconte la pêche si intéressante que pratiquent les marins de Sétabal dans les fonds de 1 200 mètres qui avoisinent la côte de Portugal.

Avec une barque non pontée et fort légère que monte un équipage de huit hommes ils vont à la recherche des squales dont l'huile sert à brûler, la peau à polir le bois et la chair à manger.

Le seul engin de pêche consiste en une ligne de 1 500 à 1 600 mètres, portant 300 ou 400 hameçons, soigneusement levée dans le fond de la barque. Après avoir amorcé au moyen de sardines ils jettent cette ligne — avec une fort grande habileté, car il importe que les crochets ne s'embrouillent pas — et lorsque le plomb dont elle est garnie à l'extrémité a atteint le sol, la barque s'éloigne lentement de façon à promener l'appât sur la vase du fond. Au bout d'une heure environ, l'engin est halé à bras d'hommes, opération pénible qui ne demande pas moins de six à huit heures.

« Cette pêche, dit l'illustre président de la mission française, est des plus intéressantes : les poissons, tous de grande taille, arrivaient presque morts, à cause de la décompression trop brusque à laquelle ils avaient été soumis et qui amenait le dégagement des gaz de leur sang : on voyait d'abord paraître dans l'eau leurs yeux énormes et brillants, sous forme de disques verts et à lueurs phosphorescentes, comme celles qu'émettent dans l'obscurité les yeux des chats ; le corps de l'animal se montrait ensuite, et c'est à peine s'il palpitait encore quand d'un coup de croc les pêcheurs le jetaient dans le bateau ».

Les espèces ainsi récoltées étaient toutes fort rares car elles ne quittent pas les grands fonds où l'hameçon avait été leur tendre son amorce trompeuse. Elles n'étaient même pas représentées au Muséum de Paris, qui s'enrichit ainsi de pièces précieuses pour sa collection, en même temps que les anatomistes purent faire une étude complète de ces êtres.

On peut donc se demander si une semblable pêche pratiquée en d'autres fonds ne comblerait pas le vide laissé dans les recherches de la zoologie marine par les seuls dragages.

Tamisages. Il eut été impraticable de chercher pièce à pièce dans la vase raménée des grands fonds les êtres de très petite taille qui s'y trouvaient enfouis. On songea donc à les séparer mécaniquement de la gangue qui les enveloppaient en soumettant toute la masse boueuse à un lavage ménagé au-dessus de petits tamis agités à la main.

Mais cette opération fatigante était, en même temps beaucoup trop longue, sur-

tout lorsque le produit soumis à ce triage avait un volume de près d'un demi-mètre



Fig. 30. — Tamis anglais

pour tamiser et laver en une heure le contenu de la drague.

cube ainsi qu'il arrivait fréquemment. En 1882, on substitua à ce procédé une méthode beaucoup plus expéditive. Les tamis furent remplacés par une série de cadres métalliques superposés, assez grands et montés sur galets. Il suffisait ainsi d'imprimer à l'ensemble un léger mouvement de va et vient en même temps qu'on arrosait la surface avec ménagement

III. — Instruments pour l'Etude du milieu marin.

BOUTEILLES A EAU.

A bord des bateaux chalutiers qui travaillent à une quarantaine de brasses de profondeur, il est une expérience courante qu'en guise de passe-temps les matelots exécutent parfois. A une ligne de sonde, ils attachent au-dessus du plomb une bouteille munie d'un bouchon de liège bien enfoncé et ils précipitent le tout à la mer. Dès que le plomb a touché le sol ils halent la ligne et la bouteille revient à bord pleine d'eau et bouchée hermétiquement.

Le fait est d'une explication fort simple. Quand la bouteille atteint une certaine profondeur, la pression d'eau qui la surmonte enfonce le bouchon à l'intérieur du récipient qui se remplit de liquide et continu à descendre en même temps que le plomb qui le lesté. Lorsqu'elle remonte, la pression de l'eau interne applique le bouchon contre l'ouverture qu'il obture complètement.

Il n'est pas douteux, du reste, que si le bouchon n'avait pas un diamètre très supérieur à celui de l'ouverture, il serait projeté dans l'ascension de la bouteille, sinon cette bouteille, elle-même, se briserait au cas où elle aurait été descendue à une profondeur considérable. Cependant, c'est là un moyen de se procurer un échantillon du milieu liquide au-dessous de la surface des flots. On ne peut toutefois savoir, par ce moyen, la profondeur exacte à laquelle a été recueilli cet échantillon et je ne le cite que parce que le bouchage de cette bouteille dérive du même principe sur lequel ont été construits tous les appareils destinés à recueillir des eaux profondes, entre autre : *la bouteille à eau du Travailleur* de MM. les lieutenants de vaisseau E. Richard et Villegente..

Bouteille du « Travailleur »

Se rendant compte de toute l'importance qui s'attachait à la connaissance exacte de la nature chimique des milieux dans lesquels vivaient les êtres, que leurs appareils arrachaient aux abîmes, les membres de la commission française désiraient vivement être à même de pouvoir puiser à différentes profondeurs déterminées des échantillons d'eau de mer. Il importait en outre de savoir, au point de vue océanographique, si la composition de cette eau variait avec la profondeur. Ce furent MM. E. Richard, commandant « *le Travailleur* » et Villegente, lieutenant de vaisseau qui, après avoir étudié la question, firent construire à l'arsenal de Rochefort six bouteilles à eau d'un fonctionnement excellent et dues entièrement à leur invention.

« Ce sont des tubes métalliques terminés à leurs deux extrémités par un tronc de cône au dessous duquel est placé un robinet s'ouvrant et se fermant au moyen d'un assez long levier, qui, dans ces deux positions se place, tantôt perpendiculairement, tantôt parallèlement au tube. Quand le robinet est ouvert, sa clef passe sur une tige intérieure centrale à laquelle est fixée une soupape de caoutchouc qui ferme l'ouverture d'une cloison intérieure située au-dessous du robinet ; la soupape est alors soulevée et permet à l'eau d'entrer librement. Quand, au contraire, le robinet est fermé, cette même tige se trouve libre, pour que son extrémité se loge dans une excavation ménagée dans la clef du robinet ; elle obéit alors à un ressort qui amène la fermeture de la soupape. »

« Pour employer cet appareil, on l'attache verticalement à une ligne de sonde, ses deux robinets sont ouverts et son levier fait un angle droit avec le tube métallique ; pendant l'immersion, le mouvement de descente détermine un courant ; l'eau, entrant par l'orifice inférieur et sortant par l'orifice supérieur, se renouvelle facilement, et, lorsque la bouteille, après avoir atteint la profondeur voulue, y a séjourné quelque temps, on laisse tomber du navire, le long de la corde, une lourde bague de fonte dont le vide central est suffisant pour que, dans sa chute le long de la ligne d'immersion, elle franchisse chaque bouteille, en abaissant les leviers sans rester accrochée à l'appareil. Ce mouvement des leviers ferme les robinets et en même temps dégage les tiges des soupapes qui s'appliquent contre l'orifice intérieur de la bouteille ; on a ainsi une double fermeture, celle du robinet et celle de la soupape, qui non seulement empêche toute introduction du liquide ambiant, mais résiste avec beaucoup de force au mouvement d'expansion des gaz contenus dans l'eau et qui tendent à s'échapper par suite de la décompression rapide à laquelle ils sont soumis. En effet, tout mouvement de dilatation qui se produit à l'intérieur de la bouteille a pour effet d'appuyer plus fortement sur les soupapes de caoutchouc et de fermer plus hermétiquement les ouvertures.

Voici d'autre part la liste des pièces dont est composée chaque bouteille (fig. 31):

A, partie ogivale vissée sur le tube TT. Elle renferme : 1° Un canal *a, a*, servant pour l'amarrage de l'appareil sur la ligne d'immersion,

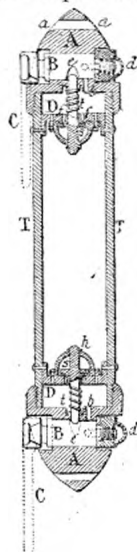


Fig. 31. Bouteille du Travailleur

2° Un logement pour la clef, B d'un robinet. Cette clef B, est manœuvrée à l'aide d'un long levier C, qui peut être mû de la position verticale représentée dans la figure jusqu'à l'horizontale, c'est-à-dire de 90 degrés de bas en haut et inversement. Un petit arrêt, fixé sur la partie ogivale A et qui n'est pas figuré ici, ne permet pas au levier C de dépasser la position horizontale ;

3° Un conduit central pour le passage de la tige *t* de la soupape *s* ;

4° Un petit canal *b* complétant le robinet et formant la continuation du canal de la clef B, lorsque le robinet est ouvert, c'est-à-dire lorsque le levier C est horizontal.

d est une crépine destinée à prévenir l'engorgement du robinet, dans le cas où l'appareil reposerait sur le fond.

La clef B est munie en *e* d'une cavité pratiquée dans le métal et formant une gorge dont les bords viennent se raccorder avec le corps de la clef par une légère courbure. Sans entrer dans les détails de construction, on peut dire que la cavité *e* est disposée de telle sorte que, dans les mouvements du robinet elle se présente devant la tige *t* de la soupape *s* dès que la fermeture du robinet est déterminée par le levier C.

T, T, corps de la bouteille, formé par un tube épais fermé à ses deux extrémités par les plaques métalliques DD.

Chacune de ces plaques porte une soupape et est percée en sa partie centrale, d'un conduit pour la tige *t* et de petits canaux *f, f* que la soupape *s*, dans son mouvement obture ou laisse ouverts.

Cette soupape comprend :

1° Un petit dôme *h* servant de guide à la tige *t*. Ce dôme est fixé sur la plaque D.

2° Tige *t* ;

3° Une rondelle de caoutchouc vulcanisé souple, appliquée avec une rondelle métallique faisant corps sur la tige *t*. Cette rondelle de caoutchouc, lorsqu'elle est appliquée fortement sur la plaque D produit l'obturation des canaux *f, f* ;

4° Enfin, un ressort à boudin *r* est d'une part fixé à la tige *t* et d'autre part s'appuie sur la plaque D. On voit donc que l'effort du ressort *r* ferme la soupape *s* lorsque la tige *t* est libre, ce qui a lieu quand, le robinet étant fermé, la cavité *e* est vis-à-vis de la tige *t* ; quand, au contraire, le robinet est ouvert, la tige *t* n'étant plus en regard de la cavité *e*, est repoussée par la clef du robinet, et la soupape est ouverte malgré l'antagonisme du ressort *r*.

Ainsi constituées, ces bouteilles étaient échelonnées le long du câble supportant l'engin de pêche à des profondeurs déterminées et différentes. Lorsqu'elles revenaient à bord, l'eau était recueillie avec précaution dans des bœaux spéciaux et l'analyse en a été faite par M. Bouquet de Gryn.

La haute pression à laquelle était soumis le liquide des bouteilles à eau exigeait certaines précautions pour les recueillir, car il arrivait qu'en ouvrant le robinet l'eau s'élançait au dehors en jet de près de deux mètres de longueur, et continuait ensuite à dégager de nombreuses bulles de gaz qu'il eût évidemment fallu recueillir, malheureusement le *Travailleur* n'était pas outillé pour de tels travaux.

L'envoi d'un poids messenger le long de la ligne destiné à obtenir le jeu des leviers, interdisait, d'autre part l'échelonnement des thermomètres, avant que M. le professeur A. Milne-Edwards n'eût imaginé un mécanisme spécial de retournement pour le thermomètre Negretti et Zambra.

Bouteille à eau des Missions étrangères

Bouteille du « Challenger »

La bouteille à eau du *Travailleur* ne diffère de celles du *Challenger* construit par

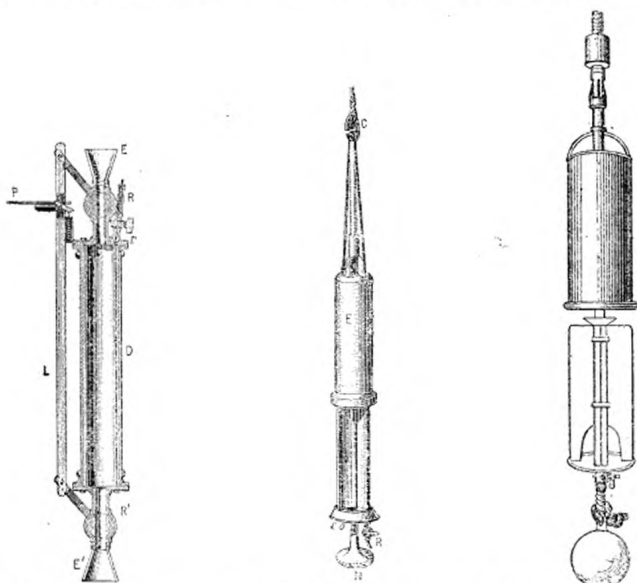


Fig. 32. — Bouteille de Buchanan Fig. 33. — Bouteille d'Ekman Fig. 34. — Bouteille de Mill

Buchanan qu'en ce que la fermeture des robinets de l'appareil est obtenue par

l'envoi d'un poids messenger, alors que dans l'appareil de la mission anglaise cette fermeture est automatique (fig. 32).

Supposons encore un tube métallique solide, terminé à ses deux extrémités par des robinets munis de leviers assez longs, réunis par une branche métallique.

L'ouverture ou la fermeture de l'un deux assure par conséquent, au même moment l'ouverture ou la fermeture de l'autre. A la partie supérieure de cette tige métallique de réunion se trouve articulée une plaque de cuivre portant un ongle qui s'appuie sur un ressort fixé au tube de la prise d'eau. Celui-ci porte encore un robinet de vidange et un ajutage permettant à l'eau de la bouteille de se mettre à la pression des couches supérieures liquides lorsqu'on hale l'appareil.

Quand on immerge l'instrument, la plaque métallique est redressée et les robinets ouverts, mais quand la descente s'arrête, cette plaque est abattue horizontalement et maintenue dans cette position par le petit ressort à boudin. Si maintenant on remonte quelque peu la ligne, la pression de la colonne d'eau qui surmonte la plaque heurtant celle-ci, vainc la résistance du ressort et en rabattant verticalement de haut en bas cette plaque amène la fermeture des robinets de la bouteille à eau.

Bouteille du laboratoire de Granton

La fermeture de cet appareil est obtenue par la chute d'un poids messenger amenée elle-même par le mouvement d'un thermomètre Negretti et Zambra. Le bouteille est formée, en principe, d'un manchon métallique dans l'axe duquel passe le câble d'immersion et dont la chute, provoquée à la profondeur voulue, emprisonne un volume d'eau entre les parois de ce manchon et deux disques de caoutchouc fermant les extrémités (fig. 34).

Dans la bouteille d'Ekman le principe est le même, mais la chute du manchon métallique est automatique et se produit dès que l'on cesse de filer la ligne. Le tout est entouré de gutta-percha, matière mauvaise conductrice de la chaleur, ce qui permet de prendre la température de l'échantillon d'eau puisé. Elle n'a été employée qu'à de faibles profondeurs (fig. 33).

Bouteille de « l'Albatross. »

La fermeture de cet appareil est obtenue au moyen d'un moulin à ailettes qui ne fonctionne que dans l'ascension de l'instrument.

D'une contenance de près d'un litre et d'un poids de 3 kilos, cet appareil est formé d'un tube métallique que surmonte une cage de même nature abritant les ailettes et leur pivot contre le vase, etc... L'axe du tube est occupé par une tige métallique qui doit servir à la fermeture qu'assurent deux obturateurs : inférieur et supérieur.

Quand l'appareil descend, la pression de l'eau soulève ces deux obturateurs. Mais en remontant les ailettes tournant en sens inverse du mouvement qu'elles avaient à la descente, dégagent du pivot une pièce horizontale qui, glissant entre les montants de la cage supérieure vient appuyer fortement sur l'obturateur supérieur, et par l'intermédiaire de la tige métallique interne du tube, ferme très solidement l'ouverture inférieure.

Cet appareil est dû à Sigsbee.

Bouteille du « Voringen »

Le récipient est ici en forme de tube spiral, ouvert à ses deux extrémités, mais le mode de fermeture est basé sur un principe semblable à celui de l'appareil de Sigsbee.

Le tube est enfermé dans un cadre portant à chaque extrémité une cage abritant une hélice. Dans l'immersion de l'appareil, les hélices soulevées n'agissent en aucune façon, mais dans l'ascension de la ligne, l'hélice supérieure abandonne la tige d'une soupape fermant l'extrémité supérieure du tube, tandis que l'hélice inférieure engrenant avec une roue dentée qui agit sur la tige d'une soupape, bouche l'orifice inférieur du tube.

Cette double fermeture est complétée par des ressorts à boudin qui la maintiennent bien hermétique.

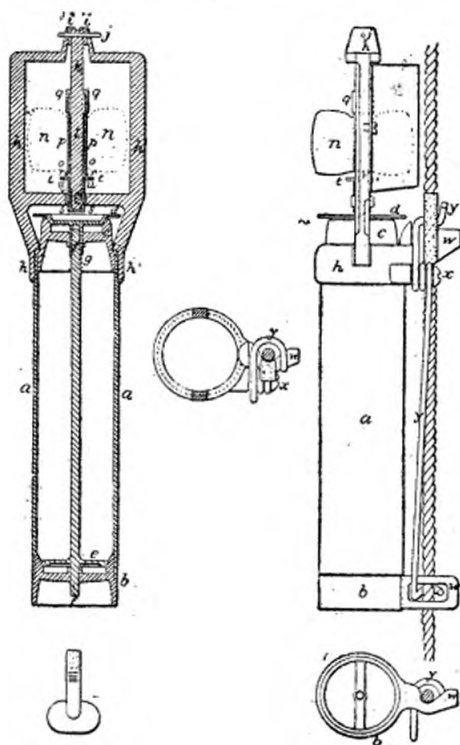


Fig. 35. Bouteille de l'Albatross.

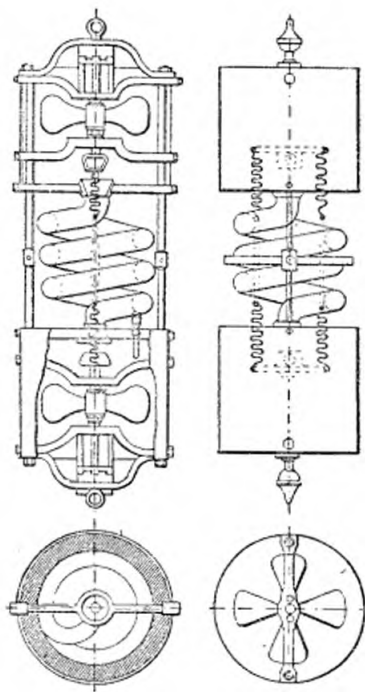


Fig. 36. Bouteille du Voringen.

Bouteille du Dr P. Regnard

Ce savant, peu convaincu que l'eau ramenée par les bouteilles fût réellement prise au niveau désiré, et que dans la descente il y eût renouvellement complet du liquide de l'appareil, croyant d'autre part, que l'assemblage compliqué de tant de robinets ne peut opposer un sérieux obstacle au dégagement des gaz de l'eau, eut l'idée de construire un nouvel instrument :

« Entre deux forts plateaux de bronze se trouvent fixés deux ballons de caoutchouc (fig. 37 et 38). L'un P est en caoutchouc très-épais et quand on l'écrase il reprend vivement sa forme. L'autre P' est au contraire très mince, s'écrase facilement et ne revient pas sur lui-même. Le ballon P se termine à sa partie inférieure par un gros robinet R dont la clef est mue par le grand levier L. Le petit ballon P' est terminé par un robinet R', de plus, les deux ballons sont en communication par un tube d'ébonite T percé de nombreux trous. Enfin, au robinet R, et dans l'intérieur du ballon P, se trouve adaptée une soupape en caoutchouc de Denayrouse. On sait que sous les pressions les plus formidables ces soupapes tiennent d'autant plus qu'elles sont plus pressées ».

L'appareil étant ainsi disposé on commence par fermer le robinet R, puis on adapte le robinet R' à la machine pneumatique à mercure qui fait partie comme on va le voir bientôt de notre appareil d'analyse. En un coup de pompe le vide est fait dans les deux ballons dont les deux parois s'appliquent énergiquement l'une contre l'autre. On ferme le robinet R', la bouteille de caoutchouc ne contient par conséquent absolument rien ».

« On le suspend alors au fil de sonde F et on le descend dans la mer. Quand on est arrivé au point voulu, on envoie du bord l'anneau de fonte A qui passe autour de la bouteille, s'accroche au levier L et l'abaisse brusquement, la bouteille est ouverte ».

« Le ballon P, en caoutchouc épais se dilate violemment et se remplit complètement d'eau. P' au contraire reste flasque. On remonte l'appareil, et si l'eau contenue en P augmente de volume, si elle dégage des gaz abondants, tout cela va se loger en P' qui se distend au fur et à mesure des besoins. Il est entendu qu'à la remonte

le clapet de Denayrouse C se ferme énergiquement par le simple poids de l'eau qui est au-dessus. On a pesé la bouteille avant le départ, on la pèse au retour, la différence des deux poids représente l'eau ramenée, on ferme alors le robinet R, on abouche R' avec le ballon vide de notre appareil d'analyse, eau et gaz qui ont pu se dégager y sont entraînés d'un seul coup ».

Cet instrument qui a donné de bons résultats jusqu'ici, aux profondeurs de 60 à 100 mètres, n'a pas encore été descendu dans les grands fonds.

Parmi les instruments de laboratoire destinés à servir à bord aux analyses immédiates des liquides ainsi recueillis, je ne vois pas de dispositifs bien spéciaux et particulièrement adaptés aux conditions particulières dans lesquelles se trouve placé l'expérimentateur.

Je dois cependant mentionner les trois ingénieuses modifications apportées encore par le D^r P. Regnard à la pompe à mercure destinée à l'extraction des gaz de l'eau et adaptée aux usages marins (1).

POMPE A ROULIS DU D^r P. REGNARD

Une grande barre de fer, de la grosseur du doigt est attachée au plafond de la cabine où l'on opère ; elle est terminée par un poids G, très lourd (20 kilos), elle oscille donc en même temps que le bateau, mais très lentement. (fig. 39)

1. D^r P. REGNARD. *La Vie dans les eaux*.

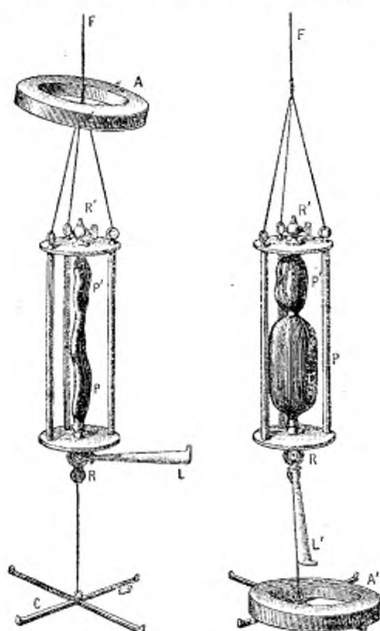


Fig. 38
Bouteille de P. Regnard

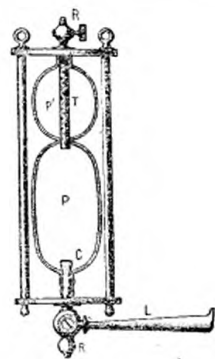


Fig. 37

Une planche est fixée vers son milieu et sur cette planche se trouve tout le mécanisme de la pompe, c'est-à-dire la chambre barométrique R, la cuvette *r* et le tube gradué T. Un petit robinet, terminé par le tube de caoutchouc L, permet de vider l'excès de mercure de la cuvette quand celle-ci se trouve un peu trop pleine. Le robinet à trois voies est supprimé, il est remplacé par deux pinces en fer PP' qui saisissent des tubes de caoutchouc à vide, et les ferment ou les ouvrent suivant qu'on veut mettre le baromètre en communication avec la cuvette ou avec le ballon analyseur. Cette disposition est très bonne, elle reproduit l'effet du robinet à trois voies et n'est nullement fragile comme lui : de plus tout accident, qui avec le robinet en verre est irréparable à bord, se répare au contraire en quelques minutes avec les caoutchoucs pressés. Le vide est aussi bien tenu qu'avec le robinet nous avons pu le conserver intact pendant tout une semaine.

Le réservoir R est monté et descendu au moyen d'une simple poulie ; quand il doit être au repos, on accroche le bout de la corde qui le tient à un piton qui n'est pas figuré dans la planche.

Enfin le ballon analyseur Z a dû être aussi modifié : il est maintenu dans un peu d'eau chaude que chauffe un fourneau à pétrole M, fixé solidement au plancher. On ne peut faire ici un courant d'eau autour de son col, mais les bulles qui se produisent sont obligées de passer dans un tube S, où elles rencontrent un rétrécissement X qui les crève et les empêche d'aller plus haut : le liquide qui résulte de leur destruction retourne en Z par le tube V. Enfin l'eau est introduite dans l'appareil en aboutant notre bouteille par son robinet R au petit robinet de verre V.

Quand l'appareil ne sert pas on l'attache solidement au mur de la cabine, il ne fait alors aucune oscillation et il suit celles du navire, le réservoir est fixé un peu plus haut que la boule barométrique.

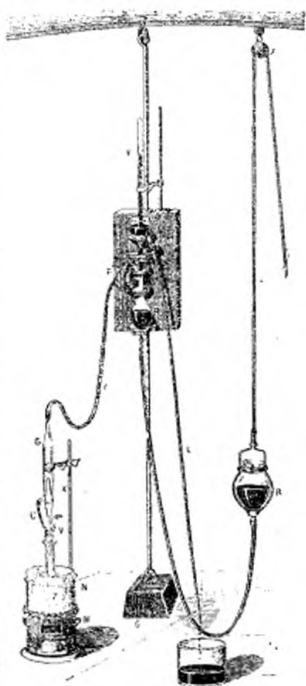


Fig. 39 Pompe à roulis.

Je n'ai pas besoin d'insister sur la très grande utilité qu'il y a à faire à bord, immédiatement l'analyse des échantillons de liquide recueillis, tant pour les gaz qu'ils contiennent que pour les matières organiques qu'ils renferment.

La pompe du D^r Regnard peut fonctionner par une houle moyenne, elle atteint donc la perfection relative que l'on peut exiger des appareils qui doivent fonctionner à la mer.

On ne saurait leur demander de pouvoir servir par les gros temps, puisque tout travail devient alors impossible à l'expérimentateur même.

Énoncés de quelques résultats fournis par l'analyse chimique du milieu marin.

Des différentes analyses exécutées sur les échantillons d'eau de mer recueillis par les diverses missions scientifiques, il semble résulter que les proportions relatives des sels dissous restent les mêmes ; les variations portant sur le poids total de ces sels en des volumes d'eau identiques.

Or, le fait qu'une masse d'eau comme l'Océan, perpétuellement brassée par les courants présente de pareilles différences surprend de prime abord. Ces différences sont, à la vérité, excessivement faibles, mais elles existent et ont été formulées de la façon suivante : (*)

1° La teneur en sel de la mer augmente, en général, à mesure qu'on s'avance des côtes vers la haute mer, par suite de l'afflux des eaux douces provenant des fleuves ;

2° La teneur en sel de l'eau de mer est maximum dans les deux zones des vents alizés, minimum dans la région des calmes équatoriaux et, en général, elle augmente depuis les hautes latitudes jusqu'au milieu des zones des alizés ;

3° La teneur en sel dans les océans et les mers isolées dépend du degré de l'évaporation et de la quantité des précipitations aqueuses ; elle est en relation avec les courants régnant à la surface et dans les profondeurs ; c'est un facteur important de la circulation océanique ;

4° *La teneur en sel de l'Océan est un facteur considérable de l'existence du développement et de la diffusion des êtres organisés marins.*

Ces lois sont cependant quelque peu imprécises, mais, outre qu'il est extrêmement délicat d'affirmer la nature des combinaisons qui forment les sels contenus dans l'eau de mer — tant à cause de la complication des sels dissous que pour les réactions secondaires résultant de l'analyse même — il est évident d'autre part que jamais le nombre de ces analyses ne sera assez grand pour nous donner avec certitude la salinité de la masse des eaux du globe.

Les multiples influences météorologiques auxquelles est soumise la surface des mers, modifient de façons différentes la constitution du milieu marin, suivant la nature de ces influences et suivant, par conséquent, le point du globe où elles se produisent. De ces différences de constitutions résultent les nombreux courants qui sillonnent la masse des eaux océaniques, les mollécules liquides cherchent continuellement la position d'équilibre, que les mêmes influences agissant en des points identiques et toujours de la même façon, leur font perdre. Il résulte de ces considérations que sur son parcours l'eau d'un courant doit pré-

1. BOGULAWSKI, Handbuch der Ozeanographie, p. 134.

J. THOULET, Océanographie statique, p. 246.

senter une constitution différente de celle des eaux ambiantes, et que l'on pourrait arriver à dresser une carte exacte des courants marins d'après les tableaux d'analyses des eaux profondes.

« Une telle carte, dit M. le professeur Thoulet (1), serait impossible à tracer si chaque échantillon d'eau, dont il faudrait prendre des milliers non seulement dans toutes les mers du globe, mais encore au même point, à des époques différentes de l'année, devait être analysé d'une façon complète ».

Mais il suffit pour dresser ces cartes de connaître les valeurs approchées des compositions diverses, ou l'erreur d'observation soit en deçà des différences de composition même. C'est ainsi qu'en France M. Bouquet de la Grye a tracé des cartes d'égale salinité de l'Océan d'après des considérations desimétriques.

A ces quelques observations j'ajouterais que de l'examen qu'a fait M. le Professeur J. Thoulet des concrétions minéralogiques des abîmes *il résulte que les eaux des grands fonds sont par places, éternellement calmes.*

Je ne saurais entrer dans le détail des analyses qui ont été faites de l'eau de mer puisée en tous les points du globe, non plus que sur les méthodes employées par les différents chimistes à ce sujet. Bien que ces analyses intéressent hautement l'océanographie, elles ressortissent par leurs procédés à la chimie pure de laboratoire et je n'ai pour tâche que de parler ici des appareils spéciaux qui servent aux recherches marines à bord des navires et dont les manipulations se font sur le bâtiment (2).

Thermométrie marine

Aujourd'hui l'étude de l'Océan est justiciable des mêmes procédés d'investigation que celle des continents ; « l'océanographie est une science précise, dit

1. J. THOULET, *Océanographie (statique)*, p. 248.

2. Consulter à ce sujet :

J. THOULET, *Océanographie (statique)* ;

JUSTUS ROTH, *Allgemeine and Chemische geologie*, 1879, p. 490 ;

BERGMANN, *Opuscula physica et chimica*, Upsalæ, 1779, p. 179.

Phil. trans., 1882 ;

Phil. trans., 155, 1865, p. 203-262 ;

BESCHOFF, *Lehrbuch der chemischen, and physikalischen biologie*, 1863, p. 440-445 ;

DITTMAR, *Physics and Chemistry*. — Report on the scientific results of the voyage of. H. M. S. Challenger during the years, 1873-76, 1884 ;

The Norwegian North-Atlantic Expedition, 1876-78, Chemistry ;

DIEULAFAIT, *Annales de Chimie et de Physique*, 5^e série, 1877-80 ;

BUCHANAN, *Nature*, t. XVI, p. 255.

BOUQUET DE LA GRYE, *Recherches sur la Chloruration de l'eau de mer*. — *Annales de Chimie et de Physique*, 5^e série, t. XXV, 1882 ;

Proceedings Royal Society of London, t. 18, p. 397.

JACOBSON, *Ann. Chem. Pharm.*, 187, p. 1.

M. le professeur J. Thoulet, sa force consiste en ce qu'elle ne parle que par chiffres et par mesures ; elle a le bonheur d'être du premier coup une science exacte » ; et il ajoute : « La mer s'étudie avec des sondes, de thermomètres des aëromètres, des bouteilles à recueillir les eaux profondes, des mesureurs de courants ».

Au point de vue qui m'intéresse plus spécialement, c'est-à-dire, en ce qui concerne les relations du milieu marin avec les êtres qui l'habitent, il paraît évident, *a priori*, que la biologie de ces êtres ne saurait manquer d'être bientôt connue, si bientôt l'on connaissait exactement les lois auxquelles obéit l'Océan ; et ceci pour le plus grand bénéfice des sciences naturelles philosophiques et de l'industrie des pêcheries scientifiques.

Malheureusement la mer est un élément peu maniable et qui exige pour son étude des instruments de précision exclusivement construits pour elle. Je ne veux pas parler bien entendu, de la fatigue et des difficultés d'opérations faites au cours d'une navigation souvent pénible. Mais si les recherches sous-marines sont relativement faciles à une faible profondeur, elles deviennent particulièrement difficiles à quelques centaines de brasses au-dessous de la surface des flots. En ce qui concerne la thermométrie océanique, il a donc fallu construire des instruments spéciaux résistant à l'énorme pression de la masse des eaux et cependant capables de rapporter à bord des indications précises sur la température des milieux explorés.

Le plus simple de ces instruments est celui de *Meyer* employé, par la Commission d'études scientifiques des mers allemandes, jusqu'à la profondeur de trente brasses.

C'est un simple thermomètre protégé par une gaine de caoutchouc durci qu'enveloppe une boîte de laiton. Cette double enveloppe est percée d'une fenêtre qu'obture à volonté une glissière métallique, pour permettre la lecture. Entre autres inconvénients cet appareil nécessite, par suite de la nature de son enveloppe, une immersion très longue pour prendre la température du milieu ambiant — une heure et demie environ. — Du reste il est incapable de résister aux énormes pressions sous lesquelles ont lieu les observations faites en haute mer et ne peut servir que dans les recherches côtières.

Aussi bien, ces hautes pressions offrent les plus considérables difficultés aux observations thermométriques, brisant les appareils ou les déformant au point de fausser complètement le degré de la température.

J. Paxton, pour échapper à ces difficultés, songea à la construction d'un thermomètre métallique à deux métaux de dilatation inégale et inscrivant, au moyen d'un index poussé par une aiguille mobile, la température maxima sur un cadran. Naturellement ici, ce furent les rouages qui se trouvèrent faussés au lieu des tiges thermométriques.

Sonde électrique de Siemens.

Quant à la sonde électrique de *Siemens*, le principe en est ingénieux, mais la pratique en est rien moins que précise. Elle repose sur le principe du pont de *Wheatstone* et sur la variation de la résistance d'un fil avec la température. L'une

des soudures est immergée à la profondeur voulue, l'autre est maintenue à bord dans le liquide d'un récipient dont on fait varier la température jusqu'à ce que le miroir d'un galvanomètre marin, de William Thomson, soit ramené à zéro. La lecture du thermomètre plongé dans le liquide du récipient nous donnerait la température de la profondeur explorée, si la résistance du circuit total était faible — mais celle-ci est énorme, car pour diminuer le poids de la sonde, il faut diminuer aussi la section du fil suspenseur, — et si, dans son homogénéité, la masse des eaux était à une température uniforme et n'influait pas, suivant les régions, sur les résistances du fil conducteur, etc. (1).

Un thermomètre, à enregistrement automatique, imaginé par M. Von Lendenfeld, de Melbourne, indique la température à bord au moyen d'un instrument semblable à celui du fond, et relié à lui électriquement.

Le premier appareil thermométrique, à enregistrement photographique, est dû à Neumayer (2), auquel succéda bientôt le photothermomètre pour les grandes profondeurs, du docteur Hugo Michaelis, dont la description a été donnée dans les *Annales hydrographiques*, n° 663 (3).

Photothermomètre du Dr Michaelis.

Le photothermomètre pour les grandes profondeurs est un thermomètre photographique. Avec cet appareil, une fois qu'il est coulé, on peut prendre un grand nombre de mesures sans avoir besoin de le remonter chaque fois à bord (fig. 40).

Dans une caisse en fonte A se trouve une lampe à incandescence B. En face de celle-ci est un thermomètre dont la cuvette plonge dans un renflement extérieur de la caisse et est entourée de mercure pour faciliter les changements de température.

Immédiatement, derrière le thermomètre, est un cylindre D, tournant autour de son axe longitudinal, et sur lequel est enroulé le papier photographique. Sur le même axe que le cylindre est fixée une roue dentée E. Quand celle-ci tourne d'un cran, le papier sensible prend une nouvelle place derrière le thermomètre. Par dessus le papier, on peut glisser un cylindre en bois ayant, sur son côté qui fait face au thermomètre, une fente longitudinale correspondant au tube du thermomètre. Ce cylindre en bois ne tourne pas. Dans l'appareil se trouve, en outre un électro-aimant F. Les fils conducteurs traversent le couvercle de la caisse et passent dans la corde qui supporte l'appareil.

Le courant électrique passe du fil conducteur de la corde, par le boulon G, dans la lame où ressort de contact b, et de là dans l'électro-aimant, puis à la lampe à incandescence. Ensuite il passe par la lame de contact a de la même façon que par b, traverse un bouton de contact du couvercle, et rejoint l'autre fil conducteur dans la corde.

L'appareil fonctionne de la manière suivante : après avoir enroulé sur le cylindre le papier photographique dans la chambre noire qui est à bord, on le recouvre avec le cylindre en bois muni d'une fente, on visse le couvercle de la caisse et on met l'appareil à l'eau. Quand on a atteint la profondeur voulue, on établit à bord le courant électrique. Instantanément, ce courant arrive au fond par le fil conducteur, et allume la lampe à incandescence, dont la lumière se projette, sur le papier photographique, partout où elle n'est pas interceptée par la colonne à mercure. Un instant d'éclairage suffit pour fixer sur le papier le niveau du thermomètre, et l'on peut ensuite procéder à d'autres mesures. Au moment du contact, le courant, avant d'atteindre la lampe, passe dans l'électro-aimant qui attire un levier prenant dans

1. *Mechanic's Magazine*, mai 1869, p. 361.

2. NEUMAYER, *Sur un nouvel instrument pour la mesure des températures aux grandes profondeurs*, *Zeitschrift für Instrumentalkunde*, Déc. 1883.

3. *Annalen der hydrographie*. Heft VIII, Berlin 1883, et *Annales hydrographiques*, numéro 663, page 343.

une des dents de la roue fixée sur l'axe du cylindre. Lorsqu'on interrompt le courant, un ressort fixé sur ce même levier, et agissant en sens contraire de l'électro-

aimant, fait tourner d'une dent la roue et en même temps le cylindre qui a le même axe. Quand on rallume, le papier photographique a donc changé de place derrière le thermomètre.

Les profondeurs auxquelles se trouve le thermomètre au moment de l'éclairage, sont constatées et notées chaque fois de la façon ordinaire, sur le cylindre dérouleur, pour qu'on puisse par la suite mettre en regard les niveaux correspondants du thermomètre donnés par le papier.

En ce qui concerne la présence de la lumière d'une lampe à incandescence sur le papier photographique, il résulte des expériences faites par l'inventeur, à l'aide de la lampe de Swann, qu'un éclairage de 1/4 de seconde suffit déjà pour obtenir une représentation bien nette du tube thermométrique.

L'indication exacte de la température réelle de l'eau est parfaitement assurée par suite de la position de la cuvette du thermomètre au milieu du mercure, en contact intime avec le renflement de la caisse, ainsi que par l'emploi d'une matière bonne conductrice de la chaleur.

En France, M. le professeur G. Pouchet construisit, il y a déjà quelques années, un *thermomètre enregistreur* d'une très heureuse conception, et il l'expérimenta à une profondeur relativement faible dans la baie de Concarneau. Cet appareil présente cependant quelques imperfections, ne pouvant s'opposer à la pénétration de l'eau de mer dans son intérieur sous les hautes pressions des grands fonds, et pouvant traduire l'augmentation de la pression

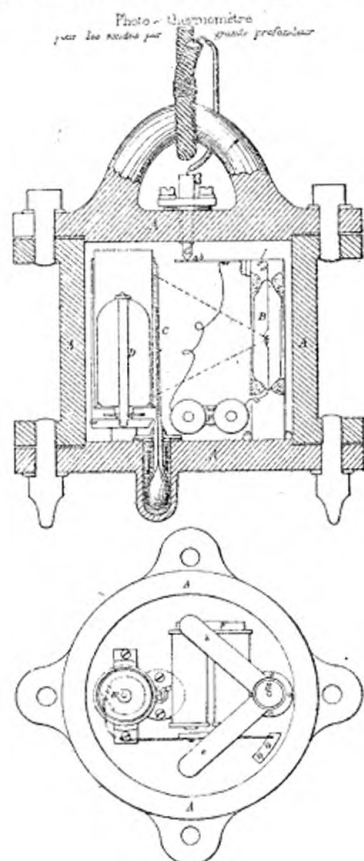


Fig. 40

Photothermomètre du Dr Michaëlis

au lieu de la variation possible des températures.

M. le docteur P. Regnard, enfin, expérimenta un appareil de son invention qui semble réunir les meilleures qualités de fonctionnement, encore qu'il n'est été descendu, lui aussi, qu'à d'assez faibles profondeurs.

Thermomètre enregistreur de P. Regnard

Un cylindre A, en cuivre mince, est hermétiquement fermé par une plaque D qu'il est possible de serrer par des boulons sur une bague de caoutchouc. C'est dans ce cylindre que se trouve placé l'appareil enregistreur de la température T. Il est composé d'un rouleau tournant, sur lequel se place un papier quadrillé où les jours et les heures sont en abscisses et les températures en ordonnées. Une spirale de cuivre, remplie d'alcool, porte une plume qu'elle fait mouvoir quand elle se tord ou se développe sous l'influence des changements de température (fig. 41).

Cette disposition met l'appareil, tout d'abord, à l'abri de tout changement de pression sur la spirale. L'appareil lui-même est tout entier préservé de l'influence qu'aurait sur lui la pression résultant de son immersion à une assez grande profondeur par le ballon compensateur B dont nous avons déjà fait connaître le rôle.

Le thermomètre est fixé sur un lourd plateau E, porté lui-même sur quatre pieds pointus G; enfin, quatre chaînes solides le rattachent au câble C qui sert à le descendre.

Les pieds G s'enfoncent dans la vase et donnent à l'appareil une assise suffisante pour qu'il résiste au mouvement, d'ailleurs léger, qui se passe dans le fond.

Cet appareil, immergé dans la rade du Havre, fournit régulièrement l'inscription des températures. En superposant la course ainsi obtenue, à celle donnée par un appareil semblable, placé à terre, le docteur Regnard a obtenu une relation exacte des températures terrestres et marines, qui montre que si les degrés thermométriques de notre atmosphère varient suivant les heures du jour, et parfois dans de grandes proportions, ceux des eaux restent sensiblement les mêmes dans une même journée, ne variant que très lentement, suivant la saison.

Bien que le thermomètre *Miller-Casella* ait été employé à bord du *Travailleur*, je ne veux m'étendre ni sur sa description ni sur son emploi.

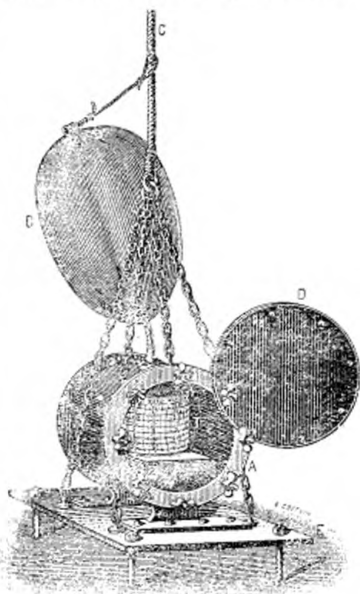


Fig. 41. Thermomètre enregistreur de P. Regnard.

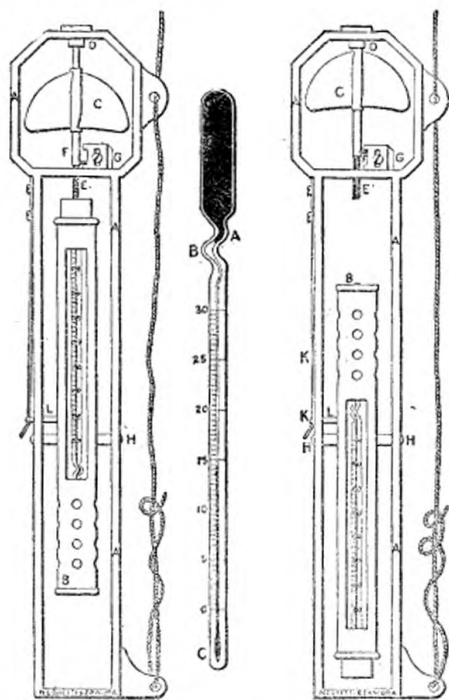


Fig 42. Thermomètre Negretti et Zambra (*Albatross*)

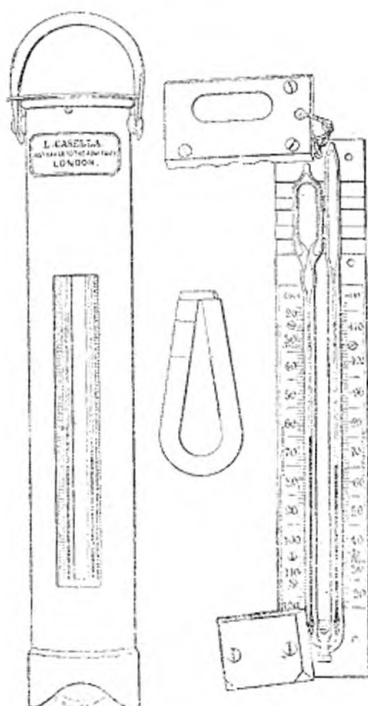


Fig 43. Thermomètre Miller-Casella (*Albatross*)

C'est un thermomètre à maxima et minima, indiquant par conséquent les plus hautes et les plus basses températures rencontrées, sans indiquer en somme à

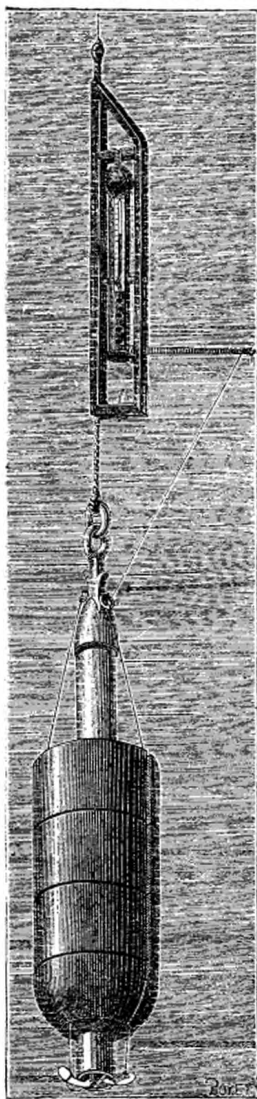


Fig. 41. Système de retournement de A. Milne-Edwards pour le thermomètre Negretti et Zambra.

quels niveaux elles se trouvent. Or nous savons qu'un courant chaud peut circuler entre deux couches d'eau froide. De plus les index ne fonctionnent pas toujours régulièrement, s'engageant dans le mercure et n'obéissant pas à la dilatation ou à la rétraction de la colonne thermométrique. Enfin, dans les durs mouvements que le tangage et le roulis impriment à la fune qui supporte les appareils, la colonne mercurielle se brise. Le thermomètre est alors impropre à tout service (fig. 43).

Celui de *Negretti et Zambra* est d'un fonctionnement infiniment supérieur.

Cet instrument donne l'indication de la température des eaux profondes par le retournement de l'appareil, retournement qui brise la colonne mercurielle dans l'état de dilatation où elle se trouve. Il est évident que par une graduation spéciale on peut déterminer la température d'après la quantité de mercure ainsi isolée et qui est assez petite pour que l'on néglige la correction nécessitée par la température du milieu où se fait la lecture (fig. 42).

Cet appareil d'un excellent principe dans l'ordre d'idées qui nous intéresse n'a varié dans les diverses explorations scientifiques que par les systèmes de retournement qu'on lui a appliqués.

A bord du *Talisman*, le thermomètre employé fut celui de *Negretti et Zambra* avec un mécanisme de retournement imaginé par M. le professeur A. Milne-Edwards (fig. 44).

Ce dispositif est de beaucoup préférable à tous les systèmes employés autrefois et basés sur les mouvements d'une hélice tournant en sens inverse à la descente à la montée, et amenant ainsi le retournement de l'appareil.

Ce retournement a été assuré par M. le Professeur A. Milne-Edwards, de la façon suivante :

Le thermomètre est placé dans un cadre métallique et maintenu droit par un

long levier L, auquel est fixé un fil relié aux poids mobiles du sondeur. Quand celui-ci touche le fond, les poids tombent et, tirant sur le levier L, amènent le retournement du thermomètre.

On peut échelonner plusieurs appareils de ce genre le long du fil de sonde. Le retournement des thermomètres est alors obtenu par l'envoi de poids messagers lancés du bord.

Ce dispositif très simple est de beaucoup le plus pratique et le plus exact pour l'obtention des températures aux grandes profondeurs.

Dans l'étude des eaux côtières, du Plateau continental, des pêcheries scientifiques, il n'est pas douteux d'autre part que l'on doive tirer grand profit des thermomètres enregistreurs.

DEUXIÈME PARTIE

LES RECHERCHES SCIENTIFIQUES DU PRINCE ALBERT DE MONACO

Après les explorations étrangères et françaises, faites à bord de navires outillés pour ce genre de travail, il semble téméraire, à première vue, de se lancer dans cette voie de recherches avec une petite goëlette de 200 tonneaux, dépourvue même de haleur à vapeur, analogue en somme aux bateaux de nos pêcheurs d'Islande.

C'est cependant ce qu'a tenté S. A. le prince Albert de Monaco, qui, depuis 1887, explore régulièrement et méthodiquement l'Atlantique, et qui a vu ses efforts couronnés d'un plein succès à bord de la goëlette l'*Hirondelle*. Aussi bien, il a suppléé, par un perfectionnement des appareils d'océanographie et de pêche à la puissance qu'il ne possédait pas; abandonnant les méthodes anciennes, et relativement élémentaires, il a apporté à beaucoup d'instruments d'études les modifications les plus heureuses, en même temps qu'il en créait d'autres qui, dans ses mains expérimentées, ont donné d'excellents résultats.

Les recherches de S. A. le prince de Monaco intéressent l'océanographie et la zoologie. En ce qui concerne cette dernière science, d'un côté il se préoccupe, comme les savants des grandes explorations, de recueillir et d'étudier les hôtes du sous-sol océanique, et pour ce fait, il modifie heureusement le chalut à

Fauberts employé sur le *Talisman*; il construit des nasses auxquelles il veut appliquer un éclairage électrique; il adapte au câble de son chalut un dynamomètre de son invention, et qui le renseigne constamment sur la marche du travail qu'accomplit l'engin au fond de la mer.

D'autre part, il songe sérieusement au monde vivant qui pullule dans la masse même des eaux. Il le veut étudier; mais il le veut étudier méthodiquement.

C'est ainsi qu'il construit d'abord son *chalut de surface* pour la récolte des animaux nombreux, variés, et plus ou moins volumineux, qui vivent au voisinage de la nappe liquide; puis il explore la masse même de la mer avec son *filet pélagique à rideau*, instrument tout à fait sûr qui, descendu jusqu'à 2400 mètres, a régulièrement fonctionné, et qui permet de se rendre exactement compte, et couche par couche, de la nature des animacules qui peuplent l'Océan.

Les sondeurs employés avant lui ne paraissent pas remplir toutes les conditions de bon fonctionnement qu'on peut exiger. Or, sans la connaissance du fond sur lequel on recueille les individus, il importe assez peu, en biologie, sinon en zoologie, de recueillir ces êtres, l'échantillon rapporté de l'abîme par un tube sondeur, étant un peu la constatation de la nationalité de l'animal recueilli par la drague au même endroit. Le prince A. de Monaco conçoit un tube sondeur, lui-même et le fait exécuter.

Voilà le service qu'il a rendu à la zoologie marine, et il serait puérile d'insister sur leur importance.

Du reste, à son bord il a donné l'hospitalité à de nombreux savants et a été accompagné au cours de ses diverses croisières par M. le baron Jules de Guerne, zoologiste distingué et par M. Jules Richard, docteur ès-sciences, bien connu par sa publication sur les animaux inférieurs.

En 1885, S. A. le prince Albert de Monaco entreprit, avec le concours de M. le professeur G. Pouchet, et à bord de l'*Hirondelle*, l'étude des courants superficiels de l'Atlantique, voulant « vérifier à quelle impulsion obéit la nappe de surface au delà de 40° de longitude ouest (1) ».

Reprises en 1886, ces recherches ont fourni d'intéressants résultats. Elles consistèrent d'abord à abandonner à la mer, au N.-O. des Açores, cent soixante-neuf flotteurs en verre, en métal, en bois, contenant à leur intérieur un tube fermé à la lampe, dans lequel était placée une invitation (en dix langues), à faire parvenir aux autorités le flotteur trouvé par qui que ce fût.

En 1886, il fut lancé cinq cent dix flotteurs, constitués par des bouteilles ordinaires, par séries de quarante, à distance d'un demi-mille les uns des autres, les séries étant séparées par vingt milles. L'opération, qui dura six jours et

1. *Bullet. de la Soc. de Géog.*, 4^e trimestre, 1887.

demie, fut commencée à la latitude du cap Finistère, et terminée au 50° de latitude nord, en suivant le méridien de 40° de longitude ouest.

Ces expériences, n'ayant pas encore fourni tous leurs résultats, je m'abstiens d'entrer dans quelques détails sur les observations auxquelles elles ont donné lieu, et qui sont l'origine d'attachantes études dont la portée pratique n'est pas à signaler.

« Il est plus nécessaire à une expédition d'être soigneusement organisée dans son matériel, son personnel et ses plans, a dit l'auteur de ces travaux, au Congrès de zoologie, que d'être installée sur un navire puissant, avec un nombreux équipage. Ces observations doivent encourager les esprits élevés, qui reconnaitront, en les étudiant, combien il est facile de contribuer à l'extension des connaissances humaines. »

J'ajouterai que, ne considérant pas, personnellement, l'étude des pêcheries scientifiques comme dépendant uniquement de l'océanographie physique, et croyant que, dans les questions de pêches, il faut connaître, en même temps que les conditions physiques des animaux comestibles, leur situation biologique, et par conséquent les êtres qui forment leur nourriture, je crois qu'à ce point de vue le filet à rideau, comme les nasses du prince A. de Monaco, sont appelés à rendre de grands et signalés services dans l'étude méthodique du plateau continental et de la masse d'eau qui les recouvre.

L'*Hirondelle*, étant dépourvue de haleur à vapeur, les instruments de pêche devaient être montés à bras d'hommes; il fallut donc munir le bâtiment d'un treuil d'une grande puissance. Celui-ci, ayant un compteur, fut fixé par un collier à pied du mât de misaine, pourvu de manivelles très longues s'appuyant par leurs extrémités sur la muraille du navire, et tenant ainsi toute la largeur du bâtiment.

En arrière de ce treuil, se trouvaient de volumineuses bobines sur lesquelles étaient enroulés les câbles d'acier des chaluts, des nasses, des filets pélagiques.

Pour se faire une idée de ce qu'avait de pénible une semblable manœuvre écoutons le prince de Monaco :

« Le chalut fut envoyé un jour avec succès jusqu'à la profondeur de 510 mètres; on lui avait filé 800 mètres de câble. Sans parler du travail qu'une opération semblable impose aux bras et à la poitrine de chaque homme, elle exige de celui-ci, une marche de deux kilomètres et demi autour du cabestan. Ce chiffre, multiplié par 17, nombre des hommes, montre au total 41 kilomètres 1/2 fournis par l'ensemble des travailleurs. Mais le coup de sonde précédant ce coup de *chalut*, et qui exigeait une manœuvre semblable, avait déjà fait faire à quatre hommes une marche de 1 kilomètre 1/2 autour du même cabestan.

« Ce jour on fit par conséquent 48 kilomètres, dont 41 1/2 avec une charge

de 1500 kilogrammes d'engins, de câble et de vase à ramener de 510 mètres de profondeur. »

Dans les campagnes de l'*Hirondelle*, faites en 1885 et 1886, le *chalut* employé était formé simplement par un câble métallique de 1",60 sur 0",76, et d'un filet à maille serrée en gros fil.

Un câble de chanvre, de 10 centimètres de circonférence, et 800 mètres de longueur (d'un poids de 800 kilogrammes) servait à l'immerger.

L'appareil ne draguait qu'une demi-heure ou une heure.

Voyons donc maintenant quels sont les appareils dont le prince Albert de Monaco se servait au cours de ses diverses campagnes.

Sondeur à clef de l'Hirondelle.

Bien que se rapprochant en principe de celui du *Travailleur*, le sondeur que fit construire le prince de Monaco en diffère par le mode de fermeture et par la capacité plus grande qu'offre sa cavité centrale pour recueillir des échantillons du substratum marin.

Voici la description qu'en donne M. Mosticker (1) :

Ce sondeur se compose d'un cylindre creux A, en fer, et d'une tige C qui y

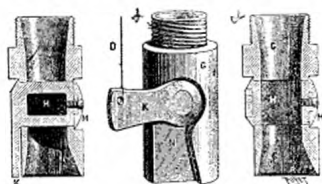


Fig. 45

Clef du sondeur de l'Hirondelle

coulisse librement (fig. 46) guidée par deux petites traverses d'acier B. Le fil, qui repose sur l'encoche D, retient les anneaux en fonte T, charge de l'appareil, variable suivant la profondeur supposée; G est une pièce de bronze qui fait office de robinet. Au milieu de cette pièce, est placé un boisseau en acier H portant la clef

R. Pendant la descente de l'appareil, la clef est placée transversalement, l'orifice du boisseau correspondant avec le canal intérieur du robinet (fig. 45). Il s'établit ainsi dans l'intérieur du tube un courant ascensionnel. Un fil cassant, relié au fil suspenseur, empêche la fermeture préalable du robinet en maintenant horizontale la clef K.

Supposons le tube arrivé au fond de la mer : la tige C continue à descendre jusqu'à l'arrêt des traverses BB (fig. 47). La tête de bronze, en forme d'étrave P, qui termine le haut du tube rencontre le fil suspenseur, le fait échapper, les bagues

1. MOSTICKER, *Résultats des campagnes scientifiques du yacht l'Hirondelle*. — Paris 1889, p. 20.

de fonte glissent, passent sur la clef K qui ferme le robinet. Le tube, ayant abandonné son lest sur le fond, est aisément remonté à la surface.

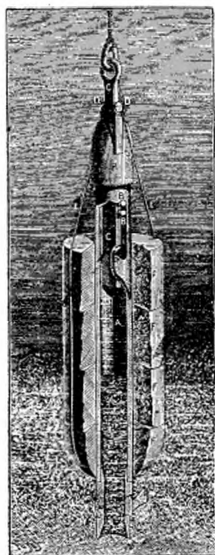


Fig. 46. — Sondeur à clef

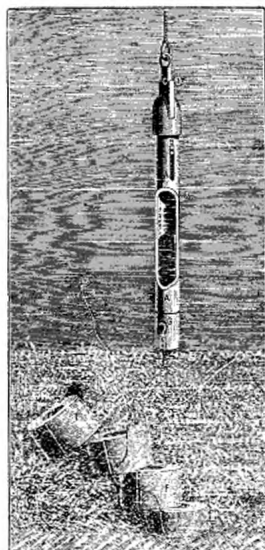


Fig. 47. — Abandon par le sondeur de ses poids sur le substratum

La *machine de Thibaudier*, employée à bord du *Talisman*, servait également à la manœuvre de ce sondeur. Elle avait été construite à l'arsenal de Lorient, et installée à bord sous la direction de M. Croneau, ingénieur des constructions navales.

Accumulateur à ressorts emboîtés.

Bien que l'accumulateur à lames de caoutchouc fût susceptible de rendre de bons services, il est évident que, par la nature même des éléments entrant dans sa composition, ces indications devaient être forcément variables, en même temps que son entretien devait être assez difficile (fig. 48).

L'accumulateur dynamomètre du prince de Monaco est basé sur un principe analogue, et formé de ressorts à boudin emboîtés, fixés entre des plateaux mobiles. Une aiguille indicatrice marque les tensions du câble jusqu'à 3 000 kilo-

grammes (1), en même temps qu'une série de timbres-avertisseurs indique à son tour la progression de cette tension.

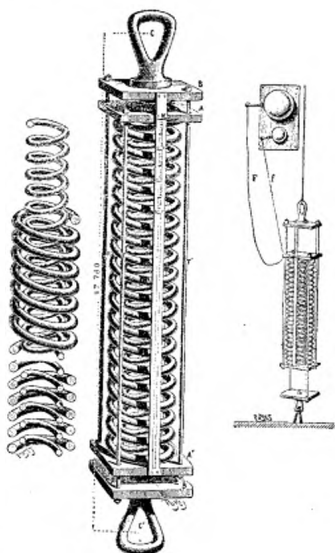


Fig. 48. — Accumulateur de l'Hirondelle

Le chalut à étriers.

Durant le dragage, il arrive fréquemment que le chalut s'accroche dans les anfractuosités du sol ou contre des récifs sous-marins. Les pêcheurs, dont les engins explorent journallement le plateau continental, en font trop souvent la coûteuse expérience ; ou bien le chalut remonte avec son armature tordue et faussée, ou bien il le faut abandonner définitivement à la mer.

Or, dans les nombreux dragages effectués par le prince Albert de Monaco sur la côte d'Espagne et dans les parages des Açores, il n'y a pas eu un seul chalut qui se soit perdu. En dehors de l'habileté incontestable dans la pratique des dragages, dont témoigne ce résultat, il le faut attribuer encore aux excellentes dispositions dans lesquelles s'est placé l'explorateur.

Il arrive fréquemment, lorsque la houle est un peu forte, que le tangage du navire, opérant de violentes et irrégulières tractions sur la fune, fait sauter

1. Compte rendu Ac. des Sc., 26 novembre 1888.

le chalut sous le sol sous marin. Dans les chalutages à vapeur, où les navires ramassent la mer d'une façon autrement intense que des voiliers, on renonce même à travailler par gros temps, les bonds continuels du chalut ne lui permettant pas de récolter d'animaux. Mais il est encore d'autres conditions qu'il importe de ne pas négliger.

C'est ainsi que l'on doit immerger une longueur de câble (variable suivant le diamètre et la nature de celui-ci) toujours très grande, par rapport à la hauteur du brassage, de façon à être bien assuré que le chalut se trouve sur les fonds. On doit aussi veiller à ce que la vitesse du trainage soit assez rapide pour ne pas permettre aux individus capturés de s'échapper, et assez faible pour que la drague ne quitte pas le sol.

Pour amortir l'effet des secousses du bâtiment sur le câble, ou celui de l'accélération possible de la vitesse, on a essayé de fixer, à 50 mètres en avant du chalut, dans les explorations aux grandes profondeurs, un bloc de fonte volumineux. Bien que modifiant heureusement le procédé de pêche, ceci ne laissait pas que de présenter quelques inconvénients, car cette lourde masse, qui précédait l'instrument collecteur, faisait sur son passage un véritable massacre d'individus délicats que l'on pouvait recueillir, en même temps qu'il effarouchait les animaux libres qui s'enfuyaient.



Fig. 49

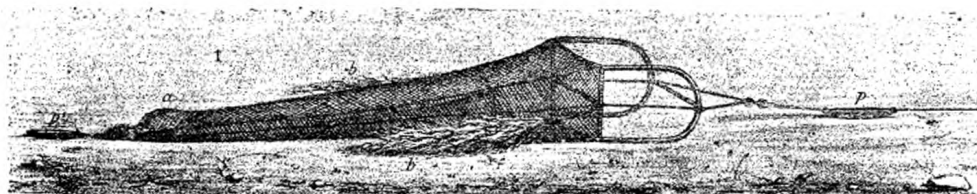


Fig. 50. — Chalut de fond de l'Hirondelle

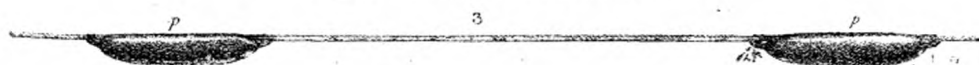


Fig. 51

A ce dispositif, le prince Albert de Manaco a apporté un heureux perfectionnement, en remplaçant la pièce de fonte par une série de noyaux olivaires en fonte également, creusés d'une gouttière pour le logement du câble, et fixés à lui par des anneaux en avant et en arrière. Suivant la profondeur, on augmente le nombre de ces noyaux (fig. 49 et 51). Tout paraît donc prévu par ce moyen : progression de poids suivant la hauteur bathymétrique, forme mince et

arrondie de ce lest qui peut ainsi glisser au milieu du monde marin sans en froisser les délicates curiosités.

Pour lester le fond de la poche du filet et l'empêcher de s'embrouiller sur l'armature durant son immersion et son travail sous les eaux, il était d'usage, à bord de l'*Hirondelle*, de placer dans cette poche un boulet de canon. Il en résultait quelques inconvénients, car, dans le travail sous-marin, ce lest abîmait considérablement le filet lui-même, dont il froissait les maillons contre les aspérités du sol. On para à cet inconvénient en fixant le boulet par un câble de 2 mètres environ au fond de la poche, extérieurement. Cependant, comme il pouvait se faire qu'un boulet ainsi traîné s'accrochât aux anfractuosités, il fut remplacé par une série de pièces métalliques olivaires, analogues à celles qui précèdent le chalut (fig. 50).

Nous verrons plus tard que la *Compagnie des Pêcheries de l'Océan*, dont les navires explorent, du reste, des profondeurs beaucoup moins considérables, n'applique pas ces procédés, mais elle met heureusement, à la disposition de ses pêcheurs, la vapeur, qui leur permet de conduire leurs dragages d'une façon précise.

Un autre et considérable perfectionnement, apporté par le prince de Monaco

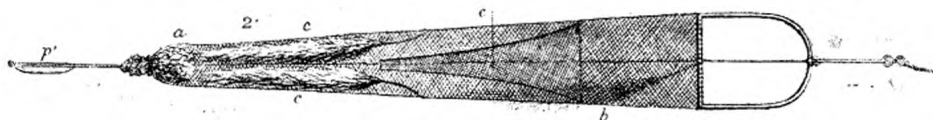


Fig. 52. — Chalut de l'*Hirondelle*.

à la *pêche scientifique* au chalut, consiste dans l'adaptation à cet instrument de fauberts, étagés à différentes hauteurs dans la poche, modifiant ainsi le procédé du *Tatishman*, par un tamisage gradué des différents produits recueillis. Enchevêtrées dans cette traîne flottant à l'intérieur du chalut, on a ainsi récolté intacts des crustacés du genre *Aristeus*, et qui ont des antennes de plus d'un mètre de longueur, fines comme des cheveux (fig. 52).

Le monde pélagique.

Dans l'océan austral, les marins rencontrent fréquemment, flottant au large, une algue géante, pouvant atteindre deux cents mètres de longueur et qui charrie, attachées à ses pseudo-racines, des pierres si lourdes qu'un homme les peut à peine soulever.

Cette algue, appelée *Macrocystis pirifera*, porte ainsi son cachet d'origine. La spore qui lui a donné naissance s'est effectivement développée sur quelque roche d'une anse des rivages; puis, lorsque ses flotteurs ont été suffisamment puissants, elle a soulevé cette roche qui fut sa première patrie. Dès lors, les courants se

sont emparés d'elle, elle a été le jouet des coups de vent et jetée d'une vague à l'autre; balancée de flot en flot, elle a gagné la haute mer, continuant à vivre et à se développer au milieu de son existence errante.

Telle est, résumée dans l'histoire de cette plante, l'histoire du monde pélagique.

Cependant, si l'algue dont je viens de parler ne saurait avoir d'autre berceau que le littoral et ne peut gagner le large que lorsque le développement de ses flotteurs est suffisant pour lui permettre de s'abandonner aux vents et aux courants, il est nombre d'animaux et de plantes qui naissent, vivent et se reproduisent en haute mer et dont les dépouilles mortelles tombent en pluie continue de la surface des océans au fond de leur bassin.

Venues ainsi originairement des rivages, certaines plantes ont acquis dans la suite des âges la faculté de se reproduire au large, telles les sargasses dont la si puissante végétation forme dans l'Atlantique une prairie marine, telles aussi ces algues si réduites (*trichodesmium erythraeum*) qui colorent certaines mers en rouge intense, telles enfin ces diatomées qui, dans les océans, donnent à perte de vue à la masse des eaux des teintes brunâtres ou vertes.

C'est encore à des êtres vivants que se doit attribuer ce magnifique phénomène de la phosphorescence qui, la nuit, enflamme de lueurs changeantes la crête des vagues, l'écume des flots et qui illumine d'un poudrolement de mica le sillage des navires; c'est à eux que, dans les mers australes, est dû l'aspect éclatant de la surface des eaux, illuminée jusqu'à l'horizon (*mer de lait*).

Mais à côté de ces colonies d'êtres capables de produire de semblables merveilles, la masse liquide est peuplée d'animaux et de plantes organisés pour cette vie libre loin de toute terre, à la merci continuelle du milieu changeant des mers.

Les uns, absolument indépendants, sont hyalins, transparents comme l'eau même où ils vivent; les autres, s'abritant dans les prairies de sargasses, par exemple, prennent la couleur de ces algues et affectent, par la conformation spéciale de leurs téguments et de leurs appendices, l'aspect d'une touffe de sargasse même. Au fond des eaux, en pleine mer et sur terre, les êtres veulent ainsi échapper à la voracité de leurs adversaires.

Mais, si les animaux des abîmes ne peuvent que s'entre-dévorer, il n'en est pas de même à la surface des flots où le cycle de la vie est complet et où l'abondance des algues permet aux pélagiques un régime phytophage.

Bien plus, dans ce monde gigantesque des infiniments petits, des êtres monocellulaires, il existe des associations symbiotiques. Certains *radiolaires* contiennent dans la microscopique goutte gélatineuse qui forme leur sarcosome des algues plus petites encore. Celles-ci ne sont pas parasites. Elles vivent des déchets de la vie organique de leur hôte, de ses déchets seulement, et forment ainsi avec lui une association curieuse, analogue dans son exiguité misérable, à celle de l'algue et du champignon formant le lichen de nos roches et de nos arbres.

Venues des rivages, toutes ces espèces zoologiques et botaniques se sont accli-

matées en haute mer. Des êtres détachés par les courants et les tempêtes de leur patrie d'origine beaucoup ont péri, beaucoup ont été s'entasser dans les abîmes ; mais les autres ont acquis une énergie plus grande, en quelque sorte, et ont formé ce monde grouillant de la surface des mers et de la masse des eaux (*).

C'est pour étudier ce monde que le prince A. de Monaco a fait, à bord de l'*Hirondelle*, de nombreuses pêches au filet fin, qu'il a inventé son chalut de surface et son filet à rideau.

Chalut de surface.

Dans son expédition de 1886, au cours de laquelle l'*Hirondelle* s'éloigna à plus de six cents milles au large des côtes européennes, le prince A. de Monaco crut remarquer qu'il existait une faune pélagique représentée par des individus de taille beaucoup plus considérable que ceux qu'il était possible de recueillir avec le filet fin alors en usage. En 1887, il inaugura le filet qu'il appela chalut de surface et qui ramasse dans sa course les êtres flottants à la surface des eaux ou nageant un peu au-dessous des flots. Voici, du reste, la description qu'il en a donné lui-même (**).

« Cet engin est construit, dans ses lignes générales, comme le chalut anglais nommé otter-trawl ; deux ailes qui s'attachent latéralement au corps du filet et près de son entrée augmentent de toute leur longueur la surface qu'il balaie. Ces ailes se terminent chacune par un plateau en bois, lesté de façon qu'il flotte

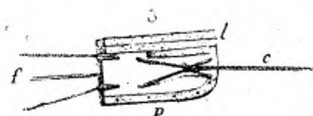


Fig. 53.

suivant sa tranche et relié au câble de remorquage par une patte d'oie qui est fixée sur sa face interne, un peu en arrière de son centre de gravité. Cette installation fait que, dès le début d'une traction opérée sur le câble, les plateaux tendent à s'écarter l'un de l'autre et, par conséquent, à ouvrir le filet. En avant et au-dessous de l'entrée, un tablier s'étend avec une certaine inclinaison, afin de gêner dans leur retraite vers le bas les animaux surpris par l'approche de l'engin et qu'une empenne retient définitivement dès qu'ils l'ont dépassée (fig. 54). »

1. A la suite d'une des dernières campagnes de l'*Albatross*, Alexandre Agassiz — ayant fait de nombreuses expériences avec un filet pélagique dû au commandant Tanner, et dont la description n'a pas encore été donnée mais qui est, paraît-il, d'un fonctionnement parfait — vient de conclure que les animaux pélagiques ne descendent pas, *vivants*, à plus de deux cents brasses au-dessous de la surface des mers, que les animaux abyssaux ne s'élèvent pas à plus de deux cents brasses au-dessus des fonds et qu'entre ces limites, loin de toute terre, la masse des eaux, ne contient que les cadavres des pélagiques qui descendent vers les fonds après leur mort (*Bulletin du Musée de zoologie comparative de Cambridge*, vol. 21, n° 4, p. 185-200).

2. A. DE MONACO, *Recherches des Animaux marins*. — Progrès réalisés sur l'*Hirondelle* dans l'outillage spécial. — Congrès de Zoologie, p. 137.

L'ouverture du filet (ailes comprises) est de 7 mètres, la profondeur en est de 4^m30. Les ailes sont formées de filet fin à sardines et le corps d'un tissu de soie, à maille plus fine vers le fond que du côté de l'ouverture. Ce système se trouve soutenu pour résister à la force du trainage par deux ralingues qui en

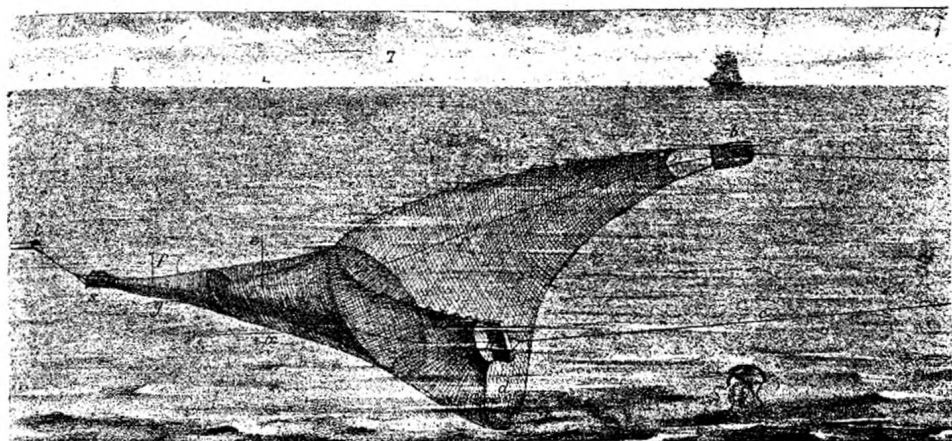


Fig. 54. — Chalut de surface.

forment l'ossature et viennent se fixer sur une pièce de zinc terminant le fond de la poche. Cette pièce de zinc forme bocal et est, grâce à l'ingéniosité de M. J. de Guerne, fixée au fond du chalut par un dispositif qui permet de l'enlever à volonté (fig. 55).

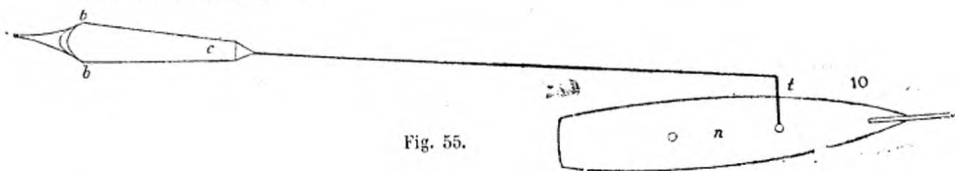


Fig. 55.

Ce bocal, maintenu horizontal par une plaque de liège, est muni à son intérieur d'une empêche qui permet de préserver les animaux délicats contre la pression résultant de l'amoncellement des êtres dans le fond de la poche.

Je rappellerai que dans le golfe de Gascogne certaines barques à vapeur appartenant à des propriétaires espagnols pratiquent depuis longtemps un mode de pêche paraissant se rapprocher de ce genre d'opération, fig. 56 (*la pêche au bœuf*).

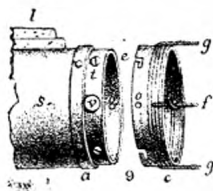


Fig. 56.

Deux bateaux naviguant parallèlement traînent derrière eux une vaste poche en filet, dont l'ouverture est maintenue béante par des morceaux de liège et des lames de plomb, et où s'accumule ce qu'en terme de pêche on appelle les poissons volants, terme qui veut désigner les poissons vivant libres dans l'eau et ne se tenant pas continuellement au fond.

Dans la pratique des pêcheries, il serait peut-être utile de se servir, à certaines époques de l'année, de ce mode de capture des poissons. Des observations récentes tendent à faire croire que les poissons émigrent non seulement d'une latitude à l'autre, mais d'une profondeur à une autre, et que certaines espèces même ne feraient que s'enfoncer ou s'élever dans les eaux sans même changer de parages. Les pêcheurs du golfe de Gascogne affirment, d'autre part, que le « merlu » vit sur le substratum marin et nage librement dans les eaux à des époques différentes, ce qui corrobore les observations auxquelles je faisais allusion plus haut et celles de Sauvage sur les migrations du hareng.

Filet pélagique.

Pour la récolte des animaux microscopiques qui grouillent à la surface des mers, on se sert généralement d'un filet en tissu de soie assez serré et fixé sur un cercle de métal muni d'un manche de bois. L'ensemble figure assez bien un filet à papillons.

Lorsque la mer est belle et ne présente qu'un faible clapotis, on amène les voiles de l'embarcation et, abandonnant celle-ci à la seule action de la dérive, ou mieux lui imprimant un très léger mouvement de progression avec les avirons, on écrème la surface de l'eau avec le filet fin. Pour recueillir la récolte faite, on plonge le bonnet dans un bocal en le retournant, on agite doucement ce bonnet retourné dans l'eau du récipient, les individus recueillis se détachent, nagent dans le liquide où l'on peut à loisir les prendre et les étudier.

Aussi bien ces espèces recueillies à la surface n'y demeurent pas constamment. Tout portait les naturalistes, il y a déjà longtemps, à croire que suivant l'état du ciel et de la mer, ces organismes s'enfouaient plus ou moins profondément dans la masse des eaux.

Un intérêt très-réel s'attachait donc à la connaissance exacte des espèces pélagiques, en même temps qu'à l'observation rigoureuse de leur distribution bathymétrique et à la recherche des lois qui pouvaient présider à leurs migrations verticales.

A bord du *Challenger* où l'on a abordé ce genre d'étude on se contentait de placer sur le câble du chalut une série de filets pélagiques échelonnés. Naturellement, les engins traversant la masse liquide en montant et en descendant ne pouvaient donner aucune indication sur la répartition bathymétrique des êtres.

Ce fut en 1877, à bord du *Blake*, que, pour la première fois, on chercha un procédé rationnel d'étude de cette distribution bathymétrique des êtres, et que l'on voulut imaginer un engin qui pût s'ouvrir et se fermer à la volonté de l'opérateur (1). Le long d'un câble tendu, on faisait glisser l'engin fermé. Arrivé à une profondeur déterminée, on l'ouvrait et on le remontait verticalement sur une faible distance. Alors on le refermait et ramenait à bord.

On voit combien était imparfait ce premier effort tenté dans la voie de pareilles et aussi délicates recherches.

Dans le rapport pour 1883 de la commission américaine des Pêcheries (*steamer Albatross*), qui est dû au commandant Tanner et dont j'ai reproduit au cours de cette étude de nombreuses figures, se trouve décrit un appareil destiné à recueillir les êtres qui vivent entre le fond et la surface des mers et qui, paraît-il, a donné de bons résultats (fig. 57).

Je ne puis que me bor-

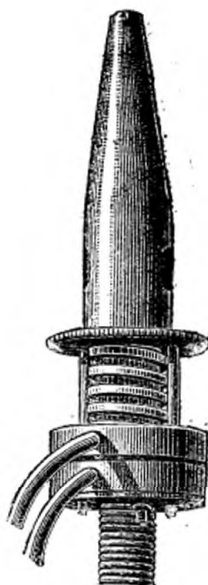
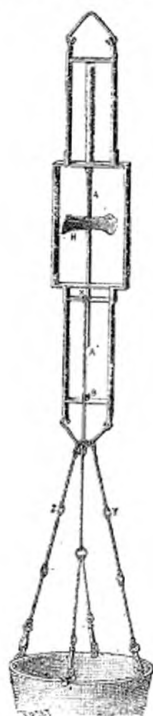
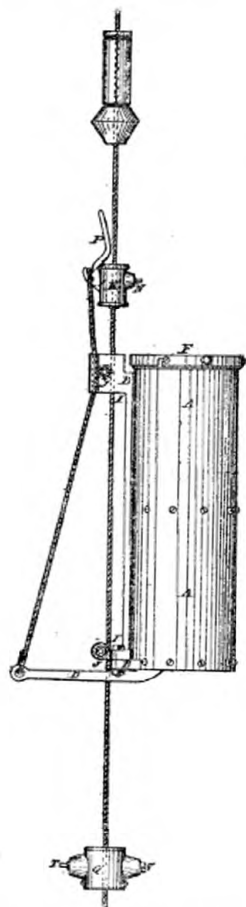


Fig. 57. — Filet de l'*Albatross* Fig. 58. — Filet du Dr Chum.

Fig. 59.

ner ici à en citer la figure générale, renvoyant aux plan ches 54 et 55 du mémoire de Tanner (pour les détails de constructions). Cet appareil est dû à Sigsbee (2).

En 1882, une expédition italienne employa à ces explorations le *filet Palumbo*, suspendu à un câble; celui-ci était descendu fermé par la pression de l'eau ambiante; à fond de chute, il s'ouvrait et le déclenchement d'un thermomètre à renversement permettait de le refermer. Bien qu'il y eût progrès sur l'appareil *Sigsbee* du *Blake*, la fermeture du filet *Palumbo* était insuffisante (3).

1. *Bulletin of the Museum of Comparative zoology*. Cambridge, vol. VI, p. 155-6.

2. Expédition du *Vettor Pisani* *Revista maritima*, sett. nov. 1885.

3. CARL CHUN, *Die. pelagische Thierwelt*. *Bibliotheca zoologica*, 1 Heft.

Un appareil beaucoup plus ingénieux a été imaginé par M. Petersen (fig. 58).

Sur deux demi-cercles, articulés l'un sur l'autre, il est fixé un filet en forme de bonnet. Les deux charnières sont réunies à une tige métallique reliée elle-même à un cadre de fer. Sur celui-ci se fixent également deux tiges métalliques, reliées aux demi-cercles de la mâchoire du filet aux extrémités du diamètre perpendiculaire à la ligne des charnières. L'ouverture et la fermeture du filet s'obtiennent par le mouvement automatique d'une hélice qui, tirant alternativement sur les tiges des charnières ou sur celles des mâchoires ouvre ou ferme le filet ⁽¹⁾.

Cet instrument, modifié quelque peu, a été employé à bord de l'*Hirondelle*, et a donné quelques résultats ; mais, peut-on se fier à un mouvement d'hélice que peut immobiliser la rencontre d'un animal et qui peut ainsi s'arrêter définitivement, — ou s'arrêter pendant un certain temps pour reprendre ensuite son mouvement — si l'individu heurté est gluant et se colle à l'appareil.

Le filet du laboratoire de Granton est ouvert et fermé au moyen d'une ligne indépendante du câble qui soutient l'appareil. A de grandes profondeurs, il est évident que la torsion des deux lignes ne permet pas de s'en servir ⁽²⁾.

Outre ces différents appareils, il en a été construit beaucoup d'autres dont quelques-uns sont à la fois d'une invention beaucoup plus ingénieuse et d'un fonctionnement beaucoup plus parfait.

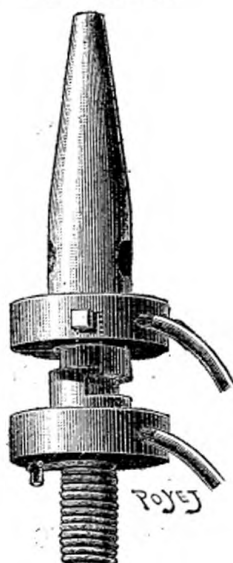


Fig. 60.

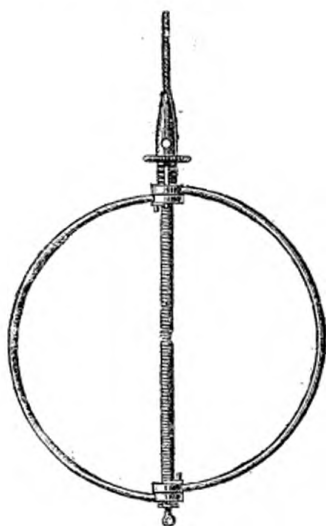


Fig. 61

Tels sont ceux dus à M. le baron Jules de Guerne, qui sur l'*Hirondelle*, a pu se rendre un compte exact des avantages et des inconvénients des instruments précédents ; à M. Dumaige, (fig. 59, 60 et 61) constructeur très habile d'appareils de précision à Paris ; à M. Chabry, l'ancien et éminent directeur du laboratoire de Concarneau, très versé dans les questions de pêcheries et d'études des animaux marins ⁽³⁾.

L'ouverture et la fermeture du filet sont obtenues par la chute successive de deux anneaux de bronze qui, comprimant un ressort à boudin, font écarter d'abord les

1. Filet Turbyne.

2. *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, séance du 12 novembre 1887.

3. *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, séance du 29 octobre 1887.

mâchoires du filet et les referment en achevant la rotation complète de celles-ci sur l'axe de leur charnière. Dans l'appareil de M. Chabry, la compression du ressort fait glisser la charnière de la mâchoire dans une rainure hélicoïdale de la tige de l'appareil et l'ouvre; un autre anneau de bronze, comprimant davantage le ressort, fait glisser cette charnière dans une autre rainure hélicoïdale (de sens inverse mais continuant la première), et ferme le filet.

Des difficultés se présentent dans l'usage de ces instruments, tant à cause de l'action variable des poids suivant la profondeur, que pour la fermeture des mâchoires, que n'assure qu'imparfaitement un ressort dont l'action n'est jamais fixe dans de semblables conditions.

Aussi tous ces appareils et celui plus récent de M. Hoyle ne fonctionnent-ils que d'une façon irrégulière ou imparfaite (*), surtout à de grandes profondeurs. Un des plus perfectionnés incontestablement des instruments imaginés pour l'étude des faunes pélagiques profondes est celui dont le prince A. de Monaco a donné l'histoire et la description, au Congrès international de zoologie, en 1889, de la façon suivante (*):

FILET PÉLAGIQUE A RIDEAU

« Au cours de la campagne faite sur *l'Hirondelle*, en 1888, lassé par tous les insuccès que ces divers instruments amenaient, j'ai fixé résolument mon attention sur ce problème qu'il fallait vaincre. Comprenant d'abord que pour lui faire faire un progrès, le mieux serait de chercher des principes tout nouveaux, j'ai poussé mes efforts dans la direction suivante dès le début de la campagne.

« On descendit, à une profondeur déterminée, un lest de fonte fixé au bout d'un câble d'acier, puis ayant enfilé sur ce câble un filet pélagique de soie monté sur un cerceau métallique muni, au haut et au bas, de deux cosses à cet effet, on abandonna ce dernier à lui-même pour que son propre poids l'entraînât jusqu'au lest. Un bloc de plomb fixé à la partie inférieure de l'appareil augmentait la vitesse de sa descente, tandis qu'une large feuille de cuivre placée au-dessus de son entrée l'empêchait de faire autour du câble des tours hélicoïdaux; c'était un gouvernail auquel la vitesse d'un demi nœud donnée au navire et par conséquent à la traction, pendant tout le travail, permettait de remplir son office. Le trainage fini, cet appareil remontait à bord avec le lest.

« Il s'agissait, dans les nouvelles expériences, de savoir si un filet ainsi envoyé jusqu'à de grandes profondeurs, travaillerait convenablement et monterait sans accident grave. Les essais poursuivis jusqu'à 2470 mètres montrèrent que l'opération suivait le cours normal prévu, mais ils ne produisirent rien, le filet revenant défoncé, soit par la rapidité de la descente, soit parce que durant

1. HOYLE W.-E. On a deep sea tow-net for opening and shutting under water, Proceed. of. the biological. Society, Liverpool III, 1889.

2. Compte rendu de l'Ac. des Sc., 26 novembre 1888, et Compt. rend. du Congrès de Zoologie 1889, p. 142.

la traction le navire faisait des embardées qui augmentaient sa vitesse. Une expérience faite le 8 septembre 1888, après que le filet pélagique eût été enveloppé dans une gaine en filet de sardines, pour qu'il fût très également soutenu sur toute l'étendue de sa surface, réussit complètement. La première partie du problème étant résolue, il restait à trouver un mécanisme permettant l'ouverture et la fermeture automatique de l'appareil. Je me suis préoccupé de cela du-

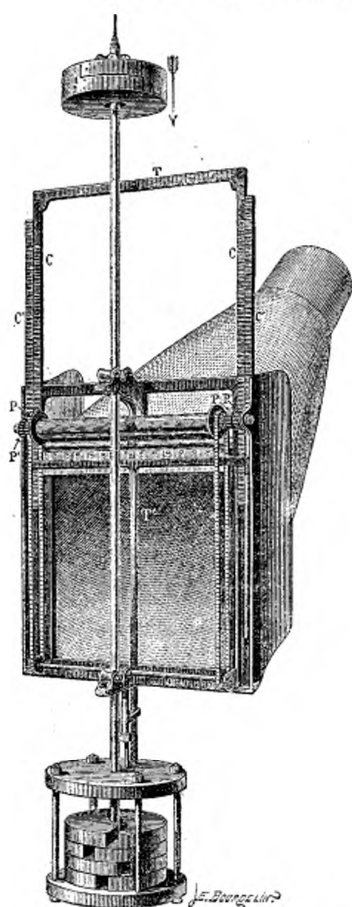


Fig. 62.

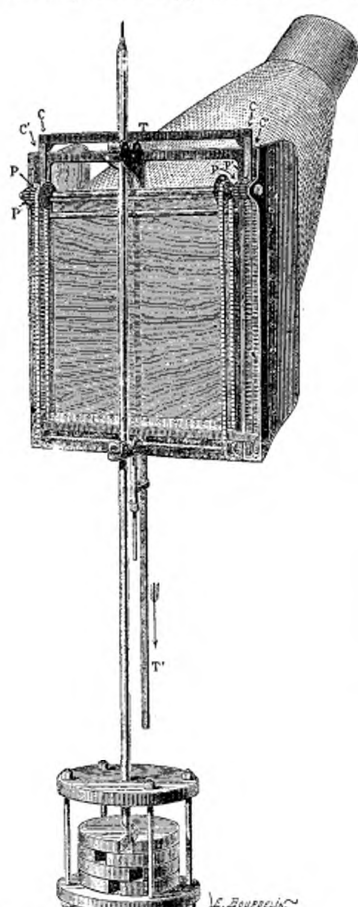


Fig. 63. — Filet pélagique à rideau.

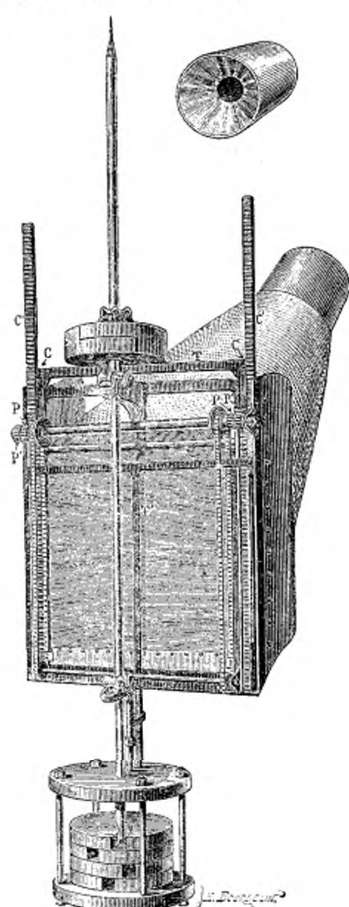


Fig. 64.

rant tout l'hiver dernier, secondé par MM. Le Blanc et Eudes, ingénieurs mécaniciens à Paris et j'ai pu, au mois de février 1889, faire dans les eaux profondes qui baignent l'île de Madère, des expériences répétées avec un appareil dont la description vient ci-après. A la suite de ces expériences qui furent satisfaisantes, de légères modifications effectuées dans quelques détails de l'appareil, en ont rendu l'usage très sûr, au point de vue de la fréquence et de la pureté des résultats,

« Je m'empresse, néanmoins, d'ajouter que d'autres chercheurs trouveront sans doute, s'ils poursuivent les idées nouvelles qui me sont venues pour la construction de cette fermeture, des simplifications et des perfectionnements. On verra que, renonçant à l'emploi des forces non influençables par la volonté de l'opérateur et qui ne fournissent aucun contrôle de l'opportunité de leur action, comme les hélices; ou bien de forces dont il est difficile de régler à des milliers de mètres de distance les actions successives exercées dans un même sens du haut vers le bas, comme la chute de plusieurs anneaux, j'ai employé, pour obtenir un premier mouvement, la force de la pesanteur utilisée du bas vers le haut, gouvernable par le poids de l'appareil lui-même, par la forme générale de celui-ci et par des freins; et pour obtenir un second mouvement, la chute d'un anneau agissant du haut vers le bas, c'est-à-dire en sens contraire du premier, ce qui empêche toute confusion entre ces deux mouvements nécessaires. On verra aussi quelle disposition spéciale permet le contrôle rigoureux de chaque opération dans toutes ses phases.

« Les proportions que l'on peut donner à cet engin n'ont d'autres limites que la force du navire qui l'emploie.

« Un poids variable suivant la profondeur à laquelle on doit travailler et qui s'appelle *heurtoir* est d'abord descendu fixé au bout d'un câble à cette profondeur. »

« L'appareil préalablement clos est alors enfilé sur ce câble; puis livré à lui-même, il glisse sur toute la longueur de celui-ci et s'ouvre dans le choc produit par son arrivée sur le heurtoir. L'appareil se compose d'un châssis en bronze dont l'ouverture rectangulaire de 40 centimètres sur 40, reçoit sur la face postérieure, un filet de pêche en gaze de soie, fixé d'une façon invariable et, sur la face antérieure, un rideau mobile qui permet d'ouvrir ou de fermer à volonté l'orifice du filet. »

« Un petit tambour en laiton étiré, calé sur un arbre en acier sert à enrouler ou dérouler le rideau. A chaque extrémité, cet arbre porte une roue folle pour chaîne Vaucanson et chacune de ces roues fait corps avec un petit pignon en acier; deux autres pignons également en acier, sont calés sur l'arbre du tambour. Chacun des pignons engrène avec une crémaillère en acier. Les deux crémaillères extrêmes engrènent avec les pignons fixes P' et sont reliées à leur partie inférieure, par une traverse en acier, sur laquelle est fixée une tige verticale T'. Les deux crémaillères intérieures C sont reliées par une traverse supérieure T. Enfin les deux montants, droit et gauche, du châssis présentent sur leur face intérieure, une coulisse qui livre passage au rideau (tout en s'opposant à ce qu'il puisse s'échapper) et à la traverse inférieure du rideau guidé dans cette coulisse par deux petits galets. »

« La traverse inférieure du rideau est, en outre reliée de chaque côté à des maillons de la chaîne Vaucanson, de sorte qu'à tout mouvement de montée du

rideau, correspond un mouvement analogue de la chaîne Vaucanson et des pignons P. Inversement, à toute rotation des pignons P correspond un mouvement de montée ou de descente du rideau. »

« L'appareil est complété en bas par un petit cylindre de frein hydraulique parallèle à la tige T', qui amortit le choc au moment de l'arrivée sur le heurtoir et, en haut, par deux petits taquets à ressorts qui empêchent la crémaillère de redescendre pendant l'opération. »

« Sur la face extérieure de chacun des montants du châssis est vissée une feuille de cuivre à peu près rectangulaire ayant 0,30 sur 0,33 : ce sont deux gouvernails (fig. 62). »

« Pour faire fonctionner cet appareil, le heurtoir T' est filé à la profondeur voulue et l'on conserve au navire la vitesse d'un demi-nœud. Le châssis en bronze portant un filet, et avec le rideau fermé est enfilé sur le câble par deux bagnes à charnières munies de galets puis, abandonné, il glisse le long de celui-ci, ses gouvernails l'empêchant de tourner et d'enrouler par là le filet autour du câble. Quand il touche le heurtoir, dont la face supérieure est plane et garnie de plomb, la tige verticale T', est violemment arrêtée et par conséquent aussi les deux crémaillères C'; tandis que le châssis continue son mouvement de descente, jusqu'à ce que la tige du piston du frein hydraulique vienne à son tour rencontrer le heurtoir. »

« Au contact des crémaillères C', les pignons P' se mettent à tourner et transmettent le mouvement de rotation au tambour en laiton sur lequel le rideau vient s'enrouler. En même temps, la traverse inférieure du rideau se soulève entraînant la chaîne Vaucanson qui fait tourner les roues et aussi les pignons P qui font monter la crémaillère C (fig. 63).

« Pour fermer l'appareil à la fin de l'opération, on lance le long du câble un anneau assez large qui vient s'abattre sur la traverse supérieure T qui réunit les deux crémaillères C. C'est deux crémaillères n'étant maintenues levées que par le frottement d'un ressort sur leur face postérieure légèrement cannelée s'abaissent et entraînent dans leur mouvement la rotation des pignons et des chaînes Vaucanson ; le rideau est déroulé par la traction de ces chaînes sur la traverse inférieure. »

« On a fixé sur le heurtoir un tube vertical rigide dans lequel passe le câble sur les derniers mètres de sa longueur ; l'anneau finit ainsi sa course, guidé pour une chute absolument verticale d'au moins 1^m,50 qui lui garantit sa rencontre avec la traverse supérieure T. »

« La situation des crémaillères et du rideau, quand l'appareil est remonté, fait voir avec certitude si le fonctionnement a été régulier (fig. 64). »

J'ai tenu à donner *in extenso* les détails fournis par S. A. le prince de Monaco, sur cet appareil parce qu'à l'heure actuelle il est de beaucoup le plus parfait du genre et qu'il a été employé pour des profondeurs de 500 mètres.

Sans doute, pas plus que pour les autres, il ne sera possible de s'en servir si l'état de la mer n'est pas absolument favorable, mais c'est là un facteur général, avec lequel il faut toujours compter dans ce genre d'opération. D'autre part, le contrôle que l'expérimentateur peut faire subir au travail de son appareil par l'inspection des crémaillères est certainement l'application d'une idée aussi neuve qu'heureuse et qui dans l'avenir ne saurait manquer de porter des fruits.

Filet pélagique à fonctionnement automatique du D^r C. Viguié, fig. 65 (1).

Depuis l'époque où le prince de Monaco a publié la description de son filet pélagique à rideau, le docteur C. Viguié, directeur de la station zoologique d'Alger, a fait construire un autre appareil dont l'ouverture et la fermeture, au lieu d'être réglées par des manœuvres faites à bord du bateau qui porte l'instrument, sont obtenues automatiquement, par la seule pression de l'eau, à la profondeur où l'on veut opérer.

Bien qu'assez compliqué, le mécanisme proposé est fort ingénieux et complètement à l'abri des agents extérieurs, ce qui est un progrès évidemment sur l'appareil employé à bord de l'*Hirondelle*.

Un cadre presque exactement circulaire supporte, par son diamètre horizontal et sa partie inférieure, la bouche du filet. Celle-ci est fermée par deux volets minces en métal delta, ou quelque alliage analogue, possédant une résistance assez grande. Ces volets ont la forme d'un quart de cercle légèrement prolongé d'un côté pour établir un peu de croisement. Ils sont montés sur des axes parallèles et fort rapprochés; et l'on voit qu'il suffit de faire tourner ces axes d'un quart de tour pour que la bouche du filet se trouve démasquée. Ce travail est effectué par un petit moteur électrique, commandant, comme dernier mobile, un pignon denté. Celui-ci est engrené avec un secteur porté par l'axe de l'un des volets, qui est également en prise avec un autre secteur porté par l'axe de l'autre volet.

La rotation du pignon suffit donc à relever simultanément les deux volets. Lorsque ce mouvement est à peu près effectué, une came *a*, portée par l'un des axes, vient faire agir un commutateur. Il s'établit d'abord une dérivation envoyant, dans un électro-aimant, une partie du courant qui allait à la dynamo. La dérivation devient de plus en plus forte à mesure que les volets approchent de l'extrémité de leur course; et, quand ils sont arrivés à ce point, tout le courant passe par l'électro-aimant, en abandonnant complètement la dynamo. Cet électro-aimant maintient les deux axes dans la position voulue tant que passe le courant.

Ainsi donc, aussitôt le circuit fermé, les volets se relèvent, et le plus petit reste ouvert aussi longtemps que le contact reste établi. Ce contact est déterminé par la pression que supporte l'appareil, et par conséquent par la profondeur même pour laquelle on l'a réglé au moment de l'immersion. L'épaisseur de la couche d'eau explorée dépend uniquement de la sensibilité du manomètre. C'est en effet un manomètre métallique dont l'aiguille établit le courant électrique aussi longtemps qu'elle se trouve en regard d'un index qu'on a déplacé à volonté, et dont la largeur règle ainsi l'épaisseur de la couche d'eau explorée. Il suit de là que, pour obtenir une sensibilité suffisante, il faut avoir plusieurs manomètres. On introduit dans l'appareil celui qui correspond aux profondeurs que l'on désire étudier. Il va sans dire que, pour peu que la manœuvre des volets exige une certaine puissance, le courant passant par le manomètre ne sert qu'à actionner un relais fermant le courant principal. Mais rien ne s'oppose alors à ce que l'on fasse le filet de dimensions assez grandes.

1. D^r C. VIGUIÉ, *Nouveau filet pélagique à fonctionnement automatique*, voir *Journal La Nature* n° 890, 21 juin 1890, p. 42.

Comme on l'a vu, aussitôt que l'instrument arrive à la profondeur désignée, le manomètre établit le courant et le filet s'ouvre et demeure ouvert; mais aussitôt que l'aiguille du manomètre perd le contact avec l'index, soit que le filet remonte,

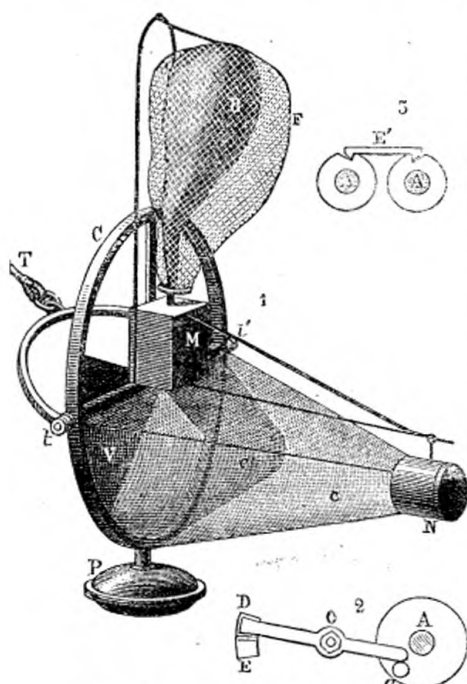


Fig. 65. — Filet du Dr Viguiet.

soit qu'il s'enfonce trop, les volets, abandonnés à eux-mêmes, se ferment par leur propre poids; leurs bords opposés étant aiguisés en lames, peuvent couper, comme une paire de ciseaux, les animaux, généralement fort mous, qui se trouveraient entre eux. Quant au commutateur, un ressort le ramène dans sa position première. Aussi, que dans le cours d'une même opération, l'appareil atteigne et quitte un nombre quelconque de fois le niveau déterminé, il s'ouvrira à chaque fois, mais ne pêche jamais qu'à la profondeur voulue; et, comme il n'est relié au navire que par la corde de touée, il peut agir aussi bien à 10 mètres de profondeur qu'à 8000 mètres; tout dépend du manomètre. La pression est transmise à l'intérieur de la boîte M, qui contient le mécanisme, par un ballon à air B, analogue à celui du docteur P. Regnard, pour les nasses éclairées. Ce ballon, dont la dimension varie naturellement avec la pression à supporter, de manière qu'il n'offre pas une trop grande surface au moment où l'appareil doit travailler, est enfoncé dans un filet F qui se trouve maintenu au-dessus de l'appareil par un léger arceau supporté

par le cercle. Un tube, contournant le cercle du filet, transmet la pression à la boîte à piles P qui sert de lest à tout le système. Afin que pour les pressions considérables, le volume initial ne soit point gênant, le vide intérieur des deux boîtes sera réduit le plus possible, au moyen de masses pleines, fixées sur les parois ou les couvercles et ne laissant que la place strictement nécessaire au jeu du mécanisme. Les joints, supportant la même pression en dedans et en dehors, ne fatiguent pas, quelle que soit leur profondeur; et tout le mécanisme, du reste simple et robuste, est renfermé dans une boîte étanche d'où sortent seulement les deux axes. Le filet de gaz e est porté par un cadre qui se fixe au grand cercle par quelques loquets, et la bouteille terminale N est supportée par un anneau qui peut courir sur une tige supportée par la boîte M. Le filet proprement dit se sépare donc en un instant du mécanisme; mais, tout le temps qu'il est en place, il se trouve maintenu de façon à ne pouvoir s'engager dans les autres organes. La bouteille, en cylindre terminal, peut se fermer aussi par un système assez simple.

Le docteur C. Viguiet ajoute que l'on pourrait employer une partie du courant fourni par la pile à allumer à l'entrée du filet une petite lampe à incandescence, et, comme l'appareil peut demeurer ouvert, quoique en repos, aussi longtemps qu'on le désire, il agirait alors comme une nasse éclairée.

À la suite de cette description, l'auteur ne dit rien des expériences faites avec son appareil, dont nous ne pouvons qu'apprécier la très ingénieuse invention sans préjuger de son fonctionnement.

Nasses

Parmi les heureuses innovations que le Prince de Monaco a fait dans l'outillage des recherches scientifiques marines, je ne saurais manquer de citer les *nasses* auxquelles il a apporté beaucoup d'heureuses modifications et qu'il a employées ainsi perfectionnées, jusqu'à des profondeurs de 1400 mètres ; moins brutal que le chalutage, le procédé des nasses devait amener *a priori* une récolte des animaux en parfait état de conservation, aussi méritait-il de fixer l'attention d'un chercheur consciencieux.

L'appareil entier se composait d'une nasse proprement dite d'un câble et de deux bouées.

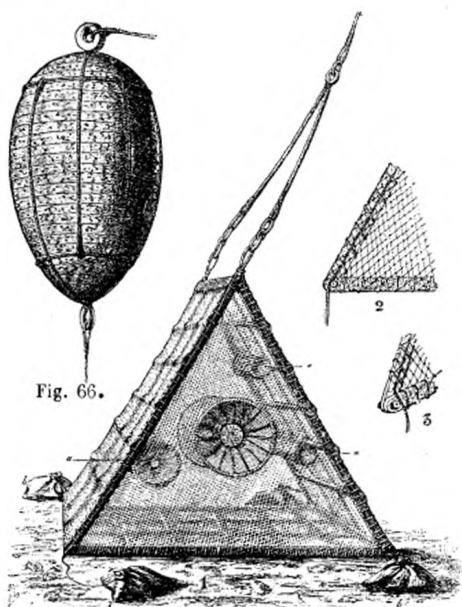


Fig. 66.

Fig. 67. — Nasse de l'Hirondelle

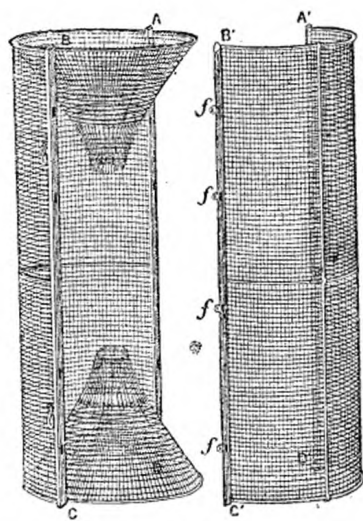


Fig. 68. — Nasses primitives de l'Hirondelle.

L'une de celle-ci flottant librement à la surface de la mer était formée d'un bloc de liège de 150 kilos auquel on adjoignait un châssis muni d'un mât et d'un pavillon qui, dans le jour, permettait de mieux saisir l'emplacement de l'engin (fig. 66).

L'autre bouée était fixée à quelques mètres de la nasse et avait pour but d'empêcher le câble de s'embrouiller sur l'appareil et de le chavirer ; au cas où il se fût produit une perturbation dans la masse profonde des eaux.

Quand à la nasse elle-même (fig. 67) sa forme et sa composition furent le sujet

de nombreuses études de la part de l'explorateur. La première dont il se servit, cylindrique, entièrement métallique et munie d'une entrée à chacune de ses extrémités donna d'assez bons résultats à de faibles profondeurs, depuis 15 jusqu'à 500 mètres.

Cependant son poids relativement considérable et qui la faisait enfoncer dans la vase des grands fonds en rendait le maniement assez difficile en même temps qu'il empêchait la capture des animaux.

La première amélioration apportée à cet appareil consista dans le remplacement d'un certain nombre de lattes en fer par des lattes en bois et l'augmentation des dimensions des mailles du grillage. Ainsi modifié l'instrument ne put pas descendre du reste au delà de 700 mètres; il rapporta bien, il est vrai des espèces intéressantes, mais il était encore d'un emploi difficile et plusieurs exemplaires en durent être abandonnés à la mer. On pensa alors à substituer au câble de chanvre qui le reliait à la bouée un câble métallique et l'on descendit un appareil à 2000 mètres de profondeur avec succès; un autre, par contre, se perdit à 400 mètres.

C'est alors que profitant des seuls matériaux qui se trouvaient à bord on construisit immédiatement une nasse polyédrique, forme que préconisait depuis longtemps M. le baron de Guerne, qui affectait la forme d'un prisme triangulaire dont les deux bases étaient pourvues d'ouvertures de nasses en toile métallique (fig. 67).

Outre les avantages que présentait pour le transport la constitution d'un pareil instrument formé de panneaux recouverts de filet à sardines, l'appareil très léger en somme par lui-même ne s'enfonçait aucunement dans la vase du sol. Un câble relié par une patte d'oie aux deux extrémités d'une arête du prisme et munie d'une bouée protectrice permettait de le relever facilement tandis qu'un lest formé de 4 sacs de pierre attachées aux angles du panneau opposé assurait la descente de l'appareil et la juxtaposition de sa base sur le fond.

Enfin, jusqu'à de faibles profondeurs (40 mètres), on adjoignit à une nasse métallique une lampe électrique de 12 volts actionnée par cinq éléments Bunsen et munie de l'appareil compensateur du D^r P. Regnard pour éviter l'écrasement dans les grands fonds (1). Les expériences ne purent être continuées avec cet appareil par suite d'un accident fortuit qui lui survint.

Je ne saurais oublier de mentionner que MM. Fol et Sarazin ont fait d'intéressantes expériences dans un ordre d'idées analogues, adjoignant à une nasse des matières phosphorescentes (2) du sulfure de calcium par exemple en solution, contenu dans un tube épais.

Le D^r P. Regnard eut cette même idée à peu près à la même époque mais sa technique est de beaucoup préférable :

1. Comptes rendus Ac. des Sc., 9 juillet 1888.

2. Docteur P. REGNARD, *la Vie dans les eaux*, p. 56.

« Un gros tube de verre, dit-il, (1) est d'abord rempli de vernis épais, puis on rejette ce vernis de telle sorte qu'il en reste une simple couche sur les parois. Pendant que ce vernis est encore visqueux on remplit le tube de poudre phosphorescente (fig. 68). Cette poudre s'attache au vernis et forme une couche uniforme tout autour du tube. On coule alors dans ce tube de la paraffine fusible à basse température et on le ferme en ne laissant en haut qu'une bulle d'air au point d'occlusion. On a ainsi un appareil qui ne casse pas sous la pression puisqu'il est entièrement plein d'une substance à peu près incompressible. Il a très bien supporté une pression de 800 atmosphères. »

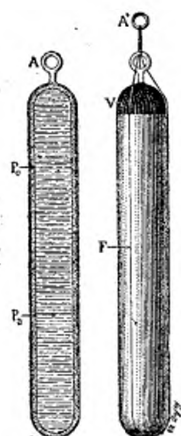


Fig. 68. Tube lumineux de P. Regnard

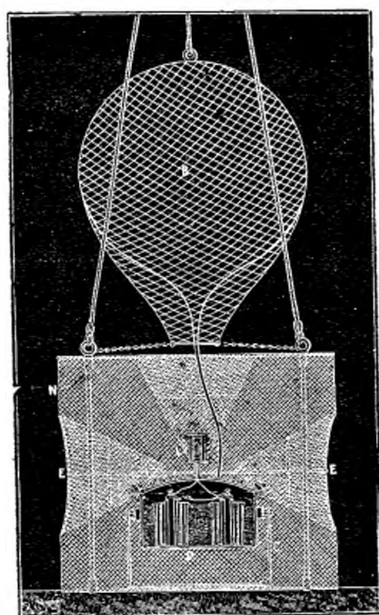


Fig. 69. Schema de la nasse éclairée de l'Hirondelle.

Dispositif du D^r Regnard pour éclairer les eaux profondes.

Il n'y a qu'un instant j'ai eu l'occasion de parler du *système compensateur* adjoint par le D^r P. Regnard à l'appareil dont il s'est servi pour étudier l'influence de la lumière sur les animaux des abîmes (fig. 69).

Comme il a adapté ce dispositif, avec succès, à quelques autres instruments, je vais en donner ici la description d'après la communication officielle faite à l'Académie des sciences (2).

Pour éclairer une nasse placée à 400 mètres de profondeur, on rencontrait de sérieuses difficultés dans l'emploi de la lumière électrique dont les piles

(1) A l'intérieur de cette grande nasse en étaient disposées de plus petites où se pouvaient réfugier les êtres de petite taille fuyant devant la voracité des autres prisonniers plus forts ou mieux armés qu'eux-mêmes.

(2) Compte-rendu Académie des sciences 9 Juillet 1888.

devaient être contenues dans une boîte fermée et étanche. Mais comment éviter l'écrasement de celle-ci sous une pression de quarante atmosphères ?

Cette boîte en fer fut fermée par un couvercle serré par des boulons sur une bague de caoutchouc ; et percée de deux trous : l'un laissant passer les fils allant des piles à une lampe Edison de douze volts, l'autre se terminant par un tube où aboutit un ballon situé au-dessus et rempli d'air ; ce ballon en toile caoutchoutée était maintenu par un filet solide.

Dans l'immersion de ce système « le ballon est comprimé à mesure qu'il s'enfonce et il injecte dans la boîte des piles de l'air juste à la pression à laquelle elle est soumise au lieu même où elle se trouve. Il y a donc pression égale en dehors et en dedans de la boîte et, par conséquent, pression nulle, fût-ce à une profondeur immense. »

La lampe et la pile sont suspendues sur une cardan et placée dans une nasse cylindrique en toile métallique à mailles d'un centimètre : munie d'entrées coniques au sommet et sur les faces latérales.

Sur la base du cylindre est disposé un plancher métallique, composé de deux feuilles mobiles autour d'une charnière placées suivant un diamètre du cercle de base. Dans la descente, un fil métallique maintient horizontales les deux feuilles de ce plancher destiné à empêcher la nasse d'enfoncer dans les terrains meubles ; dans l'ascension de l'appareil, si la charge du plancher devient trop lourde, le fil est rompu et les deux feuilles retombant verticales, diminuent immédiatement la résistance de cette appareil. Jusqu'ici, ce dispositif n'a pas encore été employé à de bien grandes profondeurs.

Cette nasse a été construite d'après les plans du prince Albert de Monaco.

Etude sur la pénétration de la lumière dans les eaux marines

Une question bien intéressante est celle de la pénétration des rayons actiniques dans la masse des eaux marines.

Jusqu'où pénètre la lumière, quels sont les rayons de son spectre qui pénètrent le plus loin et quelle influence cette obscurité exerce-t-elle sur la vie dans les océans ?

Lorsque l'on drague sur le plateau continental côtier, l'appareil travaille d'abord dans les herbiers touffus tapissant le sol, sortes de forêts où gisent des millions d'animaux.

A mesure que l'on s'éloigne de la côte diminue cette végétation en même temps qu'elle change de couleur et, arrivé à une certaine profondeur elle disparaît complètement. Or cette profondeur est peu considérable (80 à 100 mètres) et les naturalistes expliquaient jusqu'ici cette disparition de la flore par l'absence de lumière blanche entravant la fonction chlorophyllienne.

Aujourd'hui cette interprétation n'est plus sensiblement exacte. Les expériences nombreuses de beaucoup de savants entre autres : P. Bert et P. Regnard ont montré que le chlorophylle se formait surtout sous l'action de ses vibrations rouges et des vibrations à la quinte des premières : vibrations bleues.

Les recherches nous ont montré aussi que le chlorophylle se pouvait développer sous la lueur de la phosphorescence et que, d'autre part, la couche d'eau que traverse la lumière pour arriver aux plantes marines n'a pas d'influence sur leur développement tant qu'elle n'intercepte pas ces radiations rouges et bleues.

Les premières sont rapidement absorbées, il est vrai, mais les dernières persistent fort longtemps et sont aussi celles de la phosphorescence.

Avec des appareils d'un fonctionnement aussi précis que le filet à rideau du prince de Monaco, peut-être serait-il permis de recueillir dans les grands fonds quelques représentants du monde végétal.

Quoiqu'il en soit, les études sur la pénétration de la lumière blanche, elle-même, dans les eaux ne manquent point d'intéresser la biologie végétale, en ce qui concerne les espèces côtières, et ont été poursuivies jusqu'ici par Forel, Asper, Secchi, Fol et Sarrazin, Soret et Paul Regnard.

Je ne saurais rentrer dans l'étude des phénomènes de l'optique marine, mais je ne puis passer sous silence les expériences de Fol et Sarrazin qui ont précédé celles du D^r Regnard, dont un appareil a été exposé en 1889 à côté des collections du prince de Monaco.

Après de nombreuses explorations en scaphandre à des profondeurs relativement faibles, Fol reconnut que les radiations rouges étaient les premières éteintes par la masse des eaux.

L'appareil conçu par Fol et Sarrazin pour l'étude de la lumière transmise dans les eaux est d'un principe fort simple : il consiste en une chambre noire contenant une plaque photographique très sensible et dont l'ouverture et la fermeture sont assurées par deux volets glissant dans une rainure sur lesquels sont fixés deux leviers croisés en ciseaux et qu'un ressort maintient écartés.

Quand on descend l'appareil, un gros poids est fixé aux extrémités libres des leviers, les rapproche et maintient fermés les volets. Quand ce poids touche le fond son action sur les leviers cessant, ceux-ci s'écartent sous l'influence du ressort antagoniste et la plaque est exposée à la lumière.

Cet appareil immergé d'abord dans le lac de Genève l'a été aussi en Méditerranée, à bord de l'*Albatros* de la marine française et a fourni d'intéressantes déductions sur les variations de la pénétration des rayons actiniques suivant l'état du ciel et des eaux éclairées.

Cet appareil peut être adapté à un fil de sonde, en le disposant à une distance du poids de sonde égale à la différence entre la profondeur totale et celle à laquelle on veut exposer la plaque sensible.

Un autre appareil des mêmes auteurs fonctionnant d'une façon très heureuse permet d'exposer les plaques sans l'intervention du fond.

Un mouvement d'horlogerie déclenché par l'envoi d'un messenger fait passer devant des plaques une série d'ouvertures circulaires et d'obturateurs.

Les développements se font dans des conditions identiques, bien entendu.

A côté des appareils de sondages, de dragages, de thermométrie exposés avec les collections du prince A. de Monaco, ai-je dit, se trouvait un instrument appelé « *photométrographe* » destiné à mesurer l'intensité des rayons actiniques à travers une couche d'eau et dû, comme beaucoup d'ingénieux appareils de physique marine, à l'invention de M. le Dr Paul Regnard.

Cet appareil a du reste fonctionné à bord de « *l'Hirondelle* » en rade de Funchal (mars 1889), j'emprunterai à l'auteur sa description (1).

Celui-ci a voulu, dans la suite très attachante de ses recherches, faire œuvre de biologiste bien plus que de physicien et savoir « jusqu'à quelle profondeur nous rencontrerions des conditions de durée et d'intensité du jour à peu près comparables à celles dont nous jouissons, au fond de l'espèce d'océan gazeux qui constitue notre atmosphère. »

Il s'est demandé à quelle heure commençait le jour et à quelle heure il finissait dans telle couche de la mer habitée par des animaux et des végétaux.

Se basant sur les principes de divers appareils inventés pour l'étude des intensités et des variations de la lumière solaire, par Campbell, Jordan, Maurer, il réalisa son « *photométrographe*. »

PHOTOMÉTROGRAPHIE DU Dr P. REGNARD.

Un lourd plateau de fonte se trouve suspendu, par quatre solides anneaux, à une patte d'oie faite de quatre fils d'acier très résistants, qui rejoignent, au point C, un fil de sonde également en acier. La minceur de ces fils est cause qu'ils n'interceptent en rien la lumière.

Sur le plateau de fonte se trouve vissé un cylindre de bronze fermé par une plaque ronde suivant une de ses bases.

Sur sa génératrice supérieure D se trouve une fente recouverte d'une glace solidement serrée par une garniture en caoutchouc et en métal delta. C'est par cette fente que la lumière pénètre dans le cylindre. Elle a un dixième de millimètre de largeur.

Dans l'intérieur du tube se trouve un cylindre que meut un mouvement d'horlogerie. Il fait un tour en 24 heures. Sur sa surface se trouve collée une feuille de papier platinographique assez sensible. En tournant, le cylindre présente à la fente successivement les diverses parties du papier qui se trouve im-

1. P. REGNARD, *la Vie dans les eaux*, p. 203.

pressionné plus ou moins, suivant qu'il arrive à lui plus ou moins de lumière. En retirant le papier après une journée on le verra donc plus ou moins noirci, suivant que plus ou moins la lumière lui sera arrivé.

L'appareil devant être envoyé assez profondément, il faut que sa surface et surtout ses joints, supportent la pression. Pour éviter tout accident du côté de la pénétration de l'eau, nous avons pris deux précautions. D'abord un ballon B plein d'air est en rapport, par une tubulure latérale avec l'intérieur du cylindre; la pression qu'il transmet à l'intérieur étant égale à celle que supporte l'extérieur de l'instrument, elles s'annulent.

Comme deuxième précaution, dans la boîte même de l'appareil, nous laissons quelques petits fragments de chaux vive qui absorbe le peu d'humidité qui aurait pu y pénétrer. Un lourd poids P leste le tout, et tend le fil de sonde.

Pour se servir de l'instrument, on procède de la façon suivante: on a deux appareils, l'un resté à bord à l'extrémité du beaupré, l'autre est immergé. Dans chacun se trouve un cylindre tournant exactement avec la même rapidité. Sur chaque cylindre est un morceau de papier sensible pris dans la même feuille, au même endroit. Des lignes marquant sur chacun les heures et les demi-heures. On met le navire au mouillage par un temps absolument calme, et on immerge l'appareil pendant la nuit, en l'attachant, soit à l'extrémité du beaupré, soit à une bouée que l'on laisse loin du navire, pour éviter que celui-ci projette jamais son ombre sur l'appareil immergé. Puis on laisse les deux photomètres s'impressionner toute la journée. On les retire quand la nuit est tombée et on développe les deux papiers ensemble dans le même bain d'oxalate de fer.

Les trois jours où les expériences ont eu lieu, ajoute l'auteur, il a fait un temps superbe. Les nuages ont été à peu près nuls.

Le 27 mars, l'appareil a été coulé à 20 mètres. On voit, en examinant la figure, qu'à ce niveau le jour s'est levé à 9 heures du matin et que la nuit est venue vers 5 heures du soir.

A bord, l'appareil indique que le jour était très net à 6 heures et demie et qu'à 6 heures et demie du soir il faisait nuit. Les êtres qui vivaient vers

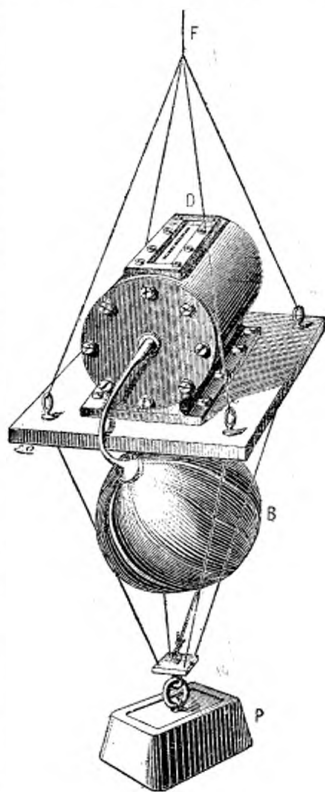


Fig. 70. Photométrographe de P. Regnard.

20 mètres de fond ont donc eu quatre heures de jour de moins que ceux de la surface et que les êtres terrestres.

De plus à 20 mètres, le soleil n'a été visible que de 11 heures et demie du matin à une heure du soir, tandis qu'à terre le soleil a été très intense jusqu'à 2 heures et demie.

Le 29 mars, on a coulé l'appareil à 30 mètres. Ce jour-là, le jour a été très net à 5 heures et demie, à terre (la différence avec l'avant-veille tient à la moindre nébulosité du ciel le matin).

Le soleil radieux a lui de 7 heures et demie à 3 heures. La nuit photographique est venue vers 5 heures et demie.

A 30 mètres, le jour s'est levé vers 8 heures et demie, à 1 heure et demie, il faisait nuit. Tout au plus le soleil a-t-il été sensible dix minutes vers midi. Les êtres qui vivaient à cet étage marin ont donc eu sept heures de jour de moins que ceux de la surface des continents.

Enfin, on a porté l'appareil une autre fois à 40 mètres. Bien que la journée ait été fort belle ce jour-là, c'est tout au plus s'il est arrivé au fond vers une heure, la faible lueur qui suffit pour voiler légèrement le papier photographique, lequel est pourtant deux fois plus sensible que le papier au chlorure d'argent.

A 40 mètres, c'est la nuit telle que notre œil la connaît puisque, pour nous, l'obscurité correspond à fort peu près au moment où le papier photographique peut demeurer un quart d'heure exposé sans donner la moindre réduction.

Le photométhographe du Dr P. Regnard ne pouvant indiquer la quantité de lumière qui pénètre sous les eaux, ce savant voulut imaginer un actinomètre.

Il le basa sur les variations électriques que la lumière fait subir au sélénium et du coup il dépassa en précision scientifique les résultats obtenus par Becquerel, Jony, Rigollot.

Photomètre au sélénium du Dr P. Regnard (1)

L'instrument imaginé par le docteur Regnard est fort simple et très ingénieux (fig. 71)

Une pile au sélénium S, construite comme cela est indiqué dans tous les traités de physique, est placée dans une boîte de cuivre H parfaitement étanche, et fermée par une glace. Cette boîte est pendue à une patte d'oie en fil d'acier très fin, et aboutit à un fil de sonde F, divisé de mètre en mètre par des rosettes de drap rouge. Pour que la boîte lestée par le boulet de fer P, ne subisse aucune pression et ne se brise pas quand on l'immerge, elle est munie d'un ballon compensateur B.

Un système de boulons isolateurs, fabriqués en fibre et en ébonite, permet à un câble marin C, dont les deux fils sont parfaitement isolés, de pénétrer dans la boîte et de se mettre en rapport avec les pôles de la pile de sélénium.

Ce câble a une longueur de 200 mètres; il permet donc de faire l'expérience à une distance assez grande du bord de la mer.

On ne peut en effet s'écarter beaucoup de la terre ferme, car il faut, de toute

1. Dr P. REGNARD, *La Vie dans les Eaux*.

nécessité, que le galvanomètre très sensible dont on va se servir soit à terre dans une chambre obscure.

Les mouvements d'un navire ne permettraient aucune lecture.

La pile, aussitôt après son enroulement, présentait une résistance de 5 000 ohms. Aussitôt après avoir été desséchée à 200 degrés, elle avait une résistance de 250 000 ohms. Après son refroidissement, elle avait une résistance de 3100 000 ohms.

L'isolement des lames de cuivre était donc excellent.

Quand on eut placé le sélénium entre les spires, la résistance tomba à 1640 000 ohms.

Devant un bec de gaz papillon, à 10 centimètres environ de lui, elle vint à 680 000 ohms, et 35 000 seulement à la lueur du ciel éclairé.

On avait donc un instrument d'une grande sensibilité.

Il fallait le mettre en rapport avec un galvanomètre.

Pour cela, dans une chambre obscure, se trouve une table solide, une pailleasse en briques, autant que possible.

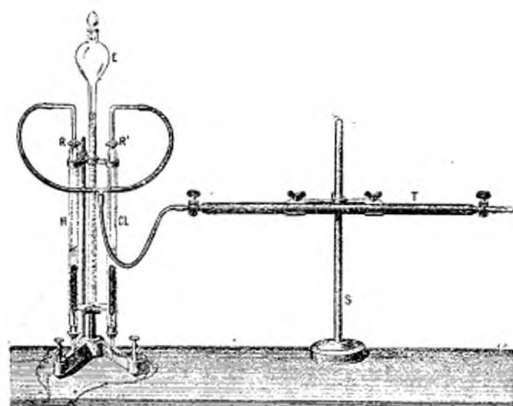


Fig. 72. Voltamètre.

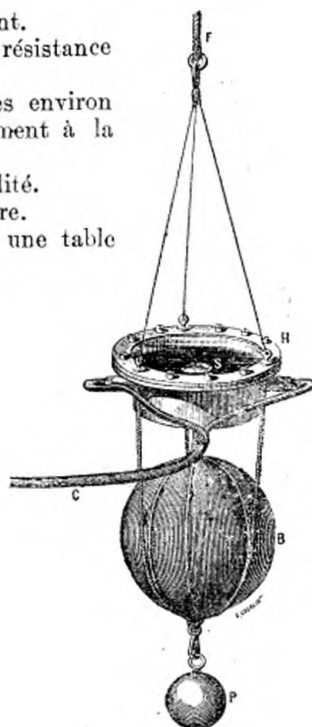


Fig. 71. Photomètre de P. Regnard.

Sur cette pailleasse, se trouve disposé un galvanomètre Thomson, dont le miroir est dirigé par un aimant faible.

Un bec de gaz fournit de la lumière par une fente percée dans sa cheminée opaque.

Le rayon lumineux, recueilli par le galvanomètre, est réfléchi sur une échelle graduée I. Des déviations très faibles du miroir sont donc multipliées considérablement, grâce à la longueur du faisceau lumineux. L'électricité est fournie par une pile thermo-électrique dont les couronnes inférieures sont seules utilisées. La pile est entourée d'une toile protectrice plissée qui empêche qu'un courant d'air fortuit ne vienne augmenter la déperdition de chaleur, ce qui amènerait, à coup sûr, un mouvement de galvanomètre. Le gaz qui chauffe la pile est d'ailleurs tenu à une pression parfaitement égale par un régulateur Moitessier.

Grâce à ces précautions, le courant, qui passe par la pile le galvanomètre et la pile de résistance au sélénium, ne varie pas.

L'image ne bouge pas du tout sur l'échelle, tant qu'on ne fait pas intervenir la lumière. C'est là un point important que le docteur Regnard a réussi à réaliser bien que cela soit fort difficile.

« Ce matériel fut transporté sur le rocher de Monaco qui offrait de grands avantages. D'abord, le prince Albert faisait disposer, à l'extrémité même de ce rocher, une casemate où on pouvait installer l'appareil galvanométrique. Ensuite ce rocher s'avance dans la mer comme un navire, ce qui permettait d'opérer un peu loin des côtes et d'éviter le trouble de l'eau inévitable près du rivage.

A l'extrémité du rocher, le câble, long de 250 mètres, permettait de s'éloigner de la côte véritable de plus d'un kilomètre. Là existent des fonds de 50 mètres.

L'eau y est d'une pureté admirable dans les beaux temps; la côte de Monaco est, garantie des eaux bourbeuses du Var par le cap Ferrat, et, des eaux torrentueuses et troubles de la Roja, par le cap Martin.

C'est donc un lieu d'élection pour des expériences qui obligent à avoir une partie des instruments à terre, et qui empêchent de gagner complètement le large.

Un bateau, maintenu en place simplement par ses avirons, était amené devant le laboratoire, à 200 mètres du rocher, sur un fond de 50 mètres. On a choisi un jour où le soleil était radieux, et où pas un nuage n'était au ciel. De plus, on a opéré à midi juste, pour que les rayons fussent aussi perpendiculaires que possible à la surface de l'eau. La pile, étant fixée au beaupré du bateau, fut rattachée au câble qui baignait d'abord dans l'eau, puis montait le long du roc, et finissait par aboutir dans la chambre même du laboratoire. Le câble était mis en rapport avec le galvanomètre et la pile thermométrique. L'aide, qui était dans le bateau, bouchait alors la pile soigneusement. On notait une première déviation qui correspondait à l'ombre absolue. Au signal qui lui était fait du rocher, il mettait la pile découverte en plein soleil. Une deuxième lecture donnait la déviation dans ces conditions. L'aide enfonçait alors, de mètre en mètre, la pile dans l'eau, et chaque fois on faisait une nouvelle lecture.

Le tableau, dressé à la suite de ces expériences, montre, qu'au soleil et dans l'air le galvanomètre marquait 260 divisions. Après avoir été immergé à 1 mètre, il ne donnait plus que 135, presque la moitié: c'est le premier mètre d'eau qui absorbe la plus grande partie de la lumière, du moins quand, comme dans la mer, cette eau est remplie de particules de toute nature.

A 2 mètres, le galvanomètre marque 104 divisions, si bien qu'à partir de 4 mètres, il y a presque toujours autant de lumière: c'est de la lumière diffuse. A partir de 11 mètres, l'appareil n'est plus assez sensible pour indiquer la diminution de la diffusion.

Le dernier point que l'on remarque correspondait à l'ombre, c'est-à-dire à ce que marquerait le galvanomètre pour les grandes profondeurs, pour celles par exemple que Fol ou Forel exploraient photographiquement ».

Après avoir dressé la courbe des variations d'intensité de la lumière pénétrant dans les eaux, le Dr P. Regnard voulut mesurer la quantité de cet agent par une action sur un mélange détonant d'hydrogène et de chlore s'appuyant sur ce principe de Bunsen et Roscoe que la quantité d'acide chlorhydrique formé dans de semblables conditions est proportionnelle à la quantité de lumière qui tombe sur un élément de la surface du mélange.

Les expériences furent faites au laboratoire de Monaco.

Dans les deux tubes H et CL se trouvait de l'acide chlorhydrique pur. Deux électrodes faites en charbon de cornue y amenaient le courant de quatre grands Bunsen; la décomposition de l'acide chlorhydrique se faisait selon les lois connues en chlore et hydrogène qui remplissaient les tubes H et CL en refoulant le liquide dans l'ampoule E (fig 72).

D'autre part en T se trouvait un long tube divisé en 100 parties égales, il était

fermé par deux robinets de verre et soigneusement peint avec un vernis noir tout à fait opaque composé de noir de fumée mêlé à de la gomme; on y avait au préalable fait le vide absolu par la pompe à mercure. Il suffisait de le mettre en rapport avec le Voltamètre quand celui-ci était rempli, puis d'ouvrir les robinets RR' et l'un des robinets du tube T pour que celui-ci se remplit du mélange détonant.

On préparait cinq tubes semblables et on les disposait le long d'un fil de sonde puis, une bouée étant à l'un des bouts du fil, et une ancre à l'autre, on portait l'appareil en mer et on l'y coulait pendant la nuit, l'eau lavait en quelques minutes le vernis à la gomme qui couvrait les tubes, leur surface redevenait transparente et pouvait recevoir l'impression lumineuse dès le lever du jour. Il est nécessaire, lorsqu'on fait pareille expérience, de la tenter par un ciel totalement couvert, sinon l'impression lumineuse est trop vive et la recomposition de l'acide chlorhydrique se fait en totalité dans tous les tubes.

Pendant une journée entière les tubes demeuraient plongés dans la mer.

L'expérience a toujours été faite au sud du rocher de Monaco en face de la terrasse de la couleuvrine à la cote 20. Dans la nuit qui suivait on retirait l'appareil, on laissait rentrer l'eau dans chaque tube en ouvrant un des robinets, l'acide chlorhydrique formé se dissolvait instantanément et en lisant de suite le chiffre indiqué sur le tube par le niveau de l'eau on avait, par différence, la quantité d'action chimique intervenue et par conséquent la quantité de lumière qui avait pénétré dans la mer. Ces expériences reproduisent sensiblement ce qu'avait fourni la pile au sélénium. Dès le premier mètre d'eau il y a une grande absorption de lumière. Puis la lumière diffuse produite par la réflexion de la lumière sur les mille petits corps en suspension donne une lumière faible, mais presque égale qui règne ensuite jusqu'à une certaine profondeur.

Il y aurait un véritable intérêt à descendre dans les grands fonds un tube à chlore et hydrogène et à voir jusqu'où les rayons actiniques formeraient de l'acide chlorhydrique.

C'est là un problème que le docteur Regnard, dont l'expérimentation est si précise et si rigoureuse ne manquera pas de résoudre quelque jour.

Toutes ces opérations faites en mer ont été contrôlées et corroborées par des expériences de laboratoire des plus précises dans le détail desquelles je ne saurais rentrer, ici, non plus que dans celles qui ont porté sur la formation de la chlorophylle aux différents niveaux marins et qui intéressent au plus haut point la biologie.

Bien que les appareils du Dr Regnard n'aient pas tous été employés à bord de l'*Hirondelle*, je me suis laissé entraîner à les décrire ici, en raison du grand intérêt qu'ils comportent et parce que leurs essais ont été faits sous les auspices du prince de Monaco dont ils complètent les recherches.

DISPOSITIF PROPOSÉ POUR PHOTOGRAPHIER LE FOND DE LA MER (Dr P. REGNARD)

Si les sondeurs nous donnent une indication sur la nature du substratum océanique, ils ne peuvent que nous indiquer la nature minéralogique de ce sol, et lorsque la drague ramène à bord les animaux recueillis sur le lieu même du sondage, l'expérimentateur essaye de se représenter la face du sol sous-marin qu'il vient d'explorer.

M. le Dr Regnard a voulu, lui, photographier directement les fonds et bien que son appareil n'ait pas encore fonctionné, je ne puis m'empêcher de citer la description qu'il en donne (*).

1. *La Vie sous les Eaux*, p. 71.

Pour obtenir des images du sol sous-marin, il faut l'éclairer, mais aussi il faut un appareil qui soit toujours rigoureusement au point, qui se puisse ouvrir et fermer en laissant un temps de pose connu et qui ne soit pas soumis à la pression de la colonne d'eau qui le surmonte.

Voici l'appareil proposé par le D^r P. Regnard :

« Une caisse ronde, formée d'un tube de cuivre, est fermée à ses deux extrémités par des plaques de cuivre circulaires dont la supérieure se fixe sur une bague de caoutchouc au moyen de boulons à oreilles.

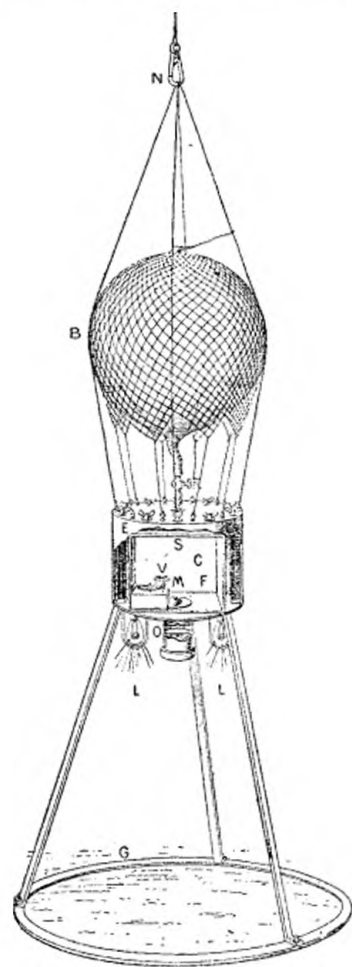
« Dans cette caisse, se trouve enfermée une chambre noire C dont la glace sensible est fixée dans un châssis à rideaux S. Cette chambre est portée sur un affût dit à crinoline, qui se pose sur le sol quand on descend l'appareil.

« La distance du sol à l'appareil est de ce fait toujours la même, l'objectif est donc toujours au point.

« La plaque supérieure de la caisse est percée d'un trou où s'engage le robinet R, surmonté d'un ballon compensateur B, analogue à celui de notre lampe électrique. Il est destiné comme pour celle-ci, à annihiler l'influence de la pression de l'eau. »

« Il faut maintenant que l'appareil s'ouvre et se ferme à des intervalles donnés. Ceci est réalisé par l'appareil M composé d'un disque qui est mû par un mouvement d'horlogerie. Ce disque est percé d'une fente demi-circulaire quand, par suite du mouvement de rotation, elle vient à passer devant l'objectif, elle en ouvre la lumière ; quand survient la partie pleine du disque, l'objectif est fermé. Il est facile de régler le volant à ailettes V, de telle sorte que le passage de la fente dure un temps donné.

« Reste à éclairer le fond de la mer qui pourrait se trouver trop sombre pour être photographié. Pour cela une couronne de petits accumulateurs E, E, entoure la chambre noire. Ils sont réunis en tension et apportent leur courant à deux lampes Edison placées au dehors de l'objectif et protégées contre la pression par une cloche de



piezomètre solidement mastiquée.

« Pour que les accumulateurs ne s'épuisent pas en dehors du temps de pose, c'est le disque M qui, en tournant, établit le courant au moment où la fente F arrive devant l'objectif et qui le rompt au moment où cette fente a terminé sa course.

« Un système de câble en patte d'oie N permet d'immerger l'appareil et de l'attacher à une légère bouée.

« Pour opérer, on met une glace sensible en I, on lance le volant V, après avoir placé le disque de façon que la fente arrive le plus tard possible en face de l'objectif. Les accumulateurs bien chargés sont en rapport avec les lampes. On referme la boîte A, on ouvre le robinet R, on immerge, on attache la bouée et on se retire au loin. Le trouble causé dans l'eau par la descente de l'appareil se dissipe, la pose a lieu, puis tout rentre dans l'ordre, on relève l'appareil, on change la glace et on est prêt pour recommencer.

Bien que l'on présente qu'il devra être fait d'assez importantes modifications à cet appareil, dans lequel l'incertitude la plus complète existe sur le moment où commence la pose (le mouvement de l'ailette V devant être variable), on attend avec impatience les essais qui en doivent être bientôt faits, il le faut espérer, en eaux profondes.

Le yacht « La Princesse-Alice »

Au cours des campagnes successives que le Prince Albert de Monaco fit à bord de l'*Hirondelle* avec un outillage perfectionné, furent abordés, le plus grand nombre des problèmes que l'Océan pose à notre esprit. Il ne m'appartient pas ici d'entrer dans le détail des résultats de ces expéditions; mais on ne saurait trop rendre hommage à l'intelligence éclairée qui a présidé à ces travaux et au dévouement des hommes de science qui, par tous les temps, ont poursuivi leurs recherches sur ce modeste navire que la tempête démantela plusieurs fois.

Les rudes assauts que l'*Hirondelle* a éprouvé dans ses voyages ne permettent plus de lui faire affronter les grandes colères du large, aussi le prince, ne s'en tenant pas à ces premiers et fort beaux travaux, vient-il de faire construire un navire de plus de six cents tonneaux : *La Princesse-Alice*.

Ce magnifique yacht est un trois mâts barque avec misaine goëlette, et mesure 52 mètres de longueur.

Outre une voilure très puissante, il est pourvu d'une machine de route de 350 chevaux capable d'imprimer seule au navire une vitesse de neuf milles à l'heure. Elle actionne en outre une dynamo distribuant la lumière électrique à toutes les parties du navire et même aux feux de tête des mâts et aux feux de position.

Sur sa chaudière est faite une prise de vapeur se rendant aux treuils et aux poulies sur lesquels s'enroulent les câbles de dragues et les fils de sonde.

La disposition de l'appareil dragueur est sensiblement la même que dans les grandes expéditions. Au pied du mât de misaine est fixé un treuil à deux cylindres servant à virer la fune de drague qui s'enroule sur des bobines, non pas placées sur le pont qu'elles encombreraient, mais dans la cale du navire. Du treuil le funeremonte le long du mât, suit un espar pourvu d'une forte pantoire et arrivée à l'extrémité de cet espar s'engage sur une poulie et plonge dans la mer. L'appareil est pourvu de l'accumulateur à ressorts emboîtés de l'*Hirondelle*.

A l'arrière du navire se trouve fixée sur le pont une machine à sonder due à l'invention du prince lui-même et qui a déjà donné d'excellents résultats dans la campagne du navire *le Pola* de la marine autrichienne et dont j'ai donné plus haut la description (page 286, fig. 12).

Enfin pour en finir avec les différents appareils placés sur le pont du navire, le treuil des ancres est d'un système perfectionné et récent.

Je sais que les nasses, les bouteilles à eaux et différents appareils qui doivent être employés à bord de *La Princesse-Alice*, sont d'invention nouvelle, mais leur description n'en n'ayant pas été donnée par leurs auteurs, il ne m'appartient pas d'en parler maintenant, d'autant mieux qu'on n'a pu encore juger de leur fonctionnement.

Du reste, ce nouveau yacht ne doit pas seulement servir à la récolte des animaux des eaux profondes. C'est aussi un vaste laboratoire flottant dans lequel on pourra étudier immédiatement les êtres que le chalut rejettera à bord.

Voici, du reste la description qu'en donna M. J. de Guerne, qui, chargé spécialement par le Prince de Monaco d'étudier les dispositions à donner aux laboratoires, est arrivé à les installer d'une façon si remarquable qu'il n'est pas une place qui soit perdue ⁽¹⁾.

« Les laboratoires sont au nombre de trois, voire même de quatre, si l'on y comprend la chambre froide destinée à la conservation des pièces anatomiques ou des animaux vivants. Celle-ci occupe le centre de la cale et communique directement par un ascenseur avec les deux laboratoires principaux situés à peu près au milieu du bateau et partiellement superposés. La grande salle de l'intérieur placée à babord est éclairée d'un seul côté par quatre grands hublots. Elle est rectangulaire et mesure 4^m,90 de large, sur 3^m,70 de long : sa hauteur maximum atteint 2^m,35 et sa forme est telle qu'aucun espace n'est perdu, la muraille du navire s'éloignant peu de la verticale dans la région du centre. L'entrée se trouve sur le paroi arrière faisant face à la porte de la cloison étanche avant de la machine. Celle-ci est d'ailleurs séparée du laboratoire par un corridor, des soutes à charbon et toute la chambre des chaudières, de sorte que la chaleur et les vibrations ne sont guère à redouter.

« Le long de la paroi sous les hublots, s'étend d'une extrémité à l'autre, à la hauteur de 0^m,80 centimètres, une table transformée, près de la porte, en évier, toilette et séchoir. La même table supporte dans sa partie médiane, un grand coffre métallique destiné à conserver les objets volumineux dans la vapeur d'alcool. Le dessus même de ce coffre forme une sorte d'établi à hauteur d'appui. Sous la table où il repose se trouve comme une vaste armoire, en tôle boulonnée s'ouvrant à la partie antérieure seulement et où sont disposés les réservoirs d'alcool. Ceux-ci, tous pareils, sont en métal et se placent dans le coffre susdit sur des appareils à bascules, qui suivent les mouvements du roulis et qui sont organisés de manière à ce que le robinet des récipients se dirige constamment de lui-même vers le haut. Dans la cale, la provision d'alcool sera contenue tout entière dans des réservoirs semblables renfermés eux-mêmes dans une soute

(1) J. DE GUERNE, *la Princesse Alice*. — *Les Laboratoires*. — *Revue biologique du Nord de la France*, 3^e année, n^o 6, mars 1891.

spéciale et il suffira de remplacer dans les bascules, un récipient par un autre; plusieurs de ceux-ci seront en usage simultanément pour les alcools de diverses forces. Du reste, une précaution générale sera prise contre la pénétration de l'esprit de vin dans les navires en cas d'accidents. Le plancher des trois laboratoires doit être garni en guise de tapis, d'une feuille de plomb continue qui se relève partout autour des salles, même à l'entrée des ascenseurs et au seuil des portes jusqu'à 15 centimètres environ de hauteur.

« Au delà de l'évier, perpendiculairement à la première table décrite s'en détache une seconde dégagée de trois côtés et qui est presque entièrement à roulis. Toutefois, la partie qui fait face au jour demeure fixe. Un peu plus loin une table analogue mais plus longue s'avance encore dans la pièce (l'intervalle de ces deux tables est occupé par la caisse à alcool). Cette table fixe dans sa plus grande partie, ne porte une surface à roulis que vers son extrémité libre. On peut s'appuyer sur un carré solide de trois côtés de ce carré mobile et l'ensemble répond ainsi à des besoins différents de ceux que vise la première table. »

« Au delà de la paroi parallèle à celle où s'ouvre la porte, se trouve un bureau avec tiroirs surmonté d'une bibliothèque. Viennent ensuite des armoires qui se continuent à angle droit sur la cloison opposée aux hublots jusqu'à l'ascenseur. Après celui-ci, se trouve la table réservée au garçon de laboratoire. Enfin la quatrième paroi, jusqu'à la porte d'entrée, est encore garnie d'armoires, Celles-ci ont deux corps dont l'inférieur, à portes pleines, est plus large que le supérieur. Partout, à la réunion des deux corps existent des tablettes à coulisses sur lesquelles règne une rangée de tiroirs. »

« Montons maintenant sur le pont. A l'extrémité arrière du roof, s'étend sur 5^m,11 de long et 3^m,15 de large avec une hauteur de 2 mètres au milieu, un laboratoire superbe, inondé d'air et de lumière de trois côtés par seize fenêtres et ayant accès sur le pont par deux portes. Entre celles-ci un établi, l'ascenseur, une armoire. Au delà des portes de chaque côté, sous les fenêtres, une très grande table, moitié fixe, moitié à roulis, dont l'organisation m'occupe depuis longtemps. J'ai cherché pour le cadre central mobile, une combinaison telle qu'on puisse à volonté y placer des fonds de diverses natures, colorés au gré de chacun, des cuvettes, si l'on veut, des tamis, des glaces permettant l'éclairage par dessous, excellente méthode pour la recherche et l'isolement des animaux dans les pêches pélagiques. Contre le paroi arrière, fort bien éclairée également, devait prendre place sur une caisse métallique servant de réservoir d'eau douce pour les cabines inférieures, un grand aquarium. Mais des difficultés techniques ont fait ajourner sa construction, du moins quant à présent. »

« Le moment est venu de rentrer dans l'intérieur du yacht où reste à visiter le laboratoire arrière, plus spécialement destiné à l'océanographie, à la photographie, etc. Le plancher a la forme d'un trapèze dont les côtés parallèles ont

respectivement 3 mètres et 1^m,13 de long, les deux autres côtés ayant chacun 4^m,50. La hauteur de la pièce atteint 2^m,10. Mais à cause des formes fuyantes du navire, dans cette région, sa largeur sous le pont est beaucoup plus grande qu'au plancher. Ce laboratoire est éclairé d'un côté par trois hublots sous lesquels règne d'un bout à l'autre une table de largeur variable suivant la concavité de la paroi. En face de la porte, près du côté le plus court du trapèze, cette table est transformée en un évier particulièrement adapté aux besoins de la photographie. »

« A droite, sur le petit paroi, se trouvent une toilette à bassin mobile et quelques étagères. La grande surface verticale qui fait face au jour est entièrement garnie d'armoires. Enfin, le fond du laboratoire, formé par la cloison étanche arrière de la machine, supporte une bibliothèque qui surmonte elle-même une table du milieu de laquelle s'en détache perpendiculairement une autre de grande dimension. Cette table occupe tout le milieu de la salle, aucune de ses parties n'est mobile et le bois dont elle est faite est très ordinaire, de façon à ce que l'on puisse y fixer sans inconvénient, à l'aide de vis et de clous, divers appareils. Ici, comme partout dans le navire, l'obscurité est facile à obtenir, grâce aux obturateurs métalliques à vis et garnis de caoutchouc dont les hublots sont munis. »

« Il convient d'ajouter que l'eau distillée est distribuée partout de même que l'eau de mer... »

Voici ce qui concerne le navire en ce qui touche aux recherches pour lesquelles il est destiné (').

Quant à sa sécurité, elle est assurée par cinq cloisons étanches dont deux se peuvent remplir entièrement d'eau sans mettre le vaisseau en danger.

La « *Princesse-Alice* » n'a pas de passerelle, et son gouvernail est actionné par une roue et non une barre à vapeur. Au devant du roof, où doit se tenir l'officier de quart, se trouve donc placé les manipulateurs de télégraphes correspondant à la machine et à l'arrière devant l'homme de barre.

Tel est sommairement décrit le puissant engin d'explorations marines qui, sous la direction d'un homme éminent, va bientôt s'en aller vers la haute mer reprendre et compléter les recherches si intéressantes de l'*Hirondelle*.

1. L'armature du chalut, qui doit être employé à bord de la *Princesse-Alice*, est constituée par un énorme parallépipède en fer, de 3,25/1,25; cette armature, supportée par la fune, au moyen d'une patte d'oie, assure au chalut de toujours pouvoir draguer, dans quelque sens qu'il tombe sur le sol.

TROISIÈME PARTIE

LES PÊCHERIES

I. — Les Poissons de mer comestibles et le milieu marin.

Si, dans les grands dragages scientifiques, il est possible d'étudier les fonds d'une façon suffisante en draguant à plusieurs milles et même à plusieurs dizaines de milles de distance il n'en est pas de même dans l'étude méthodique du plateau continental qui, en intéressant la science pure, se relie aussi étroitement à l'industrie des pêcheries scientifiques.

Dans le premier cas, on ne fait, pour ainsi dire, que poser les jalons de recherches qui promettent d'être considérables; on veut s'orienter en une contrée à peu près inconnue et l'on prend des points de repère. Dans le second cas, bien qu'on opère encore avec des connaissances imprécises, on veut dresser un tableau exact et complet de la répartition des êtres de la zone des pêches, — la distribution des uns réglant celle des autres, et l'industrie des pêcheries étant étroitement intéressée à la connaissance parfaite des relations des poissons avec le milieu physique et le monde organique marin. Les recherches dans ce sens doivent être précises; elles doivent donc être répétées en des points très rapprochés jusqu'à ce que l'on arrive à posséder une description détaillée et entière du sol du plateau continental au point de vue zoologique et géologique, un tableau complet de la salure, de la densité, de la température et des courants dans les eaux côtières, enfin une science minutieuse des relations entre tous ces éléments.

Pour cette étude beaucoup de pays ont armé des navires de leur marine nationale et construit au bord de la mer des laboratoires fixes chargés de recherches théoriques et pratiques sur les poissons comestibles, leur habitat et leurs mœurs.

Comme nous le verrons plus tard, en parlant du hareng, la nature du fond influe directement sur la distribution géographique des animaux, si bien que M. le docteur Sauvage a pu dire (') :

« Les fonds rocheux sont recouverts d'animaux qui les encroûtent et qui

1. *Les Recherches scientifiques et la Pêche.* — Boulogne 1890.

sont cependant assez élevés en organisation. Ces animaux portent le nom de Bryozoaires, à cause de l'aspect de leurs colonies qui rappelle celui des mousses. *Ces fonds à Bryozoaires incrustants sont essentiellement des fonds à Congres.* D'autres Bryozoaires sont foliacés, tels que les Flustres; ils caractérisent les fonds sur lesquels on doit principalement traîner le chalut. »

« Des animaux ressemblant aux Bryozoaires rameux, bien que beaucoup plus bas placés dans la série zoologique, forment sur les fonds sableux de véritables taillis; ce sont les Antennulaires, Hydriaires rameux, *au milieu desquels se tient de préférence le merlan.* Voici donc le merlan, le congre, les poissons plats, la raie, dont l'habitat et, par suite, le lieu de pêche précis, sont nettement déterminés aussi bien par la faune que par la nature du fond, et ce que nous venons de dire de ces poissons nous pourrions le dire tout aussi bien de beaucoup d'autres, du Pas-de-Calais ou de la Mer-du-Nord. »

Si la faune et la nature des fonds influent sur la biologie des poissons comestibles, le milieu marin et sa température influent sur les fonds mêmes comme sur la vie des poissons.

Aujourd'hui l'on peut considérer la pêche de la morue comme une pure question de thermométrie, et c'est ainsi que dans la pêche que les Norvégiens font de cet animal aux Lofoden, un navire de l'Etat est continuellement occupé à faire des prises de températures sur le lieu de pêche. Tous les jours dans les ports de la côte se trouve affichés l'endroit et la profondeur où les marins trouveront la couche d'eau à la température de 6 à 7° centigrades où vit à peu près la morue.

Partant de cette considération, M. Hautreux a cherché à suivre ces courants (1) et il a signalé sur la côte d'Afrique, entre le cap Blanc et le nord de nos possessions sénégalaises, un banc (*le banc d'Arguin*), où se trouve également de la morue. Cette découverte était d'autant plus intéressante que nos pêcheurs de Terre-Neuve rencontrent aujourd'hui de nombreux obstacles à la pratique de leur métier, déjà si périlleux, par suite de l'ostracisme avec lequel les traitent les habitants du French shore et le parlement de Saint-Jean, depuis la promulgation du *boët bill*. Bien qu'elle n'ait peut-être pas entièrement répondu aux espérances qu'elle avait fait concevoir, cette découverte paraît l'origine de recherches d'un haut intérêt économique et scientifique.

Les conditions météorologiques n'ont pas une influence moins directe que les conditions océanographiques sur la biologie des animaux marins. Cela va de soit puisque la climatologie influe sur le milieu marin même.

Ainsi, l'on sait qu'avec la direction des courants varie le lieu de pêche de la morue, suivant qu'on se trouve à l'heure du flot ou du jusant; mais le vent lui-même a une influence directe sur les variations d'habitat de certains poissons.

(1) HAU TREUX, *Pêche de la morue au Sénégal*, Bull. de la Soc. de Géog. commerciale de Bordeaux, 5 mars 1888.

Tel le maquereau dont le lieu de pêche est parfaitement réglé par la direction des vents régnants. Dans l'Atlantique, par exemple, on peut voir « que si le vent persiste au Nord-Ouest, les bancs sont rejetés du côté des îles Scilly; tandis que par les vents du Sud-Sud-Ouest, les bancs ont de la tendance à s'engager dans le canal d'Irlande (H.-E. Sauvage) ».

Du reste, si la connaissance exacte des relations du milieu marin et des poissons comestibles est de la plus haute importance dans les questions de pêcheries scientifiques, il ne faut pas oublier que l'histoire naturelle de ces poissons eux-mêmes est la base indispensable sur laquelle doivent s'appuyer les recherches qui concernent la pêche et sa réglementation.

Les matelots ne peuvent réprimer un sourire quand, ayant donné l'hospitalité à leur bord à un naturaliste, ils voient celui-ci ramasser dans les détritiques du chalutage : des herbes, des coquilles, des « insectes de mer ». Malgré la grande bonne volonté qu'ils mettent à lui faciliter son travail, ils se désintéressent en somme d'une étude dont le but leur échappe et qu'ils considèrent peut-être aussi comme un peu puérile.

Mais lorsqu'ils voient ce naturaliste ouvrir l'estomac d'un poisson pour chercher à déterminer dans les produits de sa digestion les êtres qui ont assouvi sa voracité sans égale, ils deviennent sérieux, attentifs, non pas seulement impressionnés par la vue des délicats instruments d'anatomie, mais comprenant que ces recherches se relient à la connaissance de leur métier.

Je l'ai dit, au point de vue pratique, il est d'une extrême importance de connaître exactement la faune grouillant sur le plateau continental, qui est le théâtre des travaux de nos pêcheurs. De la nature de celle-ci dépend en partie la nature de la pêche même.

Aussi, depuis quelques années, a-t-on cherché à saisir les relations existant entre les poissons récoltés par le chalut et la présence, dans les mailles de ce chalut, d'animaux de nature différente servant de pâture aux premiers en vivant comme eux dans les mêmes parages, de la même nourriture; on a examiné d'une façon suivie le contenu du tube digestif des poissons de mer de manière à déterminer leur nourriture aux diverses époques de l'année.

C'est encore M. le Dr H.-E. Sauvage qui, à la station aquicole de Boulogne-sur-Mer, a fait les plus consciencieuses recherches dans ce sens et qui, dans la *Revue des Sciences naturelles appliquées*, a publié à diverses reprises les résultats d'observations suivies et éclairées.

Il n'est pas jusqu'à l'histoire des parasites qui envahissent les poissons comestibles qui ne commence à être étudiée et qui paraisse devoir fournir d'utiles renseignements à la science des pêcheries, ainsi que le prouvent les recherches de M. le professeur Giard, sur la sardine et la truite de mer; de M. Télohan, sur la sardine et l'épinoche (*).

1. P. TÉLOHAN, *Sur deux coccidies nouvelles parasites de l'épinoche et de la sardine. (Annales de Micrographie, t. II, 1890, n° 10).*

Enfin l'étude de la reproduction des poissons fournit à son tour de précieux renseignements à la pêche, car il importe de connaître exactement l'époque de la ponte, le lieu précis où elle a lieu, si l'on veut empêcher la destruction abusive des êtres marins (1).

Les conditions météorologiques influent donc sur la distribution des animaux qui font l'objet de nos pêches, concurremment avec les conditions océanographiques et biologiques dans lesquelles ils se trouvent placés.

Il est unanimement admis aujourd'hui, « dit M. le professeur Thoulet, dans un excellent et magistral traité d'*Océanographie*, que l'industrie des pêcheries est tout d'abord une question de topographie, de géologie, de température, de densités et de courants marins (2) ». De fait, les Etats-Unis, l'Ecosse, les Etats scandinaves, etc., se livrent officiellement à l'étude scientifique expérimentale des lieux de pêche. En France même et comme preuve de l'assertion de M. le professeur Thoulet, les pêcheurs morbihannais demandent l'établissement d'une carte géologique du sol océanique s'étendant jusqu'à cent milles au large.

Après les travaux de M. le docteur Sauvage et d'un certain nombre d'autres savants, on voit qu'il faut aussi faire intervenir en cette question les études zoologiques.

Tributaire des sciences précises, l'industrie des pêcheries doit devenir précise elle-même et dans un délai qui, nous devons l'espérer, ne saurait être très-long.

II. — Le poisson frais

Bordée par deux mers très-poissonneuses, ayant une population de 85 000 pêcheurs, la France n'occupe cependant qu'un rang très secondaire parmi les nations, au point de vue du rendement de ses pêcheries. Bien plus, les populations du littoral abandonnent peu à peu cette branche de notre industrie nationale pour chercher, avec moins de danger, un travail plus rémunérateur.

Les raisons de ce malheureux état de choses sont nombreuses.

Avec les moyens de communications rapides existant aujourd'hui, il ne faut pas se dissimuler que le commerce du poisson frais tend à remplacer celui du poisson conservé, au détriment de beaucoup de nos pêcheurs, de nos industriels et de nos exportateurs, il est vrai, mais au bénéfice des consommateurs.

Beaucoup de pays étrangers l'ont compris, mettant à la disposition des armateurs et des marins des ports bien aménagés et des transports rapides à la disposition de leur industrie. Chez nous, les tarifs élevés des compagnies de che-

1. H.-E. SAUVAGE, *Revue des Sciences naturelles appliquées*, n° 4, 20 février 1891.

2. J. THOULET, *Océanographie* (statique) p. 7.

mins de fer ne permettent pas de répandre largement, à prix réduits, dans l'intérieur du pays, les matières alimentaires que la mer produit sans compter. « Il faut bien l'avouer, tout est à organiser pour ce transport compris d'une manière rationnelle, depuis l'installation de wagons spéciaux jusqu'à la création de trains spéciaux servant aux produits de la pêche (H.-E. Sauvage) ».

Du reste, dans les conditions où se pratique la pêche elle-même sur nos côtes, il est impossible de lutter avec l'étranger. Avec leurs légères embarcations, nos marins gagnent le large, ils posent leur chalut, le traînant plus ou moins longtemps suivant la direction du vent ou l'état de la mer, puis, à bras d'homme, très-péniblement, ils lèvent leur appareil. Ils font alors un tri dans la masse des poissons récoltés, ne mettant de côté que ceux qui sont de bonne vente et de facile conservation.

Le chalut est ainsi immergé un nombre variable de fois dans la journée, puis les pêcheurs mettent à la voile et gagnent le port où ils veulent vendre le produit de leur travail. Dans quelles conditions a lieu ce retour? La navigation est souvent difficile, le vent contraire, il faut louvoyer, tirer bordées sur bordées pour atterrir, et le poisson qui est entassé sous le plancher de la barque se défraîchit et n'est pas même toujours vendable. Il faut noter qu'ici je ne parle nullement des dangers du métier lui-même, que je ne me place qu'au seul point de vue industriel, et que nous sommes forcés de constater que la grosse perte de temps de ces allers et venues, aussi bien que les mauvaises conditions dans lesquelles elles ont lieu, sont de bien sérieux obstacles à la prospérité du commerce des poissons comestibles.

Il s'est du reste créé, en France, des sociétés dans lesquelles de forts côtes étaient employés uniquement à la pêche en lieu fixe; des transports à vapeur venant, sur place, les débarrasser de leur butin. Elles n'ont pas fonctionné, je crois mais leur manque de réussite, en tous cas, n'a pas tenu à l'insuffisance de la production, mais bien plus disent les pêcheurs, à des vices considérables d'administration.

Aussi bien certains industriels, armant des barques pour la pêche de la sardine, ont aussi des transports à vapeur allant sur les lieux de travail recueillir la récolte de leurs bateaux et établissant, même au large, une sorte de marché, un cours, pour les pêcheurs indépendants (usine Lechat).

J'ai l'intention de m'arrêter, plus loin, sur la très-intéressante industrie pratiquée par la *Société des pêcheries de l'Océan*, dans le golfe de Gascogne; mais je crois qu'il est bon, avant d'entrer dans le détail de ses procédés de travail, de jeter un coup d'œil sur ce qui se passe à l'étranger.

Une histoire bien intéressante, à ce point de vue, est celle du petit port anglais de *Crimsby*, où l'organisation de la pêche en société et l'emploi de transports à vapeur a fait monter le nombre des bateaux de pêche de plusieurs cen-

taines en quelques années. J'emprunte les lignes suivantes au docteur H.-E. Sauvage :

« La pêche en société commence dès les premiers jours du mois d'avril ; on pêche généralement de cette époque au 15 mai dans les parages du Dogger Bank, puis on s'étend peu à peu vers l'Est jusqu'aux îles du Texel : à partir d'octobre, les bateaux pêchent isolément et pour leur compte particulier.

« Aussitôt que le poisson est pris, il est mis, avec une légère couche de glace, dans des boîtes en bois présentant sur chacune de leurs faces extrêmes deux trous-poignées, pour permettre de les saisir à l'aide de crochets et d'en faire rapidement le déchargement. Les vapeurs récoltent les boîtes tout en pêchant eux-mêmes, et, leur récolte faite, rentrent au port ; ils apportent aux bateaux, sans rétribution spéciale, de la glace concassée, des filets, des provisions de toute nature. Les bateaux qui pêchent s'engagent à rester en mer pendant une période de deux, trois, quatre mois. »

Les Américains pratiquent également cette pêche en société, avantageant les meilleurs pêcheurs et faisant supporter à l'association les frais et les pertes des sinistres.

A côté de ces associations, il faut noter les heureuses innovations apportées dans l'aménagement des bateaux-pêcheurs et des bateaux-transports.

Ainsi, aux Etats-Unis, les embarcations sont pourvues de viviers dont la paroi supérieure est située au-dessous de la ligne de flottaison. Les viviers communiquent avec le pont par un puits d'un mètre, en relation lui-même avec le milieu liquide. C'est donc dans ce puits seulement que se font sentir les mouvements de l'eau, ce qui évite le ballottage du poisson (*).

1. Presque tous les bateaux hollandais, surtout ceux qui se livrent à la pêche côtière, sont munis d'un réservoir dont la disposition diffère suivant qu'il s'agit du bonschuit ou du lougre.

Dans ce dernier bateau, le vivier consiste en un espace compris entre deux couples, fermé perpendiculairement à l'axe par une cloison étanche et percé de nombreux petits trous par lesquels l'eau entre et sort librement ; au moment de la pêche du hareng, ces trous sont soigneusement bouchés avec de l'étoupe. Dans le bonschuit, le vivier n'occupe qu'une partie de la cale, et l'eau pénètre par ses ouvertures ; le vivier s'adapte au bateau par une sorte de douille sur un tuyau carré fixé au bateau lui-même ; autour de la cloison interne sont disposés des crochets destinés à suspendre par la queue les poissons plats qui, sans cette précaution, pourraient, en se plaçant sur les trous de communication avec la mer, empêcher l'eau de se renouveler d'une manière continue. Ces réservoirs sont mobiles, et se démontent au moment où on va commencer la pêche du hareng.

Les Danois, les Norvégiens se servent de réservoirs ; beaucoup de bateaux anglais sont pourvus de réservoirs parfois attachés sur un des flancs du bateau, parfois disposés comme dans les bateaux à quille hollandais.

Il est vivement à souhaiter que nos pêcheurs français installent des réservoirs à bord de leurs bateaux destinés à la pêche de la marée fraîche. Tout notre poisson est amené mort au marché, et cela après une agonie fort longue qui lui fait perdre une grande partie de sa valeur. Si l'on veut avoir du bon poisson, il faut le tuer et non le laisser mourir lentement. Cette vérité est si bien reconnue en Hollande que, sur le marché d'Amsterdam, par exemple, tout le poisson vivant est apporté dans des bachots remplis d'eau de mer ; un individu, posé en équilibre sur une planche placée sur un des bords du bachot, met cette planche en mouvement continu avec les pieds, de manière à battre l'eau et à l'aérer. En Hollande, tout poisson mort perd une grande partie de sa valeur pécuniaire. (Docteur H.-F. SAUVAGE, *Rapport sur la Pêche en Hollande*. — Extrait du *Bulletin de l'Agriculture*. — Paris, Imprimerie nationale, 1883, p. 8.)

Les bateaux hollandais, norvégiens, danois et anglais sont également pourvus de viviers; bien plus, certains d'entre eux possèdent des réservoirs où ils tiennent vivants les êtres qui leur servent d'appâts, au grand avantage de leur pêche.

Outre ces viviers qui leur permettent de ramener vivants les poissons comestibles, les transports sont pourvus de glacières qui, aux Etats-Unis, tiennent la largeur du navire et sont formées d'épaisses cloisons en bois divisées en compartiments où l'on entasse de volumineux blocs de glace. On a ainsi un appareil frigorifique, car le poisson ne touche pas à la glace qui lui ferait perdre de sa saveur.

Avec un tel outillage, il est question, à l'heure actuelle, d'amener sur les marchés d'Europe des poissons capturés par delà l'Atlantique.

Il faut ajouter que les efforts faits par l'initiative privée ont été secondés par les villes littorales des différents pays.

A *Lowestoft*, dit encore M. le docteur H.-E. Sauvage, qui a été chargé d'étudier la pêche dans l'Est de l'Angleterre, « la halle est parfaitement disposée. Les bateaux accostent le long d'un quai large d'environ 1^m,50 et situé en contre-bas du quai principal formant ainsi rebord; il résulte de cette disposition, une grande facilité pour le déchargement du poisson, qui est de suite vendu à la criée, emballé, puis expédié sans perte de temps. Le quai de débarquement est, en effet, couvert et converti en un vaste hangar, où se trouvent, non-seulement les bureaux des armateurs, des sauteurs, mais encore les offices des compagnies de chemin de fer, puis le bureau des postes et télégraphes. Les wagons arrivent à quai, un embranchement reliant le hall à la gare; le quai du chemin de fer est d'ailleurs disposé de telle sorte que les caisses et les barils de poisson peuvent être très-facilement mis en wagon, la voie se trouvant en contre-bas. Même disposition générale se voit à Yarmouth, à Hull, à Grimsby. »

Quelle différence avec l'installation de nos ports français, où le poisson emballé doit attendre l'heure immuable de trains peu nombreux, sans parler des multiples transbordements dont il est l'objet depuis le bateau de pêche jusqu'au lieu de vente.

Il arrive, du reste, que le poisson que forcent à saler les installations rudimentaires de nos pêcheurs et la lenteur des transports, ne peut lutter sur nos marchés mêmes avec le poisson conservé en glace que nous envoie l'étranger.

En France, cependant, il existe quelques sociétés de pêcheries qui ont voulu mettre au courant des progrès réalisés à l'étranger leur outillage et leurs procédés. La plus remarquable de toutes est certainement *la Société des pêcheries de l'Océan*, dont la flotille de six navires à vapeur jaugeant 60 à 80 tonneaux, explore journellement le plateau continental du golfe de Gascogne.

LA SOCIÉTÉ DES PÊCHERIES DE L'Océan

Chaque navire est monté par un équipage de neuf hommes plus le patron, un chef mécanicien et un mousse et est parfaitement aménagé pour le travail qu'il doit accomplir, car une administration intelligente, toute de progrès, s'occupe de maintenir constamment le matériel et les navires en parfait état.

A Arcachon, qui est le port d'attache de ses chalutiers, la Compagnie possède de vastes ateliers où se fabriquent et se réparent les engins de pêche, les pièces de machine, etc., des magasins de vente et d'emballage pour le poisson, enfin des viviers qui lui permettent de faire face à la consommation alors que le mauvais temps empêche le travail de ses pêcheurs.

Cette organisation basée sur un très grand sens pratique des affaires maintient la Compagnie dans un succès croissant.

Aussi bien elle a su s'attirer le dévouement absolu de tous ses marins, exigeant d'eux un travail pénible, il est vrai, mais ne les laissant manquer de rien de ce qui leur peut donner confiance dans le navire sur lequel s'écoule leur existence, les rétribuant largement, ne les abandonnant pas dans la maladie et excitant entre eux l'émulation par des primes mensuelles de plus fortes pêches. A la tête de cette remarquable entreprise, est M^r H. Jonhston.

Voyons donc comment est aménagé un de ces bateaux chalutiers, puis nous le suivrons dans ses opérations au large.

En lui-même le principe de la pêche au chalut est fort simple.

Elle consiste à traîner sur les fonds marins un filet muni d'une armature qui le tient béant et permet de râcler légèrement le sol, engloutissant ainsi dans sa poche les êtres qui se rencontrent sur son trajet.

Il faut cependant que les mailles de ce filet soient assez petites pour ne point laisser échapper le butin et assez large pour permettre aux vases, aux boues, aux *animalcules* de ne se point accumuler à l'intérieur de la poche.

Il faut aussi que la vitesse du trainage soit assez rapide pour ne pas permettre aux poissons capturés de s'échapper, et assez faible pour toujours permettre au chalut de toucher les fonds, de râcler le sol.

On voit déjà que si le principe de ce mode de pêche est simple, la pratique en exige une assez longue habitude ; mais nous allons voir qu'il est beaucoup d'autres difficultés auxquelles une longue expérience seule a permis de parer, et commençons la description de l'outillage des chalutiers par celle de l'instrument de pêche lui-même : le *Chalut*.

Cette sorte de grande drague est généralement constituée, chez nos pêcheurs, par une armature rectangulaire, en fer, de 2 à 3 mètres de longueur, sur laquelle se trouve fixée une double poche en filet.

Le chalut de la Compagnie des pêcheries de l'Océan diffère par plusieurs points de cet instrument type.

C'est ainsi que la branche de l'armature qui doit râcler le sol est remplacée, ici, par une chaîne à demi tendue seulement, et enveloppée de filin.

Done, le râclage des fonds est moins brutal, expose moins le filet à se remplir de vase, évite les arrêts brusques et partant les brisures, contre les têtes de roches, en raison de la demi-tension de la chaîne — encore que le poids de celle-ci assure qu'elle suivra fidèlement la surface du sol.

Enfin, l'enveloppement de cette chaîne dans du filin lui permet de récolter les poissons plats qu'elle rencontre sans les abîmer, détail d'une grosse importance dans les questions de pêche.

L'autre branche longitudinale, ayant une longueur de 12 mètres est constituée

par une perche en acacia, formée de deux pièces ajustées en bec de flûte et de 0,30 centimètres de diamètre.

Outre l'avantage que présente la légèreté du poids spécifique de cette branche, il est assuré de cette façon que si l'appareil venait à rencontrer quelque obstacle avec une vitesse trop grande, la perche, ou plus généralement un seul de ses morceaux, casserait et l'on préserverait le filet avec le reste de l'appareil.

Les deux branches latérales du chalut sont constituées ici par des patins de fer forgé en forme d'S renforcés par d'épais barreaux de fer, maintenant les extrémités de la perche et de la chaîne à une distance de 1^m,50, et, dans le dragage, suivant le sol comme les patins d'un traîneau.

Nous verrons un peu plus loin de quelle utilité, ces patins, solidement fixés sur la perche, sont dans le levage du chalut.

Quant au filet, lui-même se taille mise à part — 15 à 18 mètres de long — il est constitué comme tous ceux de ce genre et se lace par le fond au moyen d'un grelin suifé.

Pour traîner ce chalut, de taille gigantesque, les navires sont munis d'une fune en câble métallique.

Celui-ci a une épaisseur de 0,023 millimètres avec âme en chanvre et se trouve composé de six torons de 12 fils d'acier d'un millimètre d'épaisseur enroulés eux-mêmes sur âme en chanvre.

Cette fune est terminée par une cosse dans laquelle passe le boulon d'une manille permettant de la relier, avec une armature de câble métallique, en patte d'oie, frappée sur les patins du chalut et d'une trentaine de mètres de longueur.

Tel est l'appareil de dragage en lui-même. Voyons maintenant quel est, sur le pont du navire, le dispositif qui permet de l'immerger ou de le lever.

A l'avant, et un peu en arrière du mât de misaine est fixé un treuil à vapeur, à deux cylindres munis de deux poupées et d'un frein. Sur son axe est enroulé le câble.

Avant d'être relié à la patte d'oie, celui-ci doit venir passer sur une bobine verticale en fer, mobile sur son pivot, située vers le milieu du pont, et de là repasser sur deux petites bobines placées à babord dans une échancrure du bastingage au niveau du treuil. Alors seulement, la fune traverse la muraille.

Ce n'est cependant pas tout encore. Le câble suit alors extérieurement le bastingage et vient s'engager, à l'arrière, au niveau du grand mât, dans un stoppeur spécial (sorte de pince très puissante) qui va maintenant, on le conçoit bien, supporter tout le poids de l'appareil de dragage. Ce stoppeur préserve donc de toute fatigue le treuil et les bobines de renvoi durant tout le temps du chalutage de fait la fune ne doit pas être tendue entre cet appareil et le treuil.

Enfin la poulie d'un palan solidement fixé au bastingage guide le câble au sortir du stoppeur.

Pour compléter la description de cet appareil de chalutage aménagé d'une façon conforme aux plus récents progrès, il ne me reste plus qu'à parler de l'espar dépendant du mât de misaine ; mais j'aurais l'occasion de le faire, en parlant du levage du chalut.

Ainsi, pour le moment, nous voyons le câble complètement enroulé sur le treuil, le chalut est amarré par la perche et les patins à ses deux bossoirs de babord, la poche du filet est ramenée sur le pont.

Comment va-t-on procéder pour immerger ce volumineux appareil.

D'abord on dévide à la main une certaine longueur de la fune que l'on fait passer sur les bobines, puis ramène en arrière, ayant bien soin de laisser en dedans d'elle les différents appareils fixés à la muraille du navire.

Les deux câbles de la patte d'oie étant ramenés également en arrière, avec les mêmes précautions, on les fixe sur la fune par la manille.

Après avoir sondé, le navire étant gouverné de façon à venir debout à la mer,

on stoppe et sur commandement, les matelots précipitent la poche du filet, qui s'étale dans l'eau, en raison de la vitesse acquise du navire. Alors et toujours au commandement, on largue la bosse *antérieure* retenant la perche qui s'enfonce en décrivant un arc de 90° autour de la bosse postérieure. Enfin on largue celle-ci dès que la perche est verticale.

Tout l'appareil s'enfonce alors dans la mer. La vitesse du bateau est suffisante pour empêcher le filet de s'embrrouiller sur l'armature, elle est assez faible cependant pour que, sans précipitation, le capitaine puisse surveiller la tension de l'appareil sur le câble qu'il vient engager sur la poulie du palan-guide de l'arrière.

Alors on met en route, doucement, et commence le dévidement de la fune dont on met à l'eau une longueur égale à trois fois la hauteur donnée par la sonde; cette longueur a été reconnue nécessaire expérimentalement pour les profondeurs où travaillent les navires de la Compagnie des Pêcheries de l'Océan et à la vitesse moyenne de leur chalutage.

Ce dévidement exige, de la part du mécanicien, une surveillance active, car il faut à la fois : fournir assez de fune pour ne pas retarder la descente de l'appareil et ralentir à propos, le mouvement du treuil afin de ne pas permettre au câble ou à la patte d'oie de s'embrrouiller sur l'armature.

Le dévidement de la fune terminé, on engage celle-ci dans la mâchoire du stoppeur et le navire est mis en route à une vitesse de deux milles à deux milles et demi à l'heure.

Après essai, les chaluteurs ont renoncé à l'emploi des accumulateurs, d'un fonctionnement variable et défectueux, du moins dans leur genre de travail. Du reste

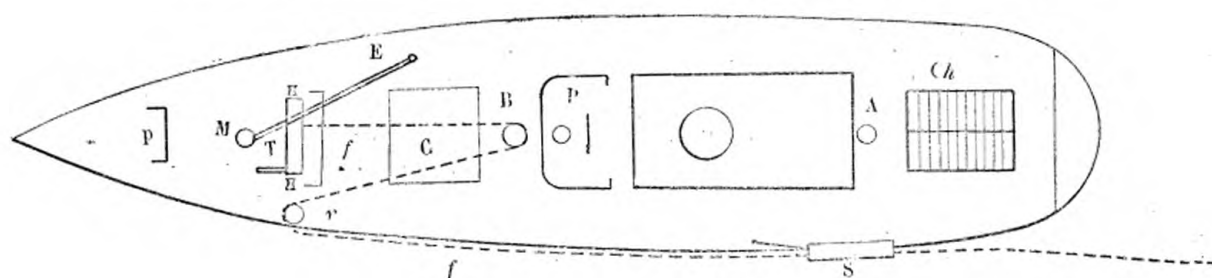


Fig. 75. Figure schématique du pont d'un chalutier (1)

le câble métallique forme un excellent téléphone tenant constamment les hommes de quart au courant du travail que le chalut accomplit au fond de la mer.

Un accident vient-il à se produire, ou plus simplement le chalutage est-il terminé? On amène de nouveau le navire debout à la mer, on stoppe et on lève l'appareil.

Cette opération diffère sensiblement du levage des chaluts ordinaires de 3 à 4 mètres de longueur.

Pour ceux-ci, en effet, le câble d'attache partant du treuil remonte, guidé par des poulies, le long du mât de misaine, suit un espar ou mât de charge. Celui-ci déborde de 2 ou 3 mètres la muraille du navire et à son extrémité se trouve une dernière poulie, sur laquelle passe la fune avant de plonger dans la mer.

Le levage du chalut consiste, dans ce cas, simplement à enrouler le câble jus-

1. Légende : f, fune; T, treuil; B, r, bobine et rouleau de renvoi; S, stoppeur; E, espar, M, mât de misaine; A, grand mât; P, passerelle; Ma, machine; Ch, chambre; C, cale; p, poste de l'équipage.

qu'à ce que l'appareil soit complètement émergé et à amener celui-ci au-dessus du pont, en faisant tourner l'espar.

Mais pour un chalut aussi volumineux que celui qui nous occupe, dont l'armature est articulée et dont le filet est énorme cette méthode est impraticable.

Voici donc comment l'on procède.

La fune étant dégagée du stoppeur et du palan d'arrière, on l'enroule sur l'axe du treuil. Cet enroulement très rapide amène bientôt sur le pont la manille de la patte d'oie.

En somme le problème consiste maintenant à amener l'armature à ses deux bossoirs d'attache — où nous l'avons vu avant son immersion — puis à tirer sur le pont le filet et le produit de la pêche.

Il faut donc diviser les deux câbles de la patte d'oie et amarrer les deux extrémités du chalut aux bossoirs qui leur correspondent.

Par un fort crochet fixé sur le pont, on saisit l'anneau qui termine le câble *postérieur* de cette patte d'oie et on le dégage de la manille qui le reliait à la fune. Celle-ci reste donc seulement fixée au câble antérieur.

Sur le premier on noue un grelin, que l'on fait passer en dehors du bastingage et des appareils fixés sur lui, et qui vient s'engager sur une poulie de hauban au niveau du bossoir postérieur de l'appareil.

Alors on remet le treuil en mouvement en dégageant le câble postérieur de la patte d'oie du crochet auquel on l'avait fixé, cet enroulement en tendant le câble antérieur, force le postérieur à retomber à la mer ; mais au moyen du grelin que l'on a noué sur lui, on l'amène de nouveau sur le pont, au niveau du bossoir postérieur cette fois, d'où, par un système de poulie très simple, on le guide vers la poupee gauche du treuil.

Ainsi le treuil accomplit en même temps le double travail d'enroulement des deux câbles dissociés de la patte d'oie et bientôt l'on voit apparaître au-dessus des flots, la perche suspendue au niveau de ses deux bossoirs.

Il faut maintenant amener à bord le filet et ce qu'il contient.

Bien entendu, si le fond de la poche est rempli de poissons, l'ouverture est béante et la première chose à faire est de tirer à bord la chaîne qui ferme ce que je pourrais appeler la lèvre inférieure de la gueule du chalut.

Celle-ci, cependant, n'étant pas tendue il serait à peu près impossible de le saisir avec des gaffes si l'on n'avait paré à cette difficulté en articulant les patins de la monture.

A la partie inférieure de chacun de ceux-ci se trouve fixée une pantoire en câble métallique dont on a pris soin, avant l'immersion de l'appareil, de fixer l'autre extrémité, à la perche, par un bout de filin.

Lorsque la perche affleure le bastingage, deux matelots enjambant celui-ci engagent dans le crochet d'une poulie de hauban l'anneau de chacune des pantoires. On fait alors chavirer les patins qui, accomplissant une révolution de 180°, tendent la chaîne et permettent à l'équipage en la saisissant avec des gaffes de l'amener sur le pont.

Il ne reste plus, dès lors, qu'à tirer à bord, la plus grande partie du filet jusqu'à ce qu'on arrive au fond de la poche où se trouve entassé le produit de la pêche et dont un homme enserre la gorge dans un nœud coulant.

Accrochée à un palan fixé à l'extrémité de l'espar cette poche est hissée, à bord, en s'aidant de la poupee droite du treuil.

Enfin, on délace le fond du filet et la masse grouillante des animaux capturés s'étale sur le pont du navire.

Tout l'appareil est de nouveau disposé pour être immergé.

Au milieu des détails de cette description aride — car elle ne vise qu'à l'exactitude — il est impossible de se figurer la rapidité et la précision avec lesquelles s'exécutent les différentes phases de ce travail.

C'est cependant un spectacle plein d'intérêt et fort émouvant que celui de cette manœuvre qui exige de la part de ceux qui y prennent part un sang-froid à toute épreuve et une discipline rigoureuse.

Il est fort simple de décrire un appareil de pêche et, dans le calme du cabinet, d'expliquer posément comment il fonctionne. Mais autre chose est d'assister à son fonctionnement même. Si l'intelligence de l'administration, si l'art de l'ingénieur ont essayé de rendre les appareils maniables, tout en ménageant l'intérêt de l'industrie, il est un élément qui échappe à leur réglementation, élément toujours changeant, parfois terrible dont peut seule triompher l'habileté des marins : l'Océan.

À la vérité, la rigoureuse précision, avec laquelle s'exécutent les manœuvres, surprend l'observateur, même lorsque la houle est faible ; mais, par les gros temps comme ceux qui soulèvent le golfe de Gascogne, il paraît que ce sont des exercices prodigieux.

Il faut noter aussi que deux levages de chalut ont lieu la nuit, et, sous la raffale, à la lueur blafarde des torches, tandis que tangue et roule le navire ; sans précipitation mais avec beaucoup de rapidité, chaque marin, à son poste de manœuvre remplit la tâche qui lui est confiée.

« Le silence dans les manœuvres, est la meilleure preuve qu'une troupe puisse donner de sa discipline et de son instruction », disent nos théories militaires. Cette pensée peut s'appliquer aussi bien aux travaux des chalutiers et, de fait, au milieu du mugissement sourd de l'Océan, on n'entend pas un mot à bord si ce n'est parfois un commandement net, très bref du capitaine dont la voix domine tout à coup les battements monotones des cylindres du treuil, les grincements des poulies de manœuvre.

Je conclus : Avec ces équipages rompus à toutes les fatigues, à toutes les difficultés, le levage du chalut et sa remise à la mer n'exigent jamais plus de trente minutes quelque soit le temps.

Hommes et choses sont donc parfaitement en rapport avec le travail qu'ils doivent accomplir. De fait, tous les jours de l'année, en dehors de la période consacrée annuellement aux grandes réparations, en dehors des relâches obligatoires qu'amènent les gros temps et les accidents imprévus, les chalutiers tiennent la mer.

Ils naviguent de concert, travaillant toujours en vue les uns des autres et à une même profondeur. Après le levage de chalut du matin, l'un des vapeurs hisse son pavillon et, de tous les points de l'horizon, les autres le rallient. Celui-là doit en effet rapporter aux magasins de la pêche la récolte de toute la flotille, en même temps que faire son plein de charbon.

On se dira peut-être que, pour le chalutage même des barques à voiles, convenablement aménagées et munies de treuils à vapeur — telles que celles de quelques armateurs rochelais — donneraient d'aussi bons résultats que les bateaux à vapeur de la Compagnie des pêcheries de l'Océan.

Mais, en somme, avec un outillage non plus compliqué mais de beaucoup plus grandes dimensions, ceux-ci ont une main d'œuvre beaucoup moins coûteuse. Ils font en un même temps le travail de plusieurs voiliers et ils assurent à la Compagnie de pouvoir compter quotidiennement sur l'arrivée du poisson en ses magasins à heure à peu près fixe.

Si une forte brise est favorable, je pourrais presque dire nécessaire, au chalutage à voile, une forte mer interdirait à des barques l'entrée du bassin d'Arcachon en raison de la violence de la houle qui brise sur les passes. Fort rarement, au contraire, les vapeurs doivent renoncer à venir mouiller à Arcachon. Ils font alors route vers La Rochelle où très rapidement, il sont débarrassés du produit de leur pêche.

Donc, en pleine mer, au jour naissant se rassemblent les six vapeurs de la Compagnie et ceux qui doivent demeurer au large amènent leur canot, le remplissent du butin de la journée qu'ils transbordent sur le navire qui rentre. Ceci fait les embarcations ayant rallié leur bord, la flotille se disperse, le travail recommence.

Durant vingt-quatre heures on ne lève le chalut que trois fois. En été es pêcheurs recherchent presque uniquement la sole depuis le travers du pertuis de Maumusson au Nord, jusqu'au large de l'étang de Lion dans le Sud et à des profondeurs variant de 40 à 70 brasses.

Cette limite de 40 brasses a été établie rigoureusement par la Compagnie. Ce n'est pas que le poisson soit rare au-dessous de ce brassage, il se trouve au contraire très abondamment près de terre, mais il est de bien moindre taille, plus jeune et l'administration de la Société de pêcheries de l'Océan pense avec juste raison que le capturer serait détruire, sans grands profits momentanés, le germe des récoltes à venir.

En hiver, les navires gagnent le large et recherchent le « merlu » par 90 ou 100 brasses.

Je ne puis m'occuper ici de l'itinéraire suivi par ces bateaux chalutiers, non plus qu'insister sur la nature des fonds qu'ils explorent et sur les difficultés qu'ils peuvent rencontrer dans leurs travaux. Toutefois je ne saurais passer sous silence la connaissance exacte que les patrons et les équipages des navires sont obligés d'avoir des enrochements du golfe de Gascogne, sous peine d'y accrocher leurs appareils, d'en briser la perche, d'en déchirer le filet, sinon de les perdre tout entiers.

Le sol du plateau continental dépendant, naturellement, de la nature géologique de la côte et des fleuves avoisinants, est, au large de la région landaise, de nature sableuse ou vazo-sableuse, présentant des trous boueux et des colonies d'aviçules ; mais il est aussi strié de lignes de roches partant de la côte française et se dirigeant parallèlement au sud-ouest vers la péninsule espagnole.

Dans leurs pérégrinations journalières les navires évitent d'une façon très précises ces récifs sous-marins passant dans les trouées que laissent les lignes de roches profondes.

Mais il est des difficultés d'un autre ordre. Le golfe de Gascogne offre, en effet, des courants nombreux variables suivant l'époque de la lunaison et l'heure de la marée. Il faut, de la part de l'homme de barre, une surveillance continuelle pour maintenir le navire dans une même ligne de brassage, d'autant plus qu'il est presque toujours de travers à la lame. Aussi, toutes les heures, et parfois plus fréquemment, est-il procédé à un sondage qui donne, en même temps que la détermination de la profondeur, la nature du fond sur lequel on travaille.

Du reste, tout est indice pour les pêcheurs. S'aperçoivent-ils que la marche du navire est plus rapide, la pression restant la même ? Vite, on sonde ; car cet emballement indique que le chalut ne touche plus le fond. Au contraire, cette marche est-elle ralentie ? On s'écarte alors de la route suivie ; car ce ralentissement signifie que le filet traîne sur un substratum boueux qui remplit de vase la poche du chalut. Enfin, la nuit on procède au relèvement des feux et, le jour, à celui des points connus de la côte au moyen du compas.

Durant vingt-quatre heures, dans un perpétuel mouvement de va-et-vient, les chalutiers labourent — écrément, devrais-je dire plutôt — le sol sous-océanique, ramenant tout ce qui se trouve sur le trajet de leur appareil, arrachant à la mer les poissons qui font l'objet de cette pénible recherche, entassés pêle-mêle avec les êtres d'ordres inférieurs qui vivent fixés ou rampants sur le sol.

A bord, dans cette masse grouillante, les matelots font leur tri.

Sans parler de beaucoup de poissons d'une certaine valeur commerciale ainsi capturés ; la flottille récolte quotidiennement une moyenne de 300 douzaines de soles à 3 kilogrammes la douzaine, et je ne me sers ici que de chiffres minima.

Je ne me permettrai pas de demander ici pourquoi la Société ne juge pas devoir employer à bord de ses bateaux le système des glacières américaines permettant de conserver beaucoup d'animaux qu'elle rejette à la mer, ceux-ci n'ont peut-être pas une grande valeur sur le littoral gascon, mais sont de bonne vente et d'autres endroits où on les pourrait transporter.

D'autre part, l'emploi des viviers permet de conserver plusieurs jours les animaux pêchés, la Société des Pêcheries de l'Océan dont la récolte arrive en ses magasins toutes 24 heures, n'en pourrait tirer grands profits, encore qu'ils assurent d'avoir du poisson saigné vivant et non asphyxié, ce qui est très apprécié en Angleterre.

Tels sont les procédés employés par cette Société ; procédés puissants assurant un travail fructueux, méthode intelligente qui, en empêchant les dragages près de terre, préserve des essaims de poissons destinés à devenir par le temps, produits d'une certaine valeur commerciale.

Du reste, toujours en étude, elle a soumis à l'expérimentation plusieurs autres systèmes de pêche. D'abord elle a essayé celle de la sardine.

Pour cela un nombreux personnel était embarqué à bord avec des « doris » analogues à celles des pêcheurs de Terre-Neuve et qui n'étaient mises à l'eau que sur le lieu de pêche.

Elle a employé aussi le traînage suivant le système du bœuf, pratiqué par les bateaux espagnols. Elle veut aussi essayer l'éclairage électrique des chaluts.

En somme elle constitue un foyer d'études pour cette science si belle et si intéressante de l'industrie des pêcheries et de ses engins. Elle est un légitime sujet d'orgueil pour l'industrie privée française, si l'on songe aux puissants moyens d'étude et de surveillance que certains pays étrangers mettent officiellement à la disposition de leurs pêcheurs.

Bien que la Société des Pêcheries de l'Océan n'ait pas exposé au Champ de Mars en 1889, je ne pouvais passer sous silence, suivant la méthode que j'ai adoptée en cette étude générale, une industrie qui est certainement la mieux outillée de France au point de vue qui nous intéresse ici.

Du reste à l'exposition maritime de Bordeaux, en 1880, elle a remporté la médaille d'or.

Pour terminer cette étude des moyens de capturer des poissons plats, qui donne de si brillants résultats, je ne puis passer sous silence les expériences tentées par M. le professeur Künstler sur l'élevage de la sole *au laboratoire de la Société scientifique d'Arcachon*.

L'auteur n'ayant pas encore donné les résultats de ses observations et de ses expériences, je ne saurais entrer dans la description d'un procédé qui amènera peut être la richesse pour beaucoup de petits pêcheurs du littoral gascon.

Cependant je veux dire quelques mots de la station marine où ont été faites ces expériences et qui a remportée à l'Exposition de 1889 une médaille d'or.

Due entièrement à l'initiative privée, la station zoologique d'Arcachon offre l'hospitalité de ses laboratoires aux savants de tous les pays qui veulent y venir étudier la faune si riche du bassin. Les subsides que lui fournissent le ministère de l'Agriculture et le Conseil général de la Gironde sont minimes ; elle est entretenue, en somme par la Société scientifique d'Arcachon, compagnie d'hommes éclairés, amis des sciences, sinon hommes de sciences eux-mêmes.

Elle comprend un Musée des curiosités locales et de la faune de la région — ce qui est très intéressant au point de vue des recherches scientifiques et de l'industrie des pêcheries — un aquarium et des laboratoires fort bien installés où se peuvent faire toutes les recherches concernant la biologie marine.

Un pareil établissement fait le plus grand honneur aux hommes qui, de leurs

deniers, ont voulu contribuer à l'extension de nos connaissances sur les choses de l'Océan et qui ont voulu, sans en recueillir d'intérêt, se consacrer au développement des recherches qui concernent les pêcheries, l'ostréiculture, l'océanographie et la science pure.

Comme directeur de la station zoologique d'Arcachon se trouve M. le Dr H. Viallanes que ses recherches histologiques ont placé aujourd'hui à la tête du mouvement scientifique et qui succède à M. Durègne, au talent et à la délicatesse duquel est grandement redevable cette remarquable institution qu'il a dirigée plusieurs années (*).

Note sur l'étude des Pêcheries dans la Méditerranée.

Sous la haute direction de M. le professeur A.-F. Marion, de la Faculté des Sciences de Marseille, qui fit partie de nos grandes missions d'explorations sous-marines, et qui, avec le concours d'armateurs éclairés, fit lui-même d'importantes recherches sur la faune profonde de la Méditerranée, on se livre, depuis quelques années, à l'étude scientifique des pêcheries de notre cinquième arrondissement maritime à la station zoologique d'Endoume.

Dans les importantes observations qui ont été publiées par les soins de ce laboratoire, les recherches fauniques tiennent à juste titre une très grande place.

L'étude du développement des poissons comestibles a tout particulièrement fixé l'attention des savants de la station d'Endoume et dans ce sens, les investigations auxquelles ils se sont livrés ont pris une allure vraiment très scientifique tout en ayant une portée pratique considérable.

Outre des recherches sur les œufs et les alevins des poissons comestibles, M. le professeur Marion a étudié la faune pélagique du golfe de Marseille, aussi bien que les différentes pêches qui se pratiquent dans cette région. M. Paul Gourret s'est livré plus spécialement à l'étude des pêcheries marseillaises au point de vue économique, et dans ses observations je relève quelques aperçus très intéressants sur la réglementation des engins de pêche eux-mêmes.

C'est ainsi qu'il a fidèlement suivi les opérations faites avec les *Issaugues*, les *Mugelières* et le *Bourgin* et qu'après avoir déterminé l'espèce zoologique et le développement individuel des êtres capturés, il a pu conclure à la proscription ou au libre exercice des procédés employés par nos pêcheurs méridionaux (**).

Les travaux très sérieux de la station d'Endoume, intéressent la pêche du poisson frais et celle du poisson de conserve.

1. Dans la Méditerranée les quatre vapeurs *Plutus*, *Thémis*, le *Grondin* et le *Turbot* se livrent à la pêche au chalut dans les eaux d'Alger et de Bône. Un navire outillé pour le transport : la *Ville de Cannes* établit un service régulier entre les pêcheurs et les courriers de France.

Le poisson provenant de cette région est amené à Marseille, conservé à une température voisine de 0° dans des caisses doublées de zinc, à compartiments superposés et garnis de glace.

2. *Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille*. — Travaux du laboratoire de Zoologie Marine, T. IV, fascicule I, p. 44-93.

III. — Notes sur la pêche du hareng et son étude scientifique

Depuis vingt ans la pêcherie du hareng s'est beaucoup transformée par l'emploi de bateaux d'un fort tonnage munis de treuils à vapeur pour le levage des filets.

Ceux-ci même autrefois constitués par des fibres de chanvre autrefois, sont à l'heure actuelle, en coton. C'est à M. Vanheeckoe que l'on doit ces innovations heureuses, grâce auxquelles la pêche est beaucoup plus rémunératrice.

Les bateaux qui partent pour les parages du Dogger's Bank sont armés en vue de la triple récolte du hareng, de la morue et du maquereau (*Maison Altazin-Gorée*). Ils ont une portée de 70 tonnes, sont munis d'un haleur à vapeur d'une force de cinq chevaux et sont montés par un équipage de seize hommes et trois mousses.

Le matériel de chaque bateau comprend pour la pêche du hareng 200 filets en coton de 20 mètres de longueur sur 5 mètres de profondeur. De gros cordages ou *aussières* ayant la même longueur que les filets sont placés à bord.

Le hareng et sa pêche ont été étudiés d'une façon sérieuse et suivie depuis quelques années à la *station aquicole de Boulogne-sur-Mer* dont l'exposition un peu confondue dans les différents produits de l'agriculture était en 1889 une des plus dignes d'intérêt.

Il y avait là, à côté de quelques engins de pêche, des échantillons de tous les êtres qui font l'objet des travaux des pêcheurs de notre premier arrondissement maritime, avec des échantillons des fonds sur lesquels ils vivent et des animaux qui forment leur nourriture.

C'était là une exposition de pêcherie scientifique et nous ne lui ferons que le reproche d'avoir classé les animaux suivant leur ordre zoologique et non suivant leur utilité pratique et leurs rapports biotiques entre eux.

Bien entendu, son intérêt était peu accessible au public et ne saurait être compris que des seuls gens scientifiques qui s'inquiètent un peu de la tournure mauvaise que prennent les pêcheries sur nos côtes de France, désirant les voir se transformer du tout au tout au point de vue pratique, en même temps qu'ils voudraient les voir comme dans les pays étrangers faire l'objet d'études spéciales d'hommes compétents.

Je l'ai dit souvent déjà, aujourd'hui la pêcherie est entièrement tributaire des sciences exactes, elle doit donc être non plus livrée au hasard d'un coup de filet mais entièrement réglée par des indications précises.

Parmi les hommes de science qui se sont consacrés avec le plus d'ardeur à l'étude méthodique des pêcheries et qui ont ouvert les horizons les plus larges

à cette intéressante question, nous comptons en France M. le D^r H.-E. Sauvage directeur de la station aquicole de Boulogne-sur-Mer, dont j'ai cité plusieurs fois le nom au cours de cette étude.

Ayant déjà, derrière lui, une longue carrière scientifique, très versé d'autre part dans les différentes questions que soulève la science des pêcheries, nul mieux que lui n'était à même de tenter avec fruits des recherches sur les habitudes, les mœurs des poissons comestibles et conséquemment sur la capture qu'en peuvent faire nos marins.

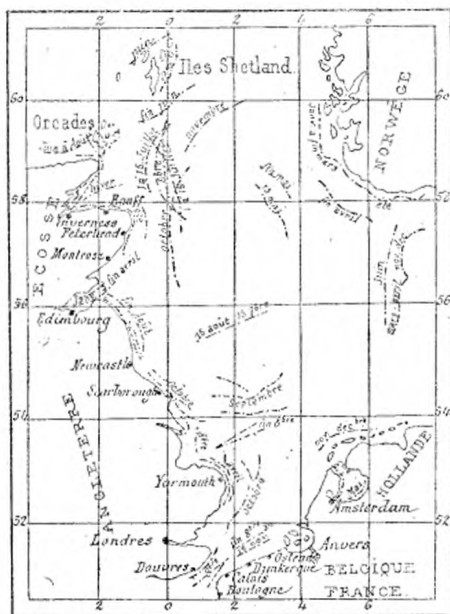
Les résultats qu'il a obtenus n'ont pas trompé les espérances fondées sur lui. Les travaux qu'il a publiés sur la pêche du hareng en particulier ont complètement modifié les connaissances jusqu'ici admises sur ce poisson.

La théorie, séduisante, il est vrai, des grandes migrations de cet animal, de ses déplacements annuels a du coup été renversée et, aujourd'hui, l'on sait que depuis l'île de Fair au sud de Shetlands jusque par le travers de Boulogne, les pêcheurs ont à faire non pas à des bancs de harengs émigrant du Nord au Sud mais à des montées de harengs s'élevant du fond vers la surface à des époques que règlent les besoins de la reproduction.

Du reste, les harengs pêchés dans la mer du Nord, dans les parages de la Norvège ou de l'Écosse, sur le Dogger Bank et les côtes d'Irlande ne sont pas identiques, tant s'en faut, et, si l'on note les époques auxquelles on prend le hareng dans la mer du Nord, on voit qu'il peut être capturé en un même point à des époques différentes de la même année et qu'il peut être aussi pris en même temps en des points différents.

Il ne faudrait cependant pas conclure de ceci que le hareng ne se livre qu'à de seules migrations bathymétriques car il accomplit aussi de faibles déplacements dans l'étendue de la région qu'il habite.

Ce genre de migration est fréquent chez beaucoup d'animaux qui, à l'époque de la ponte se lèvent du fond pour se rapprocher de la côte; mais ainsi que le font pressentir les recherches contemporaines et entre autre celle de



Pêche du hareng aux différentes époques de l'année.
(D^r H.-E. Sauvage).

M. le D^r H.-E. Sauvage, la nature lithologique du fond n'est pas sans influence sur les migrations.

C'est ainsi que le hareng affectionnant les fonds sableux à petits cailloux gagne en ce moment-ci sensiblement le large, s'éloigne des côtes du Boulonnais en raison de l'envasement de celles-ci. Un autre facteur important des migrations est la nourriture. C'est encore au laboratoire de Boulogne qu'ont été faites de très intéressantes recherches sur ce sujet et qu'ont été étudiées les nombreux copépodes qui servent à la nourriture des harengs au moment de leur montée. Ces recherches comportent d'importantes déductions puisque de l'abondance et de la rareté de ces crustacés trouvés dans les pêches au filet fin faites avant la montée des harengs on peut à peu près prévoir si la pêche sera fructueuse ou non.

Ces recherches sur l'Histoire naturelle du hareng intéressent au plus haut point les marins boulonnais puisque le port de Boulogne est de beaucoup le plus considérable au point de vue de l'importance de la pêche de cet animal.

La plupart d'entre eux se sont prêtés avec facilité à remplir les feuilles de route qui leur sont distribuées sous les auspices de la station aquicole, et où ils doivent consigner l'endroit précis auquel ils pêchent, ainsi que toutes les observations auxquelles cette pêche peut donner lieu.

De même, M. le D^r H.-E. Sauvage a étudié avec le plus grand soin la pêche du maquereau, et il arriva ce qui était à prévoir, qu'aujourd'hui les jeunes pêcheurs comprenant que la science seule peut les guider et leur faciliter leur dur métier, ne prennent plus la mer sans venir prendre à la station aquicole des indications sur le lieu où ils doivent se rendre et sur la manière dont ils doivent procéder.

Cette histoire est d'autant plus intéressante que ce n'est pas sans quelque scepticisme qu'armateurs et marins ont accueilli autrefois la nouvelle de cette création et qu'à l'heure actuelle il se trouve encore dans les hautes sphères de notre administration des hommes qui ne considèrent ces recherches que comme d'agréables passe-temps pour les gens qui s'y livrent.

La station aquicole fondée en juillet 1883 sous les auspices du ministère de l'Agriculture, a abordé en moins de six ans de considérables problèmes. Elle a été amenée à étudier les rapports des poissons comestibles avec la nature lithologique et faunique des fonds qu'ils habitent.

De ces recherches sont résultées une carte et des collections absolument démonstratives que l'on a pu voir exposées en 1889.

Elle s'est occupée des rapports entre la salure et la thermométrie des eaux avec ces mêmes poissons comestibles dans les parages immédiats de Boulogne, inaugurant ainsi une série de recherches qui n'avaient jamais été tentées en France et qui ont donné de si intéressants résultats en Allemagne, aux Etats-Unis, en Norvège.

Elle a aussi essayé d'apporter aux engins d'utiles modifications et a étudié d'une façon sérieuse le tannage des filets, qu'elle a obtenu souples, peu colorés, également imprégnés de matière tannante par l'emploi du cachou et du sulfate de zinc qu'elle a adoptés après de nombreux essais.

Mais si Boulogne est notre plus important port de pêche, c'est aussi un centre industriel considérable au point de vue des conserves alimentaires tirées des produits de la mer. A la station aquicole, on s'est donc occupé du saurissage des harengs et l'on a tracé des règles utiles à cette industrie, en même temps qu'on s'occupait de recherches sur l'influence que les impuretés du sel marin pouvait avoir sur la conservation et l'aspect des poissons.

En ce qui concerne le point de vue économique, la vente du poisson que nos pêcheurs recueillent au prix de tant de peines, elle a tenté dans diverses publications d'inciter à l'installation de viviers à bord des bateaux, à l'aménagement mieux compris de nos ports, etc. Enfin, elle a fait adopter l'emploi des pigeons voyageurs pour renseigner rapidement les armateurs sur la pêche de leurs bateaux, les obstacles qu'ils peuvent rencontrer dans leur route, la valeur de leur récolte, permettant ainsi d'établir le cours avant que les navires ne soient à quai dans le port.

Ce n'est cependant pas tout encore ; la station aquicole de Boulogne-sur-Mer s'est occupée aussi du repeuplement des cours d'eau, et surtout elle a montré de quelle utilité pouvait être pour l'engrais des terres l'utilisation des sous-produits de l'industrie des pêcheries.

Les déchets de harengs fournissent une huile dont on peut tirer un savon commun très-bon marché, et un tourteau qui, associé au phosphate de chaux, est d'une grande valeur fertilisante.

Si, depuis longtemps les déchets de harengs sont employés à l'engrais des terrains, la grande quantité d'eau qu'ils contiennent, les difficultés et les frais de leur transport, leur difficile conservation, la quantité trop grande de sel qu'ils renferment les rendaient peu propres aux besoins de l'agriculture.

Avec l'emploi qu'en a fait la station de Boulogne, ils sont transformés en une sorte de guano, dont la proportion des éléments varie suivant les besoins des différentes cultures et qui serait susceptible de représenter annuellement un poids de 4 millions de kilogrammes et une valeur de 400 000 francs.

A côté de ces questions purement industrielles, de grande valeur économique, il a été abordé aussi à la station aquicole des recherches intéressantes à la fois la science des pêcheries et l'histoire naturelle pure. J'ai parlé de la migration du hareng, j'y dois ajouter l'étude de la ponte des poissons de mer, de la nourriture de ces poissons, de la faune du Pas-de-Calais et de la Manche.

Or, ces multiples et intéressantes questions ont été abordées et résolues par un seul homme, M. le docteur H.-E. Sauvage. Avec une installation qui n'est que suffisante et ne présente aucunement les puissants moyens de recherches que

l'étranger met à la disposition de ses laboratoires d'études marines et ne comporte, pour faire le service, qu'une très-petite embarcation que conduit un seul marin.

Depuis 1888, il a été adjoint à la station aquicole un laboratoire de chimie agricole et industriel, bientôt devenu un centre important de renseignements et dirigé par M. V. Planchon.

IV. — Notes sur la Pêche de la Morue

Nos marins pratiquent la pêche de la morue à Terre-Neuve, en Islande et au Dogger's-Bank.

A Terre-Neuve se rendent des bateaux de Boulogne, Dieppe, St-Valéry-en-Caux, Cancale, Saint-Brieuc et surtout de *Fécamp*, *Granville*, *Saint-Malo*. En cet endroit, la pêche produit 74 0/0 du rendement total.

En Islande vont les pêcheurs de *Dunkerque* et de *Paimpol*, auxquels s'en joignent d'autres venant de Gravelines, Boulogne, Dieppe, Saint-Brieuc, Binic et Tréguier. La pêche y fournit 21 % du produit général.

Au Dogger's Bank enfin se rendent surtout les navires de *Boulogne*, avec encore quelques autres venant de Dunkerque, Gravelines, Dieppe et Fécamp.

Le French shore ou partie française des rivages de Terre-Neuve est creusé de 70 havres. C'est là que nos pêcheurs installent leurs sécheries et les établissements qui leur sont nécessaires dans les manipulations qu'il leur faut faire subir aux poissons recueillis.

Ces constructions doivent être, du reste, essentiellement temporaires, d'après la réglementation en vigueur depuis plus de deux siècles, car nos nationaux ne peuvent point hiverner, n'aborder l'île qu'à l'époque de la pêche et n'y demeurer que le temps nécessaire au séchage du poisson.

Ne m'occupant ici que de l'outillage des pêcheries et de leurs procédés, il ne m'appartient pas d'insister sur les contestations menaçantes pour notre industrie qui se sont élevées durant ces dernières années entre nos pêcheurs et les Terre-Neuviens. Je ne dirai rien non plus des procédés employés pour la salaison et le séchage de la morue, me restreignant seulement à la pêche même.

La pêche de la morue se pratique, à Terre-Neuve, au moyen de *lignes à main*, de *lignes de fond* et de *grandes sennes*.

L'emploi de ces divers instruments varie suivant le lieu où se pratique la pêche. Une chose surprend, à première vue, c'est la grossièreté des instruments em-

ployés pour capturer les poissons en général; il semble étonnant que ces animaux se laissent prendre à l'appât grossier d'un hameçon où ne fuient pas devant la course brutale d'un chalut, d'une drague ou d'une senne.

La raison paraît nous en être donné par la vision imparfaite des poissons habitant les couches de la mer éclairées par la lumière du jour.

Des observations faites en scaphandre par M. Fol et auxquelles j'ai fait allusion dans la première partie de cette étude, il résulte que le long du littoral varie la transparence de l'eau, mais qu'à trente mètres de profondeur, par temps nébuleux, il fait si peu clair que l'on peut à peine distinguer un rocher à 7 ou 8 mètres de distance.

Si le jour est exceptionnellement beau, cette vision peut s'étendre à 20 ou 25 mètres. Le plus généralement, c'est-à-dire dans les circonstances ordinaires, elle ne dépasse pas 10 mètres.

En sorte que les poissons qui vivent dans cette zone et, *a fortiori*, dans les couches sous-jacentes (les fonds sur lesquels se pratique la pêche, à Terre-Neuve, sont surmontés d'une couche d'eau épaisse de 50 mètres), se meuvent dans une espèce de brouillard.

Du reste, M. Fol a remarqué que si, à cette profondeur de 30 mètres on les vient à effrayer, ils fuient d'abord à toute vitesse, puis s'arrêtent brusquement au bout de très-peu de temps comme ayant conscience qu'ils ont dépassé la limite de visibilité pour leur ennemi supposé.

Il est donc fort possible que cette difficulté de vision joue un rôle très net dans la capture des poissons (en tous cas cette hypothèse s'appuie sur les observations d'un savant distingué), mais, en outre, les poissons sont des animaux d'une voracité difficilement imaginable et qui les fait se précipiter impétueusement sur l'appât trompeur de l'hameçon.

Les navires de nos pêcheurs de Terre-Neuve sont, en général, de fortes goëlettes montées par un équipage d'une vingtaine d'hommes et sur lesquelles prennent place des passagers-pêcheurs destinés aux équipages des goëlettes armées seulement à Terre-Neuve, et des manœuvres, destinés au séchage de la morue, appelés *graviers*.

Les lieux de pêche aux environs de l'île sont assez bien délimités: certains navires travaillent dans le golfe Saint-Laurent, qui sépare Terre-Neuve du Labrador; d'autres pêchent sur le littoral de l'Atlantique. Les armements comportent dans ces deux cas des sécherics à la côte. Les emplacements sont tirés au sort, à Saint-Servan, tous les cinq ans, le 5 janvier, sous la présidence du chef de service de la marine.

La pêche se pratique par nos navires dans les baies isolées ou communes à plusieurs navires; elle est aussi nomade dans le golfe pour quelques-uns.

Chaque sécherie de la côte présente « des *graves* ou grèves caillouteuses pour étendre la morue; puis se rencontrent des chauffands (cabanes usitées pour sé-

cher le poisson), des magasins, toutes constructions temporaires, *temporary buildings*, selon l'expression anglaise. Un certain nombre d'hommes restent à terre pour trancher la morue, enlever les viscères, pour saler et sécher; les autres vont à la pêche dans de légères embarcations de construction américaine, sorte de pirogues à fond plat, appelées *doris*, que l'on achète à Saint-Pierre et Miquelon et qui valent, en moyenne, 130 francs l'une. On a essayé en France de faire des doris avec le même bois, de même épaisseur, de forme rigoureusement semblable: ces constructions n'ont pu lutter avec les doris américaines. Deux hommes montent une doris (Le Beau).

La pêche se pratique aussi à Terre-Neuve sur les bancs du sud de l'île: le Grand-Banc et le Banquereau. Cette pêche est de beaucoup la plus importante de la région, avec celle pratiquée sur les petits bancs avoisinant St-Pierre et Miquelon.

Sur ces derniers se rendent les pêcheurs de l'île dans de petits bateaux appelés *waris*, ils rentrent du reste chaque jour.

À la pêche sur le grand banc sont employées, outre les bateaux qui viennent de France, 200 ou 300 goëlettes armées à Saint-Pierre, où elles hivernent.

Sur le lieu de pêche, mouillent les navires; les doris montées par deux hommes sont mises à la mer et le travail commence au moyen de longues lignes en supportant de plus petites (*avançons*) que terminent des hameçons.

La morue est parfois en assez grande quantité pour charger les doris plusieurs fois par jour.

Les *harouelles*, ou lignes de fond, munies d'une centaine d'hameçons, sont placées le soir et relevées le matin par les pêcheurs qui sont à la côte. Les *sennes* sont employées par les navires d'un assez fort tonnage.

Parmi les difficultés que, dans ces dernières années, nos marins ont rencontrées dans la pratique de leur métier, à Terre-Neuve, la plus considérable certainement a été celle que leur a causée l'interdiction, par le parlement de Saint-Jean, de la vente que les insulaires leur faisait de la *boëtte* servant à appâter les lignes.

Or, la pêche comprend plusieurs phases, suivant lesquelles varie l'appât employé.

Dans la première, l'appât est formé par du *hareng* frais, salé, que nos marins apportent avec eux; dans le deuxième, il est formé par du *capelan* qui ne se pêche guère que sur la côte anglaise de l'île; enfin, pour terminer les pêches, on n'appâte guère qu'avec du hareng et des céphalopodes (encornet), et les Anglais en étaient à peu près les seuls fournisseurs.

Aujourd'hui, nous sommes obligés de rechercher nous-mêmes cette boëtte dans la baie de Saint-Jacques et la baie des îles.

Les goëlettes qui se rendent en *Islande* ont généralement une portée de 200 tonneaux et un équipage de 18 hommes munis chacun d'une ligne.

La pêche, dans ces parages, commence près de terre, à 80 ou 100 mètres de profondeur, puis les navires gagnent le large et pêchent vers les fonds de 250 mètres.

LA PÊCHE DE LA MORUE ET DU HARENG EN NORVÈGE

En Norvège la pêche fait vivre une grande partie de la population ; elle est, du reste, tout spécialement protégée par les pouvoirs publics et fait l'objet de recherches constantes.

Outre cette surveillance dont elle fait l'objet, on a installé des lignes télégraphiques le long de toute la côte, de façon à prévenir rapidement les pêcheurs de l'arrivée des bancs de morues ou de harengs, dont la capture forme 75 % du rendement total des pêcheries norvégiennes.

La morue vivant dans les couches d'eau d'une température de 6 à 7 degrés centigrades environ, un navire est chargé continuellement du relèvement thermométrique de cette couche liquide en générale placée à 40 ou 60 brasses de profondeur.

Enfin, à Fiodwig, existe depuis 1884, un laboratoire aquicole où sont fécondés chaque année près de 50 millions d'œufs de morue (1).

En Norvège, chaque patron de barque est généralement son propriétaire au lieu de travailler comme chez nous et ailleurs pour le compte d'un armateur. Le jaugeage des bateaux varie du reste de 3 tonneaux et demi à 7 tonneaux. Les pêcheurs ne s'éloignent guère de la côte, travaillant de préférence dans les baies du littoral très découpé de la région.

Les petites barques ne servent guère qu'aux pêcheurs à la ligne de fond (palancre) ou à la ligne à main ; les plus grandes comportent l'emploi de filets. Suivant qu'ils travaillent le jour ou la nuit, à la ligne ou au filet, ces pêcheurs sont soumis à des règlements spéciaux qu'ils observent, du reste, scrupuleusement.

La ligne à main est munie d'un plomb, et nécessite un travail fort pénible. Elle n'est guère employée que par les pêcheurs pauvres.

La ligne de fond peut être employée le jour ou la nuit, chaque ligne comporte généralement 480 hameçons. On emploie quatre lignes à la fois.

Les filets ont de 25 à 30 mètres de longueur sur 5 mètres de profondeur et sont lestés en bas par des pierres tandis que des flotteurs en soulagent la partie supérieure.

Le hareng se pêche à la senne ou au filet par des bateaux pontés de 25 à 35 tonneaux et montés par une vingtaine d'hommes. L'armement d'une valeur de 10 000 à 12 000 francs se compose de 3 sennes, 2 grandes chaloupes pour porter le hareng frais, de 3 à 4 yoles plus petites, des ancres, barils, cordages, scintillants, prélaris, lunette d'eau, sonde, etc.

La pêche se pratique de la manière suivante : on part la nuit, le chef prend la tête monté dans une embarcation avec sa sonde et sa lunette d'eau, il est suivi de la grande chaloupe munie d'une senne rabatteuse. Il avance doucement pour ne point effrayer le poisson. Quand la sonde a dénoté l'endroit où se trouve le hareng, on jette les filets : la grande senne rabatteuse, la senne fermoir et la senne enleveuse ; la rabatteuse a, en général, 300 mètres de long sur 40 ou 50 mètres de profondeur au milieu, les deux extrémités allant en s'amincissant ; le fermoir a 140 à 160 mètres de long et l'enleveuse 50 à 60 mètres avec des profondeurs proportionnelles. Des flotteurs en liège soutiennent la partie supérieure et des pierres servent à maintenir la partie inférieure.

1. A Flodevig où se trouve installé un laboratoire de pisciculture marine (Dr Kunstler, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Bordeaux. *Revue des Sciences Naturelles de l'Ouest*, n° du 3 juillet 1891, p. 208), il a été semé 193.500.000 alevins de morue, cette année. — Le capitaine Dannevig avait amassé pour cette campagne 620 litres d'œufs dont il est arrivé à faire éclore 430 litres, chaque litres contenant 450.000 œufs.

Le hareng pêché en Norvège est le *hareng gras ou d'été*, de juillet à novembre, et surtout en août, septembre et octobre, depuis Bergen jusqu'à Tromsø.

La morue est pêchée en hiver de janvier à avril. Aux Lofodens, au long de la côte s'étendant de Bergen à Trondjhem et un peu plus tard sur la côte laponne.

V. — Notes sur la pêche de la sardine

Si l'on excepte le premier arrondissement maritime la pêche de la sardine se pratique sur toutes nos côtes, employant un personnel de près de vingt mille marins. Elle se concentre surtout sur les côtes de Bretagne et de Vendée, et depuis quelques années subit une crise qui appelle tout particulièrement l'attention des pouvoirs publics et des hommes de science.

Du reste, cette pêche fut toujours hasardeuse et difficile. Les allures capricieuses du poisson nécessitant un travail pénible et coûteux, les pêcheurs durent souvent prendre la mer et appâter en pure perte. Cependant les rendements définitifs étant assez rémunérateurs, une grande partie de la population du littoral se consacra à cette pêche, en même temps que la découverte du procédé de conservation Appert, assurant une industrie fructueuse, faisait élever sur nos côtes d'innombrables usines.

C'est de mai à novembre que les pêcheurs recherchent la sardine ; posant les filets au lever et au coucher du soleil, du milieu de mai jusqu'au milieu d'août, et n'opérant plus qu'une fois par jour dans l'arrière saison. Il ne faudrait cependant pas croire qu'il est possible de capturer du poisson à chacune de ces opérations. L'état de la mer, de l'atmosphère et beaucoup d'autres causes presque insoupçonnées influent sur les allures de la sardine dont l'étude biologique paraît devoir être bien difficile.

Aussi bien, de 1880 à 1886, la panique se répandit dans la population de nos côtes lorsqu'on fut obligé de constater que la sardine paraissait avoir déserté notre plateau continental et s'être jetée, en bancs épais, sur les côtes de Portugal. Un certain nombre d'industriels abandonnèrent, du coup, la fabrication des conserves de sardines à l'huile, tandis que d'autres transportaient en Portugal même leur matériel de fabrication.

Puis, sans encore qu'on en comprît la cause, les années 1888 et 1889 furent excellentes comme résultats, enfin cette année même la sardine a de nouveau disparu.

Il n'est que temps d'étudier avec grand soin cette pêche capricieuse plutôt que de la réglementer au hasard ; elle doit être approfondie par les hommes de science, et je crois qu'il m'est impossible de citer un meilleur exemple de la

décadence où s'achemineraient nos pêcheries si l'on ne prenait à bref délai de sérieuses et intelligentes mesures pour les rendre scientifiques et par conséquent précises.

Avec des barques non pontées que monte un équipage composé d'un patron, de cinq matelots et d'un mousse, nos pêcheurs bretons vont à la recherche de la sardine. Arrivé sur le lieu où le poisson a été signalé, on abat les deux mâts, on pose les filets et on appâte avec de la roque de morue qui nous vient de Norvège et coûte relativement cher (') puis on attend que « *la sardine travaille* », c'est-à-dire qu'elle monte des fonds vers la surface et se maille dans les filets.

La pêche terminée, les marins font voile vers le port du littoral le plus proche où s'établit un cours. J'ai dit plus haut que certains usiniers envoient au large un vapeur recueillir le produit de la récolte de la flottille qu'ils arment, en même temps qu'acheter aux pêcheurs indépendants.

La sardine ne se pêche pas, du reste, en même quantité sur tous les points de notre côte en même temps. M. le professeur Pouchet, directeur du laboratoire de Concarneau, un des hommes qui se sont consacrés avec le plus d'entrain dans ces dernières années, à l'étude de cette question, a déterminé deux *constantes* dans le phénomène de l'apparition de ce poisson (").

1° La sardine pêchée aux Sables est plus petite que la sardine pêchée plus au Nord.

2° La sardine de roque apparaît par le sud et disparaît par le sud. Des Sables à la baie de Douarnenez, l'apparition se fait progressivement et finit deux mois plus tard sur les côtes du Finistère que sur celles de la Vendée.

Au dessous des Sables-d'Olonne la sardine n'est cependant pas très rare, pas plus que dans la Méditerranée, sur les côtes de France et d'Algérie où des pêcheurs espagnols et italiens se joignent aux nôtres.

En ce qui concerne la technique de la pêche elle-même, on a cherché dans ces dernières années à remplacer les filets en usage par les « sennes » qui sont capables de fournir avec un moindre travail un rendement très supérieur. Cette innovation a rencontré une opposition très vive de la part des industriels d'abord donnant pour prétexte que le poisson ainsi capturé étant abîmé par l'engin; de la part des pêcheurs aussi, croyant que par ce procédé il se ferait une destruction par trop considérable de la sardine.

C'est en vain que les hommes de science affirmèrent que l'Océan renfermait des essaims inépuisables de poissons, que ceux-ci se reproduisaient avec une

1. De nombreux essais ont été faits pour remplacer au moins partiellement la roque, en diminuer l'emploi et en abaisser le prix. Ces essais ont donné des résultats depuis 1880. On commença alors à tirer un parti utile des résidus d'huileries: tourteaux de lin, de sésame, etc...; mais si le poisson est friand de cet appât, si le pêcheur trouve dans son emploi une notable économie, les fabricants ont remarqué que le poisson pêché au moyen des tourteaux s'allère plus facilement que celui pêché au moyen de roque (*Rapport du Jury international de l'Exposition universelle de 1889*, groupe VII, 1^{re} partie, p. 165).

2. G. POUCHET. Rapport à M. le Ministre de l'Instruction publique sur la sardine pour 1889.

abondance qui défait toute destruction, ils ne purent faire prévaloir l'usage de la senne contrariant les préjugés anciens d'une part et luttant d'autre part contre cette conviction des pêcheurs que ce mode de pêche avilirait les prix de vente et les menacerait de chômages prolongés.

Je l'ai dit, l'étude de la pêche à la sardine est à l'ordre du jour, et intéresse au plus haut point une partie de notre population côtière.

N'ayant aucun point de repère elle paraît devoir être difficile. Nous ne connaissons ni la topographie ni la distribution bathymétrique des températures sur les côtes de France, ni le tableau faunique du plateau continental, or, ce sont là les facteurs fondamentaux avec lesquels on doit compter dans toute question de pêcheries.

M. le professeur Pouchet et ses élèves ont essayé de faire prendre à la question une allure vraiment scientifique ; malheureusement les moyens de recherche et d'exploration mis à leur disposition sont totalement insuffisants.

Au laboratoire de Concarneau, on s'est livré à des travaux statistiques sur les rendements de la pêche depuis de nombreuses années d'après les registres d'un certain nombre d'armateurs. On a ainsi dressé des courbes de ces rendements pour chercher si une loi ne réglait pas l'apparition périodique des bancs de sardines. On y a également procédé à de nombreuses pêches au filet fin dans la baie de la Forêt où pullule, à l'époque de la pêche, les copépodes, on a relevé les températures profondes de la baie. C'est tout ce que l'outillage du laboratoire ainsi que la chaloupe à vapeur et la baleinière qui lui sont adjointes par le ministre de la marine peuvent permettre de faire.

Or ces recherches ne sauraient être que la préface des plus considérables explorations permettant de suivre le poisson au large et d'en étudier les habitudes.

Si les conditions dans lesquelles il vit et le milieu qu'il adopte aux différentes phases de son existence sont inconnues, l'histoire naturelle du poisson lui-même fait l'objet des recherches suivies de la part des naturalistes du laboratoire de Concarneau.

Ce n'est point ici la place d'entrer dans la discussion des arguments présentés par M. le professeur Pouchet au Comité des Pêches pour faire modifier la réglementation de la pêche de la sardine. Nous ne pouvons malheureusement que constater que tout est à faire dans cette étude et que n'ayant pas les moyens d'investigation suffisants on est obligé d'assister impuissants aux désastres d'une partie si intéressante de la population française.

Contrairement aux assertions de M. le professeur Georges Pouchet qui affirme que la sardine gagne les grands fonds pour frayer, M. le professeur Marion, de la Faculté des sciences de Marseille, qui a la charge des pêcheries méditerranéennes françaises, vient d'affirmer (Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, Marseille, 18 septembre 1891. *La pêche de la sardine et sa reproduction*), qu'elle se rapproche au contraire de la côte à l'é-

poque de sa reproduction et que les premières études de son développement se passent en des anse abritées du littoral.

C'est ainsi qu'il signale comme stations de frai en Provence : les abords du Delta du Rhône, le golfe de Marseille, la Ciotat, Toulon, le Gapeau aux Salins-d'Hyères, Saint-Tropez et les rivages avoisinant l'embouchure du Var.

Il en conclut logiquement que des faits analogues se doivent passer dans les eaux océaniques et qu'il faudrait protéger rigoureusement ces jeunes générations de poissons dont il est fait à l'heure actuelle une destruction telle, que les pêcheurs ne les peuvent même pas vendre. La section de zoologie du Congrès s'est associée à l'éminent professeur pour inviter l'administration de la marine à réglementer sérieusement cette pêche et à empêcher sur la côte la récolte des « goëmons » dont les cultivateurs dénudent les rochers littoraux pour amender leurs terres.

Les expériences de M. le professeur Marion sont rigoureuses, ses observations précises et ses déductions formelles. Elles nous amènent cependant à conclure que si nous ne pêchons plus de sardines sur nos côtes bretonnes c'est que dans les précédentes années les alevins y ont été détruits. Mais comment nous expliquer les inégalités dans les arrivages de la sardine en nos mers. Comment expliquer qu'après des années infructueuses ils en viennent de prospères auxquelles en succèdent de désastreuses encore.

Certainement, je crois que la reproduction de ce poisson est hautement intéressante pour sa récolte, mais je crois aussi que les connaissances que nous pouvons acquérir sur ce point ne sont pas suffisantes pour nous faire établir une réglementation absolue de cette pêche (a).

Du reste, M. le professeur Marion mérite une réelle reconnaissance de la part

(a) Dans un très intéressant article publié par M. le professeur J. Thoulet, dans la *Revue générale des Sciences pures et appliquées* (n° 5. 15 mars 1890, p. 137-141), se trouvent exposés magistralement : *Les Principes scientifiques des grandes pêches*.

Je ne saurais trop recommander à ceux qu'intéresse l'étude si attachante des pêcheries la lecture de ce résumé bourré de faits et d'observations, écrit par un savant qui fait autorité en la matière.

L'auteur y fait ressortir l'importance des études d'océanographie pure au point de vue de la pêche, n'admettant que comme conséquence des premières les études concernant les recherches fauniques et biologiques. Il passe ensuite en revue les moyens de recherches employés par les pays étrangers : Etats-Unis, Suisse, Norvège, Allemagne, Ecosse, et termine ainsi cette étude générale.

« En résumé, les nations étrangères semblent unanimes à admettre les règles suivantes. La culture des eaux douces et salées doit être basée sur des principes strictement scientifiques et précis, topographie des fonds, géologie, propriétés physiques et chimiques, représentés et résumés sur des cartes dressées par courbes isobathes à aires teintées et sur des schémas coloriés; l'œuvre sérieuse du naturaliste ne commence en réalité qu'après l'achèvement de cette tâche préparatoire. Préférer la multiplicité des observations, leur qualité, c'est-à-dire employer plutôt un personnel restreint, éclairé, compétent et habile, muni d'instruments délicats soigneusement étalonnés. Remplacer les études générales par des études se rapportant à des localités définies, mais absolument complètes et d'une précision indiscutable... »

Je crois cependant que les études fauniques pourraient marcher de concert avec les études océanographiques pures et que les recherches, bien qu'indépendantes, concourant au même but, peuvent être poursuivies en même temps.

de ceux qui s'intéressent à la science des pêcheries pour la patience et l'intelligence si grande qu'il a mis dans l'étude de cette importante et difficile question.

Son étude — et ceci va me permettre de me résumer et de conclure — nous donne aussi l'occasion de vérifier cette assertion que dans cette industrie des pêcheries l'avenir doit appartenir aux méthodes précises, aux procédés basés sur une connaissance approfondie et scientifique des habitudes du poisson, en même temps que de ses relations avec le milieu dans lequel il vit.

Or le problème est complexe et l'on s'aperçoit que nos connaissances en pareille matière sont excessivement restreintes. Les études océanographiques commencent seulement à prendre une marche précise avec des méthodes relativement rigoureuses.

Quant à la biologie des animaux marins, c'est en quelque sorte une science qui ne fait que de naître.

Certes les grandes explorations marines ont donné une impulsion énergique à ce genre d'études, mais en général elles ont beaucoup plus servi aux recherches de hautes portées scientifiques et philosophiques qu'aux applications pratiques.

Ce que les grandes explorations scientifiques ont fait en divers points du globe, les laboratoires marins de nos côtes le font dans leur genre. Eux aussi servent aux recherches savantes de la zoologie, de l'anatomie et de la physiologie philosophique. En réalité, il ne sort que peu d'observations ayant une portée pratique des recherches patientes, sagaces et parfois très remarquables des zoologistes auxquels ils donnent l'hospitalité.

Il est loin de ma pensée de médire de pareils travaux, tout à l'honneur de notre science et de notre pays; mais il est regrettable de constater que si un savant français se veut consacrer à des recherches intéressant la pratique de la pêche il n'aura comme subsides que de maigres fonds pris sur le budget restreint d'un laboratoire et qu'il ne bénéficiera d'aucune des choses nécessaires aux recherches marines.

Nous ne pouvons cependant plus maintenant réglementer au hasard une industrie scientifique. *Une étude préalable complète, absolument sérieuse, doit être la base de toute réglementation.* Cette étude et les recherches qu'elle comporte ne doivent plus être soumises au hasard possible des travaux d'hommes éclairés. Il leur faut un personnel spécial et un outillage approprié.

GEORGES ROCHÉ.

Docteur ès-sciences.

LA MARINE MARCHANDE

PAR

L. PIAUD

INGÉNIEUR EN CHEF DU « BUREAU VERITAS »

VI. — LES MACHINES MARINES

Le travail très intéressant que M. Polonceau, ingénieur en chef à la Compagnie des chemins de fer d'Orléans, a lu au Congrès de mécanique appliquée, et qui a été déjà publié dans cette Revue, simplifiera notre tâche dans une large mesure, en ce qui concerne la construction des machines marines. Nous ne saurions en effet rien ajouter à l'historique qu'il a fait des modifications apportées depuis dix ans dans le régime de ces appareils, non plus qu'à l'exposé si précis des causes qui ont motivé ces changements ; nous nous bornerons donc à compléter la liste des machines dont M. Polonceau a donné la description, en y joignant un certain nombre de machines appartenant à des navires dont les modèles ont figuré à l'Exposition, ainsi que quelques appareils exposés séparément par leurs constructeurs.

M. Polonceau s'étant surtout attaché aux navires de guerre de construction récente qu'il a très complètement traités : nous nous occuperons uniquement ici des machines de la marine marchande en citant quelques spécimens des divers types en usage aujourd'hui.

A. — Machines à introduction directe.

Ce système à peu près abandonné depuis l'adoption des chaudières à haute pression, ne se retrouve plus guère que sur quelques navires à roues ; nous avons indiqué plus haut, à propos du steamer *Ireland*, les causes de la faveur dont il jouit pour ce genre de navires, faveur justifiée par d'excellents résultats.

Dans cet ordre d'idées, les machines oscillantes, qui sont les plus légères et les moins encombrantes, sont aussi le plus généralement employées : nous en

1. Voir première partie, page 329.

avons cité un exemple intéressant dans le paquebot *Ireland* (planches 57-58), dont la vitesse est voisine de 20 nœuds.

Les plans du navire que nous avons publiés permettent de se rendre compte, dans son ensemble, de l'installation de l'appareil moteur : nous y ajouterons quelques détails sur ses divers organes.

Les deux cylindres, qui reçoivent directement la vapeur des chaudières à une pression de 2 k., 10, ont un diamètre de 2^m, 60 et une course égale au diamètre. Les pistons portent des bagues hautes de 33 centimètres ; chacun d'eux est muni de deux tiges de 26 centimètres de diamètre reliés par une traverse attelée directement sur la manivelle de l'arbre. Ces deux tiges sont naturellement disposées dans un plan parallèle à l'axe longitudinal du navire. Les deux manivelles, placées à angle droit, ont 620 millimètres de diamètre.

Chaque cylindre est muni de deux tiroirs sur le côté, actionnés par coulisse et excentrique. La commande de changement de marche est faite par un servomoteur à frein hydraulique, placé à l'avant.

Le condenseur fonctionne par mélange ; il est placé verticalement entre les deux cylindres. Les pompes à air, au nombre de deux, sont à simple effet et à fourreau, conduites par des excentriques.

Afin de gagner de la place dans le sens vertical, on a supprimé la plaque de fondation : les bâtis en fonte qui supportent les tourillons des cylindres sont boulonnés directement sur de fortes carlingues. Les bâtis de l'arbre sont également en fonte et supportés par huit colonnes en fer forgé.

Les arbres, manivelles et tourillons sont en acier comprimé de Whitworth ; l'arbre est foré d'un trou de 30 centimètres environ.

Quelques pièces de cette machine, dont la puissance dépasse 6000 chevaux, sont d'un poids tout à fait anormal. Chaque cylindre, sans ses couvercles ni ses boîtes à tiroirs, pèse environ 32 tonnes ; le poids des deux tiges de chaque piston est de 4 tonnes, et celui des pistons eux-mêmes atteint 8 tonnes. Chaque tiroir pèse 1 tonne et quart. La ligne d'arbre pèse 47 tonnes, et chaque roue 55 tonnes. L'excentrique des pompes à air, y compris les barres et le collier, pèse plus de 10 tonnes.

La vapeur est fournie par 8 chaudières rectangulaires en acier, placées par moitié sur l'avant et sur l'arrière des machines, dans des compartiments entièrement clos en vue du fonctionnement au tirage forcé. Chaque chaudière est à quatre foyers. Elles sont timbrées à 2 k., 10, et présentent une surface de chauffe totale de 2110 mètres carrés environ.

On accède dans les chaufferies par un sas à air établi sus le pont principal. Chacune d'elles est desservie par deux ventilateurs également placés sur le pont principal, dans des niches demi-cylindriques étanches.

A l'allure de 27 tours par minute, la machine de l'*Ireland* a développé aux essais, par mer houleuse, 6337 chevaux, avec une pression de 1 k. 90 seulement aux chaudières.

B. — Machines compound à roues. « Calais-Douvres » et « Queen-Victoria »

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher de la machine à introduction directe de l'*Ireland* les appareils compound, construits par la Fairfield Shipbuilding Co pour des navires à roues ayant des dimensions analogues à celles de ce vapeur, et à peu près la même puissance motrice. Nous voulons parler des machines du *Calais-Douvres*, du *Queen-Victoria* et du *Prince-of-Wales*.

Ces machines (planches 72-73, et fig. 1 et 2 ci-après) construites sur le même modèle, diffèrent légèrement par leurs dimensions, car les deux derniers nommés de ces navires ont une puissance supérieure à celle du *Calais-Douvres*, mais leur agencement est identique.

Les machines se composent en principe de deux cylindres inégaux placés obliquement l'un au-dessus de l'autre : le cylindre de détente est incliné ; le cylindre d'admission est horizontal. Les têtes des deux bielles sont reliées à l'arbre par une manivelle en forme de Z qui remplit le même rôle que deux manivelles calées à 45°.

Sur le *Calais-Douvres*, le petit cylindre a 1^m,50 de diamètre et le grand cylindre 2^m,69. Leur course commune est de 1^m,83. La distance entre les plans verticaux passant par les axes des deux cylindres est de 66 centimètres. Le grand cylindre seul est muni d'une enveloppe de vapeur.

Les pistons sont en acier fondu.

Les tiroirs, placés sur le côté externe des cylindres, sont commandés par une coulisse du système ordinaire, avec changement de marche à frein hydraulique de Brown. Tous les organes mobiles, tiges, bielles, traverses, arbres, etc., sont en acier forgé : les arbres et les soies de manivelles sont creux.

Le condenseur est placé transversalement au-dessous de l'arbre, auquel il tient lieu de bâtis ; plus exactement, les coussinets intérieurs de l'arbre des roues sont portés par des paliers boulonnés à la partie supérieure des coquilles du condenseur et reliés à la plaque de fondation de la machine par des tirants obliques en acier.

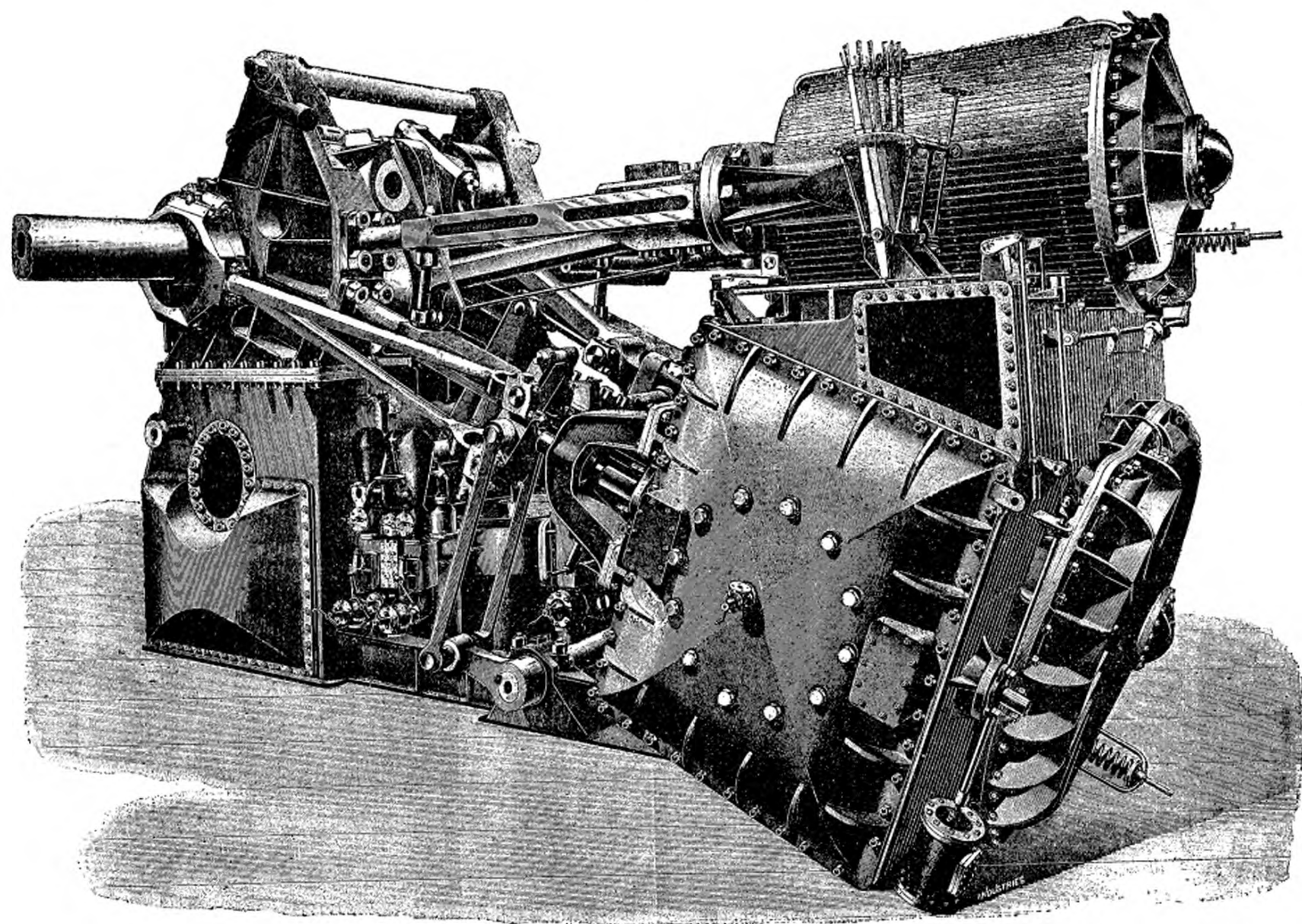


FIG. 1 — MACHINE DES TYPES « CALAIS DOUVRES », « QUEEN-VICTORIA », ETC.

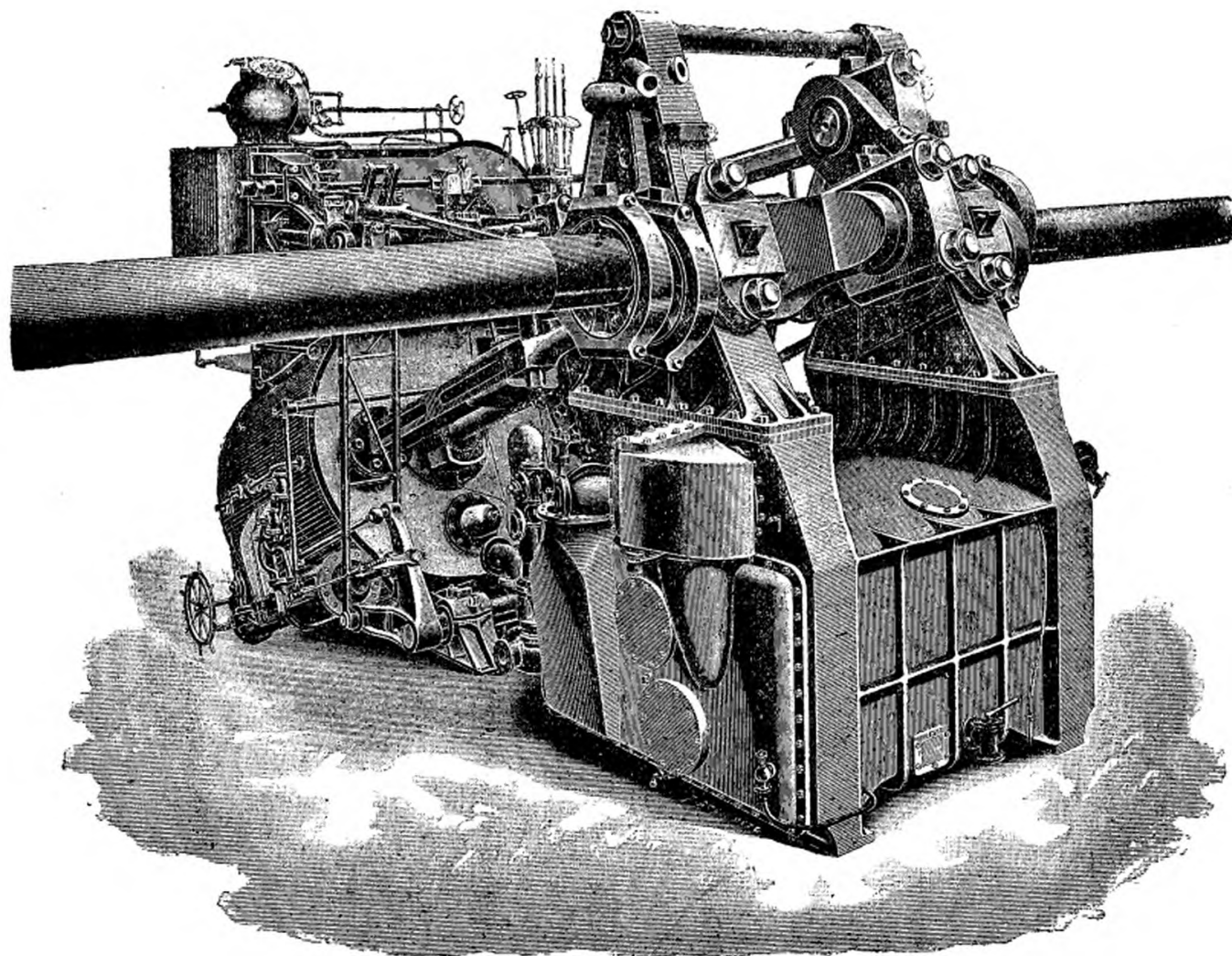


FIG. 2. — MACHINE DES TYPES « CALAIS-DOUVRES », « QUEEN-VICTORIA », ETC.

La pompe à air et les pompes de cale sont actionnées par un balancier conduit par la tige du grand piston. La circulation de l'eau de mer dans le condenseur est produite par une turbine actionnée par une machine séparée. L'alimentation des chaudières est assurée par des pompes Worthington également indépendantes de la machine principale.

La vapeur, comme nous l'avons dit, est fournie par quatre chaudières doubles, placées par paires sur l'avant et sur l'arrière des machines. Elles peuvent fonctionner au tirage naturel ou au tirage forcé ; dans ce dernier cas, l'air nécessaire à la combustion est insufflé par des ventilateurs dans les cendriers munis à cet effet d'une fermeture hermétique. Les chaudières timbrées à 7 k. 700 ont 4^m,036 de diamètre et 4^m,950 de longueur : elles portent chacune six foyers ondulés de 1^m,035 de diamètre. Elle sont en acier : les tôles de l'enveloppe ont une épaisseur moyenne de 19 millimètres ; elles sont à triple rivetage, les joints circonférentiels à recouvrements et les joints longitudinaux à double couvre-joint.

Ce type de machines présente un ensemble de dispositions très heureuses, et fonctionne dans d'excellentes conditions : il nous sera cependant permis d'y faire une critique de principe, qui n'aurait pas à être formulée si les dimensions des appareils étaient moindres. Il résulte de la disposition des cylindres qu'à certains moments de la course les deux pistons avec les pièces mobiles énormes qu'ils entraînent, marchent dans le même sens, et que leur poussée n'est équilibrée alors que par les chapeaux des coussinets de l'arbre ; si les boulons qui les maintiennent venaient à manquer, on aurait à redouter d'effroyables avaries, et en fait il est facile de constater pendant la marche des machines que ces coussinets supportent un effort et une usure considérables. Il aurait, à notre avis, été utile de les disposer d'une façon différente, et de modifier la construction des bâtis qui portent les coussinets, de manière à leur donner le maximum de solidité possible dans le sens de l'effort des pistons ; chacun des chapeaux de coussinets n'est tenu que par deux boulons : c'est bien peu si l'on tient compte de l'effort auquel ils sont soumis, non seulement par la pression de la vapeur, mais par l'inertie des pièces mobiles, qui ont une vitesse linéaire moyenne de 3^m,75 par seconde et un poids énorme.

« Ramesès » — « Amand-Dumeau »

M. Satre a adopté sur ses bateaux à roues, *Ramesès*, *Amand-Dumeau* et autres, une disposition plus encombrante en longueur, mais qui se prête à l'allure des bateaux à roues. Les deux cylindres inégaux qui composent le groupe woolf-

compound sont placés à la suite l'un de l'autre, dans un plan oblique passant par l'axe de l'arbre des roues. Sur le *Ramesès*, dont l'appareil est de 300 chevaux il y a un seul groupe de cylindres : sur l'*Amand-Dumoulin*, qui a une force de 750 chevaux, il y en a deux semblables et parallèles, ayant tous leurs organes distincts, sauf la mise en train qui est commune aux deux machines (pl. 74-75).

Cette mise en train, représentée sur la même planche, est assez particulière. Elle remplit un double but :

1° Manœuvrer la coulisse pour varier l'introduction dans les cylindres et obtenir le renversement de marche ;

2° Régler en même temps l'arrivée de l'eau d'injection dans le condenseur, proportionnellement au volume de vapeur à condenser.

A cet effet, la vapeur est admise dans le cylindre A du servo-moteur par l'ouverture d'un tiroir ordinaire manœuvré par le levier à main B. En même temps que ce tiroir, le levier B actionne la clef d'un robinet C (vue en plan) par l'intermédiaire d'une tige d. Lorsque le robinet C est ouvert, il met en communication les deux extrémités du cylindre E, qui est rempli d'huile ou de tout autre liquide réfractaire à la gelée.

Le levier de manœuvre B étant poussé en avant, les pistons A et E vont jusqu'à bout de course, et la coulisse Stephenson donne l'introduction maxima ; si le levier B est ramené sur l'arrière, la vapeur agit en sens inverse sur le piston A et le renversement de marche s'effectue.

Mais si au lieu de porter le levier d'avant en arrière, on l'arrête à la position milieu, la vapeur n'est plus admise dans le cylindre A, dont les deux moitiés au contraire communiquent avec l'échappement. Le piston A est alors maintenu rigoureusement immobile par la pression de l'huile incompressible sur les deux faces du piston E, le robinet C se trouvant fermé à cet instant.

La manœuvre à faire pour régler l'introduction de la machine consiste donc d'abord à déplacer la coulisse par un mouvement progressif du levier B, puis à la ramener brusquement à la position moyenne de manière à immobiliser les organes. La stabilité du système est ainsi obtenue dans toutes les positions de la coulisse par le fait de l'immobilité du piston à huile.

Le réglage de l'arrivée d'eau d'injection au condenseur résulte de ce que la tige du tiroir S de la boîte à injection est reliée au piston du servo-moteur, de manière que ce tiroir ferme les orifices lorsque le piston A est à mi-course, et les découvre au maximum lorsque le piston occupe une de ses positions extrêmes.

En cas de rupture d'une pièce du servo-moteur, le renversement de marche se fait à la main au moyen de l'écrou à poignées I qui entraîne le levier K.

L'ouverture des vannes dans les boîtes P, pour permettre l'arrivée de la vapeur au servo-moteur se fait au moyen de leviers indépendants.

C. — Machines compound à hélice.

M. Polonceau a publié des renseignements complets sur un très grand nombre de machines compound appartenant à des navires à hélice : nous n'insisterons donc pas sur ce sujet, si ce n'est pour décrire sommairement un type d'appareil compound très bien conçu, qui était exposé par MM. Daydé et Pillé, ingénieurs-constructeurs à Creil, et qui a été construit sur les plans de M. Bouron.

Trois de ces machines, de la force de 200 chevaux, sont en service sur des remorqueurs de la Société de Touage et Remorquage de l'Oise ; quatre autres, de la force de 40 chevaux, disposées exactement de la même manière, fonctionnent sur les bateaux de la C^{ie} de navigation de la Basse-Loire, et deux sur les bateaux de la C^{ie} des bateaux-omnibus de Rouen.

Nous donnons ci-dessous les dimensions comparées des principaux organes de ces appareils et planches 76-77 les plans du type de 40 chevaux.

	MACHINE de 200 chevaux	MACHINE de 40 chevaux
Diamètre du cylindre à haute pression.	0.380	0.215
— — à basse pression.	0.750	0.370
Course commune	0.400	0.220
Diamètre du piston de la pompe à air.	0.330	0.155
Course — —	0.228	0.138
Diam. du piston de la pompe de circulat.	0.290	0.135
Course — —	0.228	0.138
Diam. extérieur des tubes du condenseur.	0.020	0.020
Longueur entre plaques tubulaires . .	1.646	1.004
Nombre de tubes	500	155
Surf. refroidiss. des tubes et des plaques.	52 ^m q28	9 ^m q95
Nombre de tours de la machine. . . .	150	250
Force en chevaux de 75 kilogrammètres,	200 chev.	40 chev.
Pression maximum dans le cylindre H.P.	8 kil.	6 kil.
Détente maximum	1 à 12	1 à 10
— minimum	1 à 7	1 à 6
Diamètre de l'hélice	1 ^m 800	1 ^m 000
Pas de l'hélice	2 ^m 400	1 ^m 400
Poids total de la machine	10.000 kil.	2.100 kil.
— par cheval	50 kil.	52 kil.
Surface totale occupée	3 mètres carrés	1 mètre carré

Ces machines, très simplement construites, sont aisément accessibles dans toutes leurs parties : les commandes des pompes, de même que toutes les pièces en mouvement, sont à portée de la main et facilement visitables. Grâce à la disposition des organes, l'encombrement de la machine est très réduit.

Les deux cylindres sont munis d'enveloppes recevant directement la vapeur des chaudières. Les tiroirs sont équilibrés et leur poids mort compensé à l'aide d'un petit piston placé sur le prolongement de leur tige.

Tous les coussinets et pièces frottantes sont en bronze phosphoreux, les pièces forgées en acier doux, sauf les coulisses de changement de marche qui sont en fer.

Les garnitures des presse-étoupes sont métalliques.

M. Polonceau a donné dans le tableau numéro 11, annexé à son étude, les éléments principaux d'un certain nombre de machines compound construites depuis 1878. Nous compléterons ses indications, en ce qui concerne les paquebots de la Compagnie Transatlantique *La Bourgogne* et *La Gascogne*, en donnant (planches 78-79) une vue d'ensemble de ces appareils et leur installation à bord.

D. — Machines à triple expansion.

Nous parlerons en premier lieu de celles qui ont été exposées soit en nature soit en modèle, par MM. Henri Satre, Brissonneau, Déroutte et Farcot, et par les Messageries Maritimes.

M. Satre exposait le modèle d'une machine à triple expansion de 2 500 chevaux dont les dimensions sont les suivantes :

Diamètre du cylindre à haute pression . . .	0 ^m 800
— — à moyenne pression . . .	1 250
— — à haute pression . . .	2 000
Course commune des pistons . . .	1 200
Pression de la vapeur . . .	10 kil.

Cette machine, avec manivelles à 120 degrés, est bien groupée, toutes les pièces en mouvement sont très accessibles, — les pompes à air et de circulation ainsi que la pompe de cale et la pompe alimentaire sont commandées par un balancier dont le mouvement est pris sur le cylindre à moyenne pression. La distribution, système Klüg, avec un seul excentrique, réduit au minimum les organes de changement de marche, donne une bonne distribution de la vapeur, et n'exige qu'une faible course d'excentrique.

Nous donnons, planche 80-81, les dessins d'une machine du même type,

de 300 chevaux seulement, qui permettront de se rendre compte de l'agencement très pratique adopté par M. Satre.

MM. Brissonneau, Deroualle et Lotz, constructeurs à Nantes, exposaient une petite machine à triple expansion de 80 chevaux, construite sur les plans de M. Bouron, et dont la disposition est intéressante surtout en ce qu'elle se prête d'une manière très pratique à la transformation des machines compound en machines à triple expansion. (Planches 82-83).

Il y a deux cylindres d'admission placés en tandem, l'un au-dessus du cylindre moyen, l'autre au-dessus du grand cylindre. Les tiroirs de ces deux petits cylindres sont conduits chacun par un balancier articulé sur la tête de la tige conduisant le tiroir du cylindre inférieur correspondant, ce qui a l'avantage de réduire à la fois les espaces morts et la course des tiroirs d'admission.

On retrouve dans cette machine les mêmes arrangements de pompes et les mêmes dispositions générales que dans les machines compound de MM. Daydé et Pillé; et on peut remarquer que ces dernières se ramèneraient très aisément au type qui nous occupe actuellement par le seul changement des couvercles des cylindres, avec lesquels, dans la machine de MM. Brissonneau, Dérroualle et Lotz, les deux cylindres d'admission font corps. Cette solution du problème de la transformation des anciennes machines compound est très ingénieuse et présente le grand avantage de ne pas augmenter l'encombrement de l'appareil moteur.

M. Joseph Farcot exposait dans la Galerie des Machines deux appareils à triple expansion, avec régulateur de vitesse, dont la disposition caractéristique consiste dans l'emploi d'un servo-moteur hydraulique pour les manœuvres de changement de marche.

La plus petite développe 150 à 200 chevaux, à l'allure de 200 tours; le cylindre à haute pression est placé entre les deux autres, avec son tiroir faisant face à la machine.

Les trois cylindres, avec leurs boîtes à tiroirs et les réservoirs de vapeur sont fondus en une seule pièce; ils n'ont pas d'enveloppes de vapeur. Ils sont portés en avant par deux colonnes, en arrière par des bâtis ordinaires.

Les tiroirs sont équilibrés au moyen d'une disposition qui consiste à établir sur le dos du tiroir une surface de frottement identique à celle du cylindre lui-même, munie d'orifices égaux à ceux du cylindre et dans lesquels la pression est la même que dans ces derniers. Les tiges des tiroirs portent à leurs extrémités des ressorts destinés à contrebalancer les effets de l'inertie. La vapeur est admise par l'intérieur des tiroirs, ce qui supprime toute pression sur les parois et les couvercles des boîtes à tiroirs.

Le mécanisme de changement de marche, ainsi que le système du régulateur, sont entièrement nouveaux et méritent une mention spéciale. Le tiroir du cylindre à haute pression est conduit par une distribution du système Solms,

qui consiste (fig. 3) en une tige *a* articulée vers le milieu de la barre d'excen-

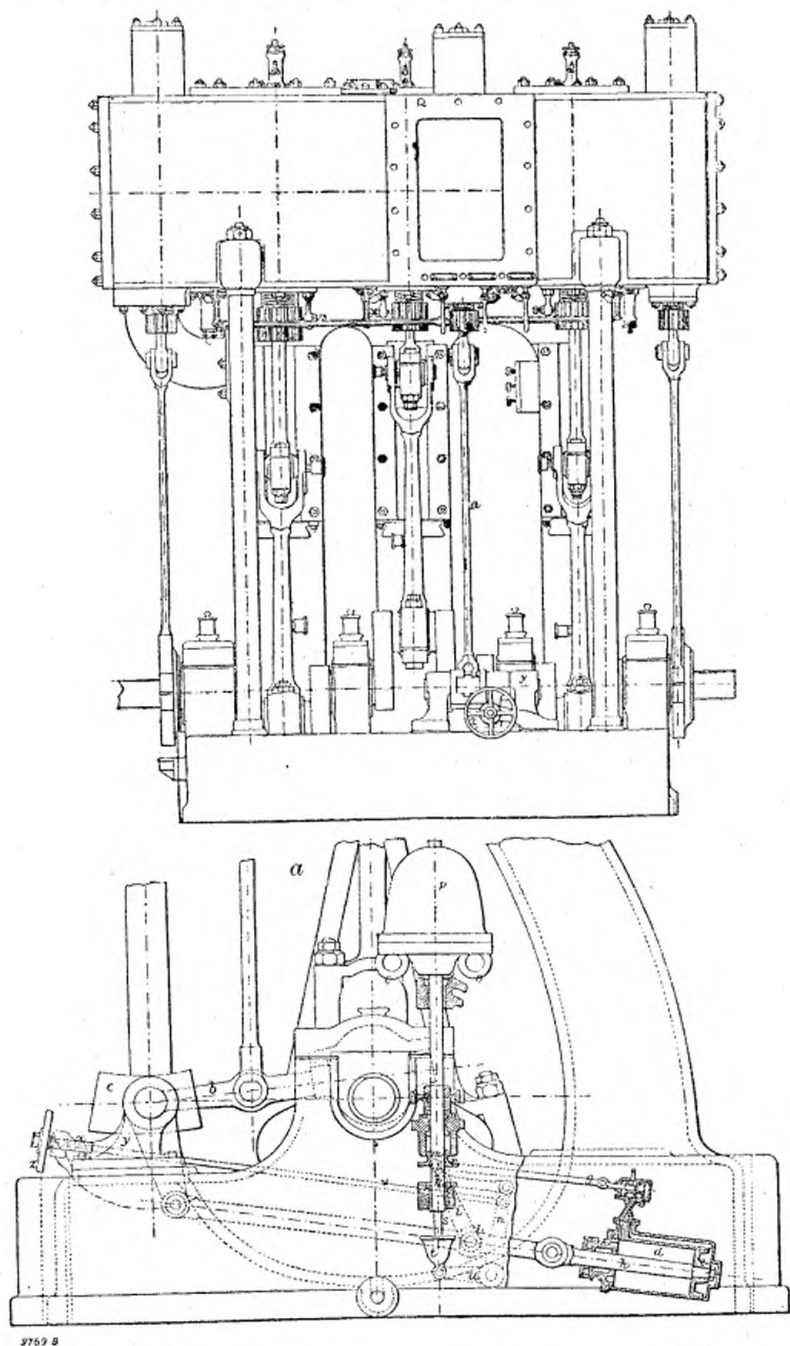


FIG. 3 — MACHINE FARCOT A TRIPLE EXPANSION

trique *b* dont l'extrémité libre se meut dans un coulisseau *c* à inclinaison variable. Ce sont les variations de position de cette pièce que produit le servo-

moteur auquel nous avons fait allusion, et qui fonctionne de la manière suivante.

Dans un cylindre *d*, fixé au bâti, se meut un piston *e* sur lequel l'eau comprimée vient agir par le jeu du petit tiroir cylindrique *f*. La tige *h* du piston et la tige *g* du tiroir sont reliées aux extrémités d'une barre *i* qui porte trois articulations : l'articulation intermédiaire *k* est en relation avec le régulateur ; l'articulation *l*, à la partie inférieure, suit le mouvement du piston du servo-moteur, et la troisième, *m*, est reliée au tiroir. Il en résulte que si le régulateur s'abaisse, le levier *n* appuie sur la barre *i* et fait mouvoir le tiroir ; l'eau étant alors introduite derrière le piston, celui-ci se déplace et par son mouvement referme le tiroir jusqu'au moment où l'équilibre est atteint.

Le régulateur est constitué par un pendule à bras croisés, dans lequel les boules sont remplacées par des roulettes en acier *o* supportant le contrepoids *p*. Cette forme permet la suppression des bras inférieurs du losange, réduit le frottement et augmente la sensibilité de l'appareil. Le régulateur est conduit par des pignons hélicoïdaux dont l'un est monté sur l'arbre de la machine.

À l'extrémité inférieure, la tige *s* agit par l'intermédiaire de la crapaudine annulaire *t* sur un mouvement de sonnette *u* dont la seconde branche *n* actionne la barre *i* du servo-moteur ; une tige *v* articulée sur le levier *n* porte à son autre extrémité une vis *x* dont l'écrou est fixé au support du coulisseau. Cet écrou porte un volant *z* sur lequel sont gravées les indications *stop* et *marche* ; en tournant ce volant, on lève ou on abaisse le régulateur, et le servo-moteur se déplace dans le sens voulu.

Cette disposition réduit au minimum les mouvements pour la mise en marche de la machine, et permet de la faire commander du pont par l'intermédiaire d'un levier et une transmission de mouvement.

Les tiroirs du cylindre moyen et du grand cylindre sont placés en bout et commandés directement par excentriques ; la détente est fixe dans ces cylindres, tandis que dans le cylindre à haute pression l'admission varie de 0 à 65 % de la course.

Dans la seconde machine exposée par M. Farcot, et dont le dessin a été prévu pour des puissances comprises entre 250 et 400 chevaux, les cylindres sont munis tous trois d'une enveloppe de vapeur ; ils sont portés en avant par deux colonnes en acier, et en arrière par trois bâtis creux ; le bâti du cylindre à haute pression sert de bêche au condenseur, et celui du cylindre moyen constitue un réservoir d'eau sous pression pour la manœuvre du servo-moteur : le troisième établit la communication entre le cylindre à basse pression et le condenseur ; il est muni d'un tuyau d'injection de manière à pouvoir servir à l'occasion de condenseur par mélange.

On peut remarquer déjà dans cet arrangement une utilisation extrêmement ingénieuse de pièces qui dans la plupart de machines constituent un poids mort sans autre utilité que de porter les cylindres.

Le principe de la manœuvre des tiroirs est le même que dans la machine précédemment décrite, mais ici il y a deux servo-moteurs au lieu d'un. L'un actionne le tiroir du cylindre à haute pression ; le second commande les tiroirs des deux autres cylindres. Les détails de l'installation sont en outre assez différents de ce que nous venons de voir.

Le régulateur de vitesse est constitué par un piston se mouvant dans un cylindre, et recevant sur la face inférieure la pression constante d'une colonne d'eau ou d'un ressort, tandis que sa face supérieure est soumise à la pression d'une colonne d'eau refoulée par une petite pompe centrifuge mue par la machine, à travers un orifice dont la section peut se régler à volonté. De cette façon, toute variation dans la vitesse produit une variation dans l'allure de la pompe et par suite un déplacement du piston du régulateur. Celui-ci agit comme dans le cas précédent sur les tiroirs des servo-moteurs, pour changer la durée d'admission de la vapeur aux cylindres. Tous les organes sont combinés de telle sorte que pour les petites variations de vitesse le servo-moteur correspondant au cylindre à haute pression agisse seul, tandis que la régulation des deux autres cylindres n'est modifiée que si le régime de la haute pression a subi un changement considérable.

Ces deux machines, comme on le voit, présentent un ensemble de détails très ingénieux, dans lesquels l'application du principe de l'asservissement, découvert comme on le sait, par M. Farcot, joue un grand rôle ; le nouvel emploi qui en est fait n'est pas moins intéressant que ceux qui l'ont procédé, et ajoute une invention de plus à l'actif de ces éminents constructeurs.

Messageries Maritimes.

La Compagnie des Messageries maritimes exposait un modèle très complet des machines à triple expansion de l'*Australien*, dont M. Polonceau a résumé les éléments principaux (tableau n° III). Nous en donnons les plans complets planches 84 à 87.

Les cylindres sont placés à la suite, avec tiroirs établis transversalement ; le cylindre à haute pression, soumis à une température élevée, est entièrement séparé des deux autres, de manière à éviter les déformations qui pourraient résulter de sa dilatation.

Le cylindre d'admission a une détente à course variable ; son tiroir est indépendant de la mise en train générale, et suivant une pratique courante aux Messageries maritimes, on fait fonctionner la machine comme machine à deux cylindres pour les manœuvres et la marche en arrière. A cet effet, un tuyau spécial

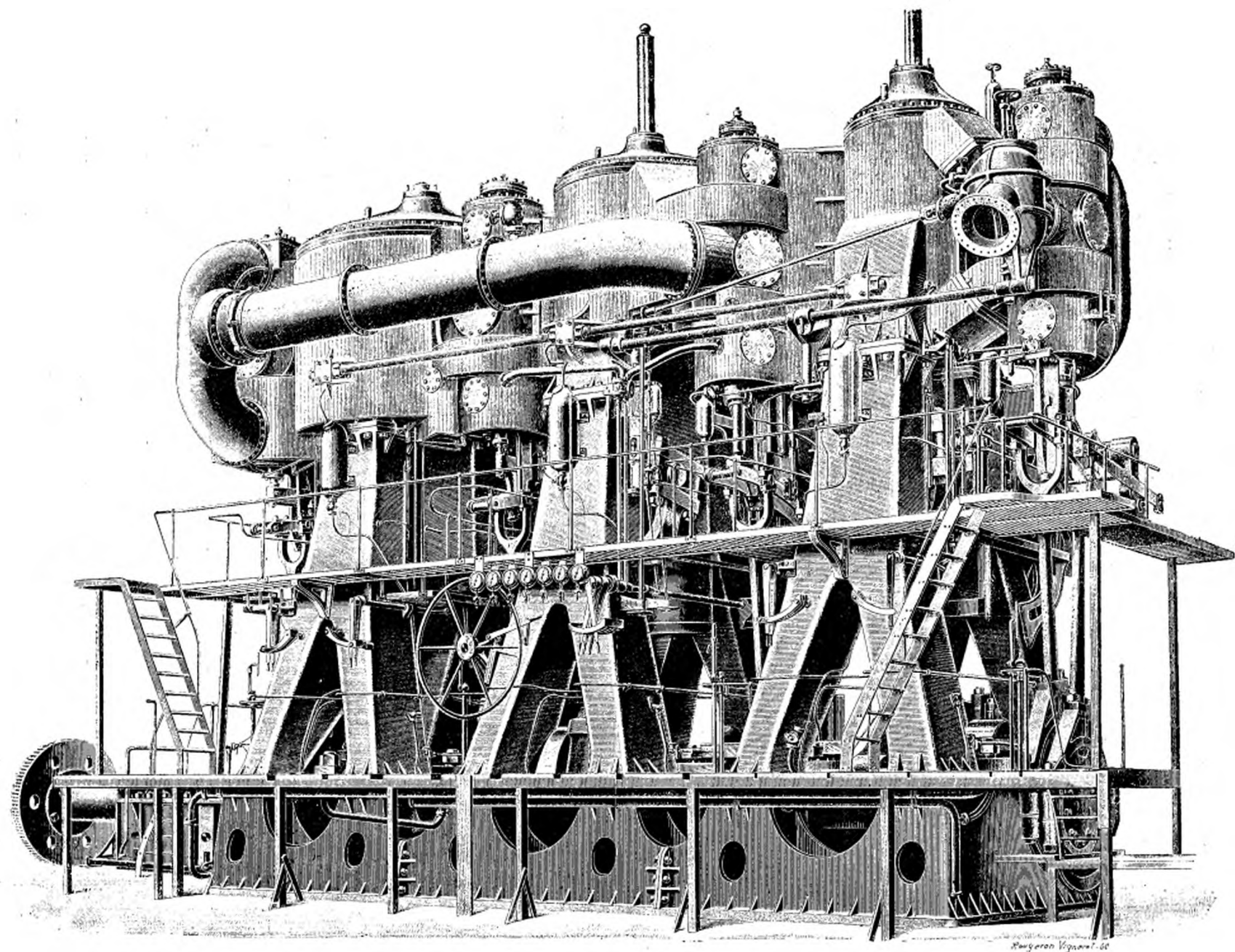


FIG. 4 — MACHINE DU « CITY-OF-PARIS »

permet d'introduire directement la vapeur des chaudières dans la boîte à tiroirs du cylindre moyen. Celui-ci a une détente et un tiroir ordinaires ; le grand cylindre a deux tiroirs, de manière à doubler la section des orifices sans augmenter outre mesure les dimensions des organes.

Les tiroirs sont conduits par une distribution à excentrique unique, dont les plans (planches 84 à 87) montrent le principe.

L'échappement du grand cylindre se fait dans deux condenseurs égaux, faisant corps avec les bâtis des cylindres extrêmes.

Les manivelles sont calées à 120° .

La tige du piston milieu reçoit les balanciers de conduite de la pompe à air, mais ces balanciers actionnent deux pompes à la fois à l'aide d'un renvoi de mouvement ; les pompes de cale et pompes alimentaires sont conduites par un autre balancier relié à ce renvoi de mouvement. Les pompes de circulation sont menées par un moteur séparé.

La pression de régime des machines de l'*Australien* est de 12 kilogrammes ; elles reçoivent la vapeur d'un groupe d'appareils Belleville timbrés à 16 kilogrammes et munis de détendeurs.

A côté du modèle des machines de l'*Australien* se trouvait celui d'un joint universel établi sur la ligne d'arbres de ce même navire ; sa disposition entièrement nouvelle permet une déformation sensible des arbres sans que la machine en soit influencée.

Enfin la Compagnie exposait le modèle du palier de butée du *Portugal*, à collets mobiles, comme ceux de tous les grands paquebots de construction récente.

Cette disposition a l'avantage de décomposer la surface frottante du palier de butée en un grand nombre d'éléments isolés ; facilement démontables et d'un poids modéré ; l'entretien du palier est rendu par là beaucoup plus facile.

Paquebots transatlantiques.

M. Polonceau ayant donné la description et les plans des machines de la *Touaine* et de l'*Eugène Péréire*, nous n'avons rien à ajouter aux renseignements contenus dans son étude en ce qui concerne les machines à triple expansion des nouveaux paquebots de la Compagnie Transatlantique.

Nous donnons (fig. 4 et 5) une vue d'ensemble de l'une des machines du *City-of-Paris*, et figures 6 et 7 une vue de l'une des machines de la *Normannia*, telles que les a publiées l'*Engineering* ; ces dessins suffiront à donner une idée de la grandeur et de la disposition de ces puissants appareils, dont nous avons donné ailleurs les éléments principaux, mais nous regrettons de ne pouvoir mettre sous

les yeux du lecteur les plans complets de leur construction. Les machines de la *Touraine* donnent d'ailleurs une idée assez exacte de ce que sont celles des autres grands paquebots transatlantiques, qui ont entre elles beaucoup de points communs.

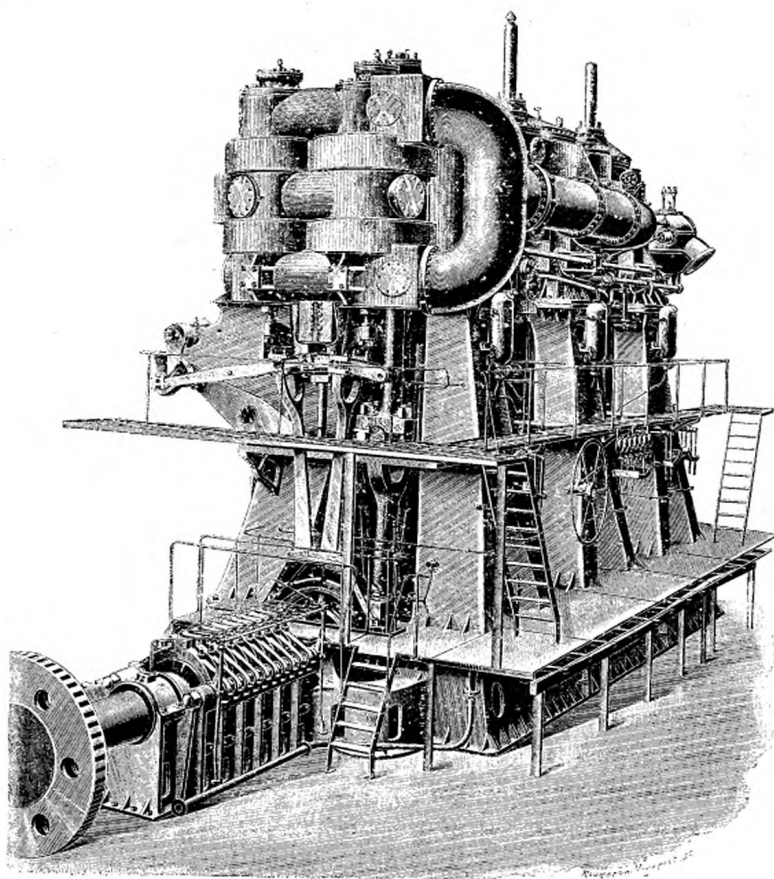


FIG. 5. — MACHINES DU "CITY-OF-PARIS"

Nous citerons en particulier, comme constituant une nouveauté admise dans presque tous les cas, l'emploi des tiroirs cylindriques au lieu des tiroirs plats, à coquille ou en D, généralement employés sur les machines de dimensions modérées. L'avantage des tiroirs cylindriques, c'est qu'ils sont naturellement équilibrés et présentent avec un moindre encombrement, par suite avec un moindre poids, un plus grand développement d'orifices que les tiroirs plats. Ils sont donc tout indiqués pour les machines à rotation rapide à grands orifices et à haute

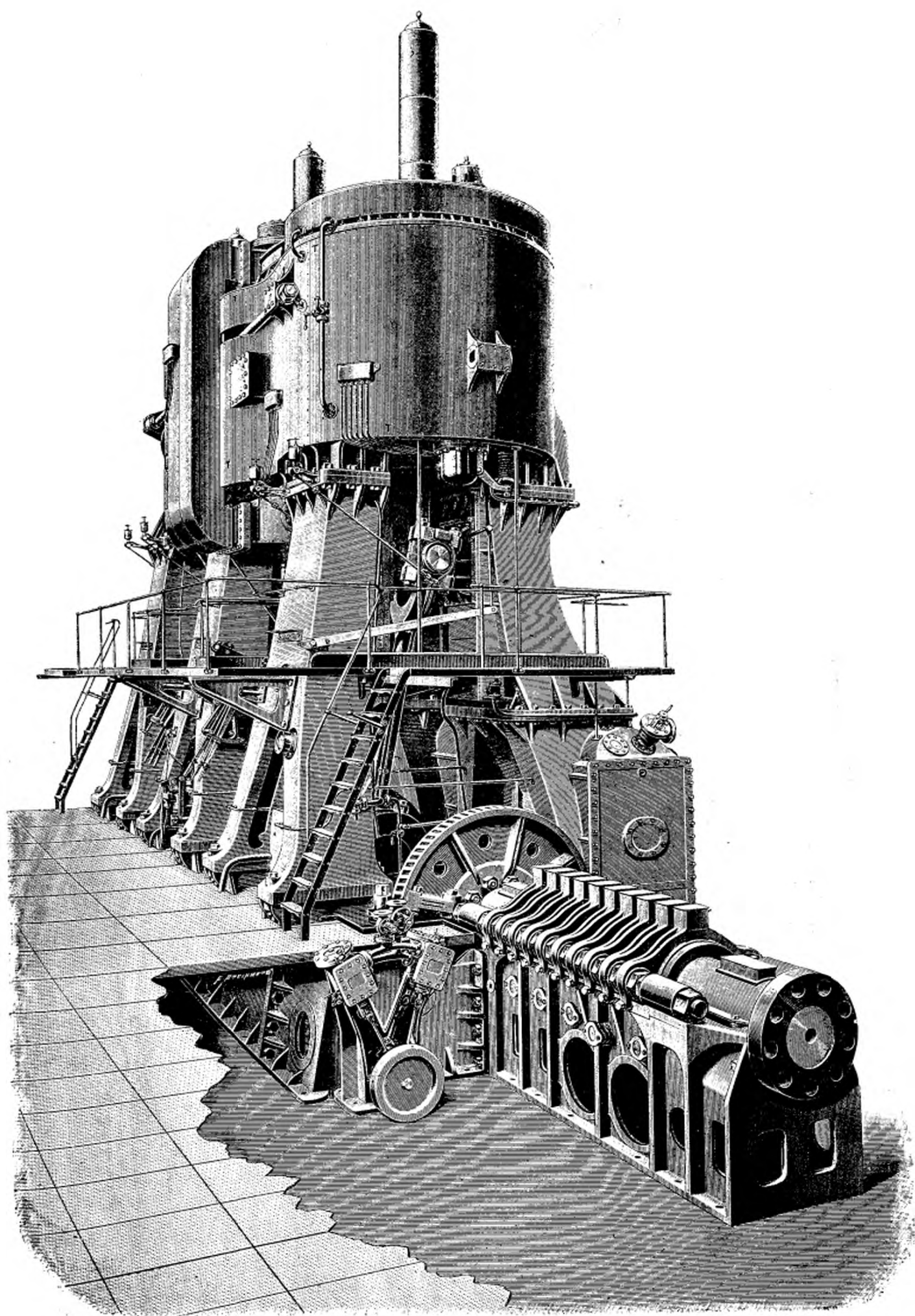


FIG. 6. — MACHINES DE LA " NORMANNIA "

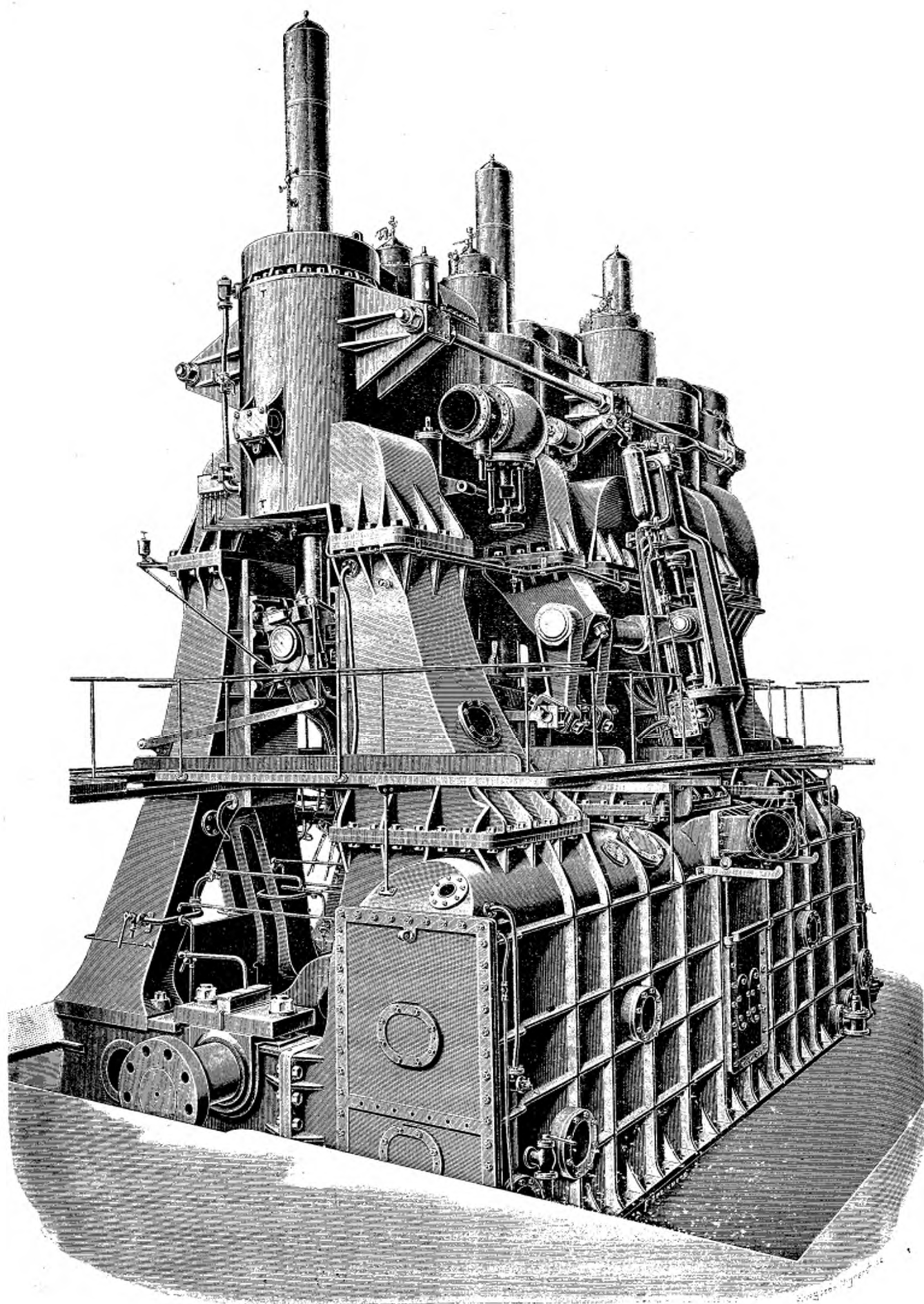


FIG. 7. — MACHINES DE LA " NORMANNIA "

pression : aussi les emploie-t-on presque toujours aujourd'hui sauf pour les cylindres à basse pression, où l'on conserve, comme dans la *Touraine* par exemple, le tiroir ordinaire qu'on est le plus souvent obligé de doubler pour obtenir une section de passage convenable.

Les nouvelles distributions Joy, Marshall, etc., exigeant des tiroirs équilibrés, entraînent presque forcément l'emploi des tiroirs cylindriques qui remplacent avantageusement les anciens tiroirs à compensateurs et assurent une meilleure étanchéité.

Chargeurs Réunis.

Nous terminerons cette série de machines à triple expansion par celles du *Paraguay* de la Compagnie des Chargeurs Réunis, construites par les ateliers et chantiers de la Loire (Planches 88-89).

Les trois cylindres, avec boîtes à tiroir, sont fondus à part, ce qui présente un avantage au point de vue des réparations. Ils sont munis d'enveloppes de vapeur avec chemise intérieure rapportée.

Le tiroir du cylindre d'admission est cylindrique et placé dans l'axe de la machine, entre le cylindre d'admission et le moyen cylindre. Les deux autres tiroirs sont plans, compensés par des ressorts, et se trouvent placés obliquement en avant de leurs cylindres respectifs.

Le condenseur est encastré dans les bâtis. Il est muni de deux pompes à air conduites par des balanciers articulés sur la tête des tiges de pistons. A l'une des pompes à air sont accolées deux pompes alimentaires, à l'autre deux pompes de cale, conduites par les mêmes balanciers.

Les tiroirs sont conduits par un mouvement à excentrique unique, du genre Marshall ; la barre d'excentrique est articulée vers le milieu de sa longueur sur une bielle reliée à l'arbre de relevage et qui permet de modifier la position initiale de la tige du tiroir en même temps que l'amplitude de sa course. On obtient les différentes régulations par le jeu d'une série de leviers dont le dernier est articulé sur la tête d'une tige filetée qui se déplace dans un écrou manœuvré au moyen d'un volant.

L'effort à faire sur ce volant est réduit au minimum par l'adjonction d'un cylindre à vapeur dans lequel se meut un piston porté par la tige filetée : le premier tour du volant a pour effet d'ouvrir le tiroir de ce cylindre et d'y introduire la vapeur en-dessus ou en-dessous suivant le sens de la rotation du volant ; à partir de ce moment, c'est la vapeur qui relève ou abaisse la tige, et la main agissant sur le volant n'a qu'à faire tourner l'écrou pour permettre ce mouve-

ment : le mécanicien ne fait en réalité que le simulacre de manœuvrer la mise en train, tandis que c'est la vapeur qui agit effectivement.

Ce dispositif très simple est une variante du système adopté par les Forges et Chantiers de la Méditerranée sur un grand nombre de machines.

Nous donnons ci-dessous le résumé des principaux éléments de la machine du *Paraguay* :

Diamètre du petit cylindre	0.700
— du moyen cylindre.	1.155
— du grand cylindre.	1.820
Course des pistons.	1.200
Nombre de tours	{ en service . . . 60
	{ en vitesse . . . 67
Introduction dans le petit cylindre.	{ en service . . . 0.525
	{ en vitesse . . . 0.650
Introduction dans le moyen cylindre.	{ en service . . . 0.510
	{ en vitesse . . . 0.610
Introduction dans le grand cylindre.	{ en service . . . 0.534
	{ en vitesse . . . 0.670
Diamètre des arbres coudés.	0.360
— des tiges de pistons	0.160
Nombre des pompes à air	2
Diamètre des pompes à air	0.580
Course des pistons.	0.750
Surface de condensation.	337 ^{m²}
Nombre de pompes alimentaires.	2
Diamètre —	0.105
Course des pistons.	0.750
Nombre de pompes de cale	2
Diamètre —	0.105
Course des pistons	0.750

Distribution Joy.

Dans un certain nombre des machines que nous venons de passer en revue, nous avons trouvé pour la conduite des tiroirs des systèmes assez différents de la classique coulisse de Stephenson, dont l'emploi tend à se restreindre à cause de la complication qu'entraîne la présence de deux barres d'excentrique à chaque tiroir et la nécessité de placer les tiroirs dans l'axe même de la machine.

L'appareil moteur du *Paraguay*, en particulier, montre bien les facilités que donne l'emploi d'un excentrique unique, puisque les tiroirs sont dans des positions tout à fait différentes, et peuvent néanmoins être commandés par un

seul appareil de mise en train. On a même depuis longtemps cherché à se passer entièrement d'excentrique et, dans cet ordre d'idées, le dispositif le plus employé est celui de Joy, dont la section anglaise de la classe 65 contenait toute une série d'exemples s'appliquant à des machines des types les plus variés. Près de 800 locomotives et des machines marines représentant environ 200 000 chevaux de force sont munies de ce système de distribution dont nous devons dire ici quelques mots.

En principe, la tige du tiroir est conduite par un point d'une barre dont une extrémité est fixe, dont l'autre oscille dans une coulisse à calage variable et dont un point intermédiaire est relié à la bielle du piston à vapeur. En pratique, la barre intermédiaire est menée de la manière suivante : en un point de la grande bielle convenablement choisi, s'articule une tringle placée à l'opposé du mouvement du tiroir, et dont le pied s'articule lui-même au bout d'un bras oscillant ; c'est alors, non pas sur la bielle même, mais sur la tringle, qu'est articulée la barre intermédiaire. Cette disposition réduit la course du point qui conduit le tiroir.

Ce système, ainsi que quelques autres fondés sur un principe analogue, permet de placer les tiroirs en dehors du plan diamétral de la machine, ce qui en facilite la visite et réduit en même temps l'encombrement de la machine dans le sens de la longueur ; ce sont là des avantages sérieux qui justifient pleinement la faveur dont jouissent les mécanismes de distribution sans excentrique.

E. — Machines à quadruple expansion.

On a construit dans ces dernières années, un certain nombre de machines à quadruple expansion ; les premiers succès de la triple détente engagèrent certains constructeurs à faire, sans attendre davantage, un nouveau pas en avant, mais cet élan n'a pas été de longue durée, et la question ne paraît pas encore entièrement mûre. Il est facile de le comprendre si l'on se reporte au principe même qui a motivé l'emploi des machines à triple expansion ; par le fractionnement de la détente, on a cherché à utiliser entièrement la haute température, ce qui revient à dire la haute pression à laquelle on a réussi à produire la vapeur dans les chaudières de construction récente, et on y est parvenu dans des conditions aussi satisfaisantes que possible. Mais les chaudières marines ordinaires du type cylindrique à retour de flamme, qui sont généralement employées, ne paraissent pas se prêter facilement à l'obtention de pressions dépassant 11 à 12 kilogrammes ; il en résulte que l'utilité de fractionner encore la

détente par l'adjonction d'un quatrième cylindre n'est pas évidente et ne le deviendra que le jour où la pression de régime sera couramment portée à 14 ou 15 kilogrammes. On y arrive déjà, il est vrai, avec certains types de chaudières à volume d'eau réduit, dont nous parlerons dans le prochain chapitre, mais il est à remarquer que ces chaudières sont assez peu employées en dehors de la France et que même dans notre pays on n'utilise pas généralement le maximum de pression qu'elles peuvent fournir. En résumé, la machine à quadruple expansion, dans l'état actuel des constructions, ne donne pas d'avantages sérieux au point de vue de l'économie de combustible; ou du moins les avantages qu'on en retire sont compensés par une complication gênante des organes; dans les machines à triple expansion à trois cylindres consécutifs, on obtient, par la disposition des manivelles à 120°, une très grande régularité dans le couple moteur; avec quatre cylindres, on est presque nécessairement conduit à un groupement qui ramène le nombre des manivelles à deux comme dans les machines compound, ou à trois comme dans la triple expansion: il n'y a donc pas non plus de bénéfice à chercher de ce côté.

Quoi qu'il en soit, on a construit et on continue à construire des machines à quadruple expansion: la classe 65 en contenait des spécimens fort intéressants.

MM. William Denny et C^e exposaient un modèle merveilleusement exécuté de la machine à quadruple expansion du steamer *Buenos-Ayres* construit en 1887 dans leurs chantiers pour la Compagnie Transatlantique de Barcelone. Nous donnons, planche 89 bis, les dessins de cette machine, qui présente un grand nombre de dispositions intéressantes.

Elle est formée de deux groupes de cylindres disposés en tandem dans l'ordre de leurs diamètres. Les constructeurs ont évité le double presse-étoupe qu'on rencontre ordinairement entre les deux cylindres d'une même paire, sur la tige commune aux deux pistons, et la difficulté qu'on éprouve à visiter le cylindre inférieur sans démonter celui de dessus, les tiroirs, le tuyautage, etc. Dans ce but, on remarquera qu'il n'y a ni tiroirs ni tuyaux de vapeur sur le corps du cylindre supérieur: les boîtes à tiroirs des cylindres haut et bas sont fixées au corps du cylindre inférieur. Le nombre de presse-étoupes et le même que dans une machine compound et la séparation des deux cylindres est obtenue simplement par une garniture métallique que traverse la tige de piston.

Dans ces conditions, le cylindre supérieur, complètement dégagé de tout accessoire, peut être enlevé presque aussi facilement qu'un couvercle ordinaire de cylindre; mais cette opération même est inutile la plupart du temps, car le couvercle du cylindre inférieur est muni de portes de visite; il en est de même du fond du cylindre supérieur, afin de permettre l'inspection et le changement des garnitures métalliques.

Les pistons sont en acier fondu de faible épaisseur, en forme de cône: le

piston supérieur est concave vers le haut, et le piston inférieur convexe, ce qui donne entre les deux cylindres l'espace nécessaire pour les portes dont nous venons de parler, sans augmenter la hauteur de la machine.

Les tiroirs des cylindres supérieurs sont cylindriques; ceux des cylindres inférieurs sont plans à doubles orifices : chaque paire de tiroirs est renfermée dans une boîte unique.

Il n'y a qu'un tiroir pour chacun des cylindres de la paire avant; il y en a deux pour ceux de la paire arrière; et leurs tiges sont réunies par une traverse au-dessous des presse-étoupes. Le démontage des tiroirs cylindriques se fait par le couvercle de la boîte : les tiroirs plans peuvent se dégager de leur tige sans la démonter, et se retirer de la boîte par le côté.

Le poids de chaque paire de tiroirs est compensé par un moyen aussi simple qu'ingénieux : la moitié supérieure du tiroir cylindrique a un plus grand diamètre que la moitié inférieure, et comme la vapeur arrive au milieu de sa hauteur, elle agit sur la surface plus grande de l'anneau supérieur et équilibre ainsi, au moins pour une bonne part, le poids des organes.

Il est facile de se rendre compte du trajet de la vapeur dans cette machine : elle arrive des chaudières dans la couronne annulaire qui sépare les deux anneaux du tiroir à haute pression, de telle sorte que les seules parties de la machine soumises à la pression des chaudières sont une petite surface de la boîte du tiroir d'admission et le cylindre à haute pression. L'échappement de celui-ci se fait dans la boîte à tiroir, qui sert de réservoir à vapeur; cette disposition a l'avantage d'éviter une chute de pression inutile dans le cylindre d'admission. Du second cylindre, la vapeur passe dans un réservoir qui l'entoure et se rend de là à la seconde paire de cylindres dans lesquels elle est distribuée d'une manière analogue.

Les dimensions principales de la machine du *Buenos-Ayres* sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre	0 ^m 812
— du 2 ^e cylindre	1 181
— du 3 ^e cylindre	1 638
— du grand cylindre.	2 336
Course commune	1 524
Pompes à air verticales à simple effet	{ nombre . . . 2
	{ diamètre . . . 0 660
	{ course . . . 0 609
Pompes de circul. vert. à double effet	{ nombre . . . 2
	{ diamètre . . . 0 368
	{ course . . . 0 609
Puissance indiquée.	4 300 chev.

Le type de la machine que nous venons de décrire est dû à M. Walter Brock. Il se prête facilement à la transformation des machines compound en quadruple

expansion, et cette opération a été faite sur un certain nombre d'appareils. Au moment de l'Exposition, une trentaine de machines similaires étaient en service ou en construction.

La machine du *Buenos-Ayres* est alimentée par des chaudières dont la pression de régime est de 12^k,600 ; elle a, dit-on, réalisé une économie de 6 à 8 % sur la consommation moyenne des machines à triple expansion de force équivalente.

MM. Fleming et Ferguson, dont nous avons plus haut cité les dragues marines, exposaient les photographies d'une machine à quadruple expansion qu'ils ont fait breveter et qui est conçue dans un ordre d'idées tout différent. A l'inverse de ce que nous avons vu dans la machine du *Buenos-Ayres*, les quatre cylindres sont dans un même plan horizontal, aux sommets d'un quadrilatère à l'intérieur duquel se trouvent les tiroirs (fig. 8, 9 et 10). Ils sont accouplés par deux sur une même manivelle.

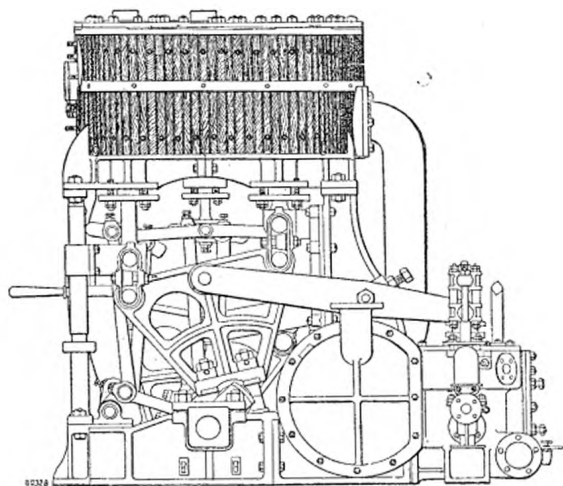


FIG. 8

Comme les tiges des pistons ne sont pas dans le même plan que l'arbre, on a remplacé pour chaque paire de cylindres les bielles par une pièce triangulaire en acier fondu (fig. 8), dont le sommet inférieur porte un coussinet embrassant la manivelle de l'arbre, et dont les deux sommets supérieurs sont reliés chacun à la tige de piston correspondant par une bielle courte : cet ensemble est complété

par un bras articulé par une extrémité sur les bâtis, et par l'autre au milieu de l'arête supérieure de la pièce triangulaire en question. — (Dans la machine

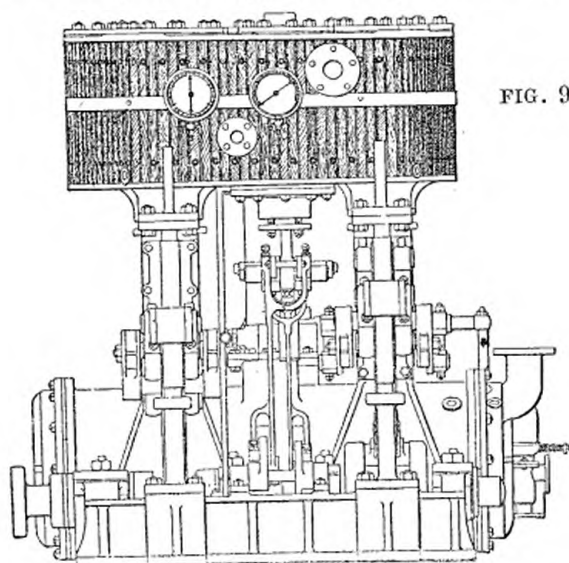


FIG. 9

dont nous donnons le dessin, ce bras se prolonge au-delà du bâtis et conduit les pompes). On remarquera que les deux pistons d'une même paire ont une petite

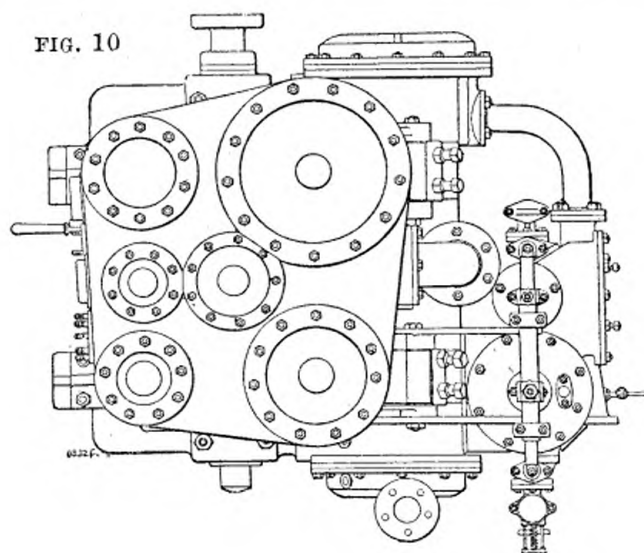


FIG. 10

différence de phase, de sorte qu'il n'y a en réalité pas de point mort. Les manivelles sont à 180° .

L'ordre de succession des cylindres est montré par la figure 10, mais quelques détails sont nécessaires pour expliquer le fonctionnement des tiroirs. Les quatre tiroirs sont cylindriques, montés deux à deux sur une même tige et dans une boîte commune. La vapeur de la chaudière arrive, comme dans la machine du *Buenos-Ayres*, à l'intérieur du premier tiroir : l'évacuation du premier cylindre se fait dans la boîte à tiroir commune qui sert de réservoir, et l'admission dans le deuxième cylindre a lieu par l'extérieur du tiroir correspondant, tandis que son évacuation se fait par l'intérieur de ce tiroir ; le fonctionnement est le même pour le second groupe, composé du troisième et du quatrième cylindre.

Les tiroirs sont mus par des excentriques et une coulisse, mais on a dû nécessairement adopter une disposition particulière. En effet, les tiroirs des troisième et quatrième cylindres sont placés dans le plan de l'arbre et peuvent être conduits par les excentriques à la manière ordinaire, tandis que ceux de la première paire sont en dehors de l'axe ; pour ceux-ci on a employé le dispositif suivant : sur chacun des colliers d'excentrique de la deuxième paire est fixé un bras qui agit sur la coulisse par l'intermédiaire d'un mouvement de sonnette articulé sur les bâtis. Il résulte de cette disposition que deux excentriques suffisent à conduire les quatre tiroirs.

Les avantages que les constructeurs font valoir en faveur de ce type de machine sont les suivantes : facile accès aux quatre cylindres ; réduction d'encombrement en longueur et en hauteur ; équilibrage mutuel des poids en mouvement par la disposition des manivelles à 180° qui, grâce à la différence de phase dans la course des pistons, donne les mêmes résultats que quatre manivelles à angle droit.

D'après les données fournies par les constructeurs, la consommation par cheval et par heure serait de $0^k,510$.

Nous terminerons ce rapide aperçu sur les machines à quadruple expansion en mentionnant encore celles que MM. Jarrow et C^o viennent de placer récemment sur des torpilleurs destinés à la République Argentine, et dans lesquelles, contrairement à ce que nous avons vu jusqu'ici, chaque piston actionne une manivelle distincte.

Les constructeurs avaient surtout en vue de supprimer, autant que possible, les trépidations si pénibles produites sur des coques minuscules par des machines à allure très rapide, et ils paraissent y avoir réussi grâce aux dispositions suivantes : les cylindres sont placés à la suite les uns des autres, dans l'ordre indiqué sur la figure 11, qui est un simple schéma, sans échelle, de la machine.

Ils sont groupés par paires, et les deux manivelles conduites par les pistons de

chaque paire sont à 180° l'une de l'autre, de manière à équilibrer presque totalement les poids. Les deux manivelles de la première paire sont dans un plan perpendiculaire à celles de la seconde. Les quatre tiroirs sont cylindriques.

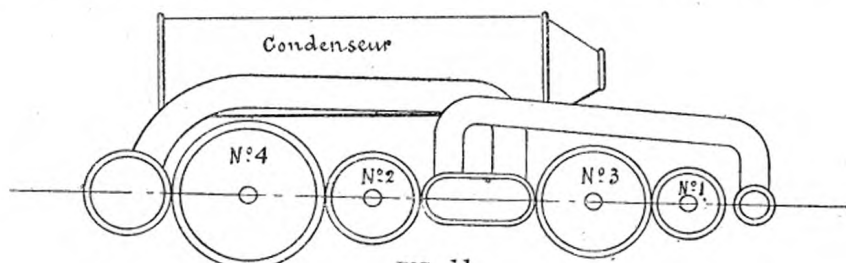


FIG. 11

Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats de l'essai de deux heures à grande vitesse du torpilleur *Bathurst*, muni d'une machine de ce type :

Pression à la chaudière	Pression d'air dans la chaufferie	NOMBRE DE TOURS		Vitesse en nœud	Vitesse moyenne
		par nœud parcours	par minute		
13 ⁶ / ₉₃	83 ^m / _m 8	1080	432	24.000	24.453
14.00	76 » 2	1030	432	25.174	
14.00	81 » 3	1100	451,4	25.529	
14.00	76 » 2	1020	431	25.352	
14.00	86 » 4	1120	436,3	23.376	
14.00	76 » 2	1010	439	26.086	

La puissance indiquée pendant cet essai a été de 1230 chevaux, tandis que la moyenne de cinq bateaux semblables, munis de machines à triple expansion, n'avait été que de 1120 pour la même consommation de combustible, ce qui donna un gain de 110 chevaux, soit environ 10 %. Si l'on rapproche ce résultat de ceux mentionnés plus haut, on voit que le rendement des machines à quadruple expansion augmente assez vite avec la pression, comme nous l'avons indiqué au début de ce chapitre.

Moteurs divers.

A la suite des machines à vapeur, qui sont et resteront longtemps sans doute le moteur le mieux approprié aux exigences de la navigation il convient de signaler quelques tentatives intéressantes ayant pour objet de substituer à la force expansive de la vapeur d'eau celle que produit l'inflammation d'un mélange détonant ou l'ébullition d'un liquide vaporisable à une température plus basse que l'eau.

On trouvera, dans une autre partie de cette Revue, des études complètes sur les moteurs dont il s'agit : nous n'avons donc à parler ici que de leur application à la propulsion des navires, ou plutôt des embarcations, car les essais faits jusqu'ici ont été limités à des canots ou à des yachts de petites dimensions.

Plusieurs spécimens de moteurs à hydrocarbure figuraient dans la classe 65. Ils se divisent, comme nous l'avons dit plus haut, en deux groupes distincts : ceux dans lesquels on emploie un mélange détonant, et ceux dans lesquels on fait agir sur le piston une vapeur autre que la vapeur d'eau.

Dans la première catégorie se rangent les moteurs de MM. Rouart frères, Salomon frères et Tenting, Forest, etc.; dans la seconde, le moteur à vapeur de naphte inventé en Amérique et construit par MM. Cail, en France; Jarrow, en Angleterre; Escher Wyss, en Suisse.

Moteur Rouart frères.

MM. Rouart frères ont construit, en 1888, un moteur de 16 chevaux pour le yacht *Djezyréli*, appartenant à M. le marquis d'Ure d'Aubais.

Ce moteur occupe un emplacement de 2^m,60 en largeur, 1^m,50 en longueur et 1^m,60 en hauteur; il n'y a pas de chaudière et le poids total de la machine est de 4 200 kilogrammes environ, y compris le volant très lourd placé à la partie inférieure.

Le mélange détonant est produit par le barbotage de l'air dans un réservoir contenant de la gazoline; l'aspiration produite par le mouvement des pistons amène ce mélange dans les cylindres sans le secours d'une pompe.

La machine se compose en principe de quatre cylindres horizontaux superposés deux à deux et se faisant face : les pistons agissent sur un arbre moteur vertical, placé au centre de l'appareil, et à la base duquel est fixé le volant qui transmet le mouvement à l'arbre d'hélice au moyen d'un embrayage double

permettant de changer le sens de rotation de l'hélice, sans modifier celui de la machine elle-même.

Comme dans la plupart des moteurs à gaz, il n'y a qu'une explosion pour deux courses complètes de chaque piston. Considérons un cylindre isolément. Sous l'aspiration du piston, le cylindre se remplit du mélange carburé; le piston revenant en arrière le comprime à la pression voulue, et, à ce moment, l'inflammation est produite par une étincelle électrique; le piston est alors chassé en avant, et, lorsqu'il revient pour la seconde fois en arrière, il expulse les gaz brûlés. Puis le même cycle se reproduit indéfiniment.

Il en résulte que les quatre cylindres de cette machine agissent comme un cylindre unique à simple effet, mais comme les quatre manivelles se succèdent à 90°, on a une très grande régularité dans la rotation.

L'étincelle est produite par une bobine d'induction alimentée par des piles. Les soupapes d'admission, mises en mouvement par des cames se règlent à volonté de façon à introduire un plus ou moins grand volume du mélange carburé, et à faire varier en même temps la puissance produite sur les pistons.

Deux petites pompes établissent autour des cylindres une circulation d'eau destinée à les refroidir.

On voit que le principe de ce moteur est des plus simples, quoiqu'il comporte un assez grand nombre de petits organes, et on peut saisir à première vue l'intérêt qu'il présente surtout pour la navigation de plaisance : on n'a pas de chaudières, pas d'alimentation d'eau, pas de cendres ni de fumée et — il est juste de le dire — très peu d'odeur. La mise en marche est instantanée; il suffit de faire parcourir aux pistons une fraction de leur course, au moyen d'un petit volant à main dont l'axe engrène avec le grand volant du moteur, pour obtenir une première explosion qui lance la machine, et à partir de ce moment le fonctionnement est automatique.

La consommation de gazoline est d'environ 400 grammes par cheval et par heure; à ne considérer que le prix du combustible, le moteur n'est pas économique, mais les avantages que nous venons d'énumérer compensent bien un excès de dépense qui se trouve d'ailleurs très atténué si le fonctionnement du moteur ne se prolonge pas, puisqu'on économise la dépense notable de combustible qui dans les chaudières à vapeur est nécessaire à la mise en pression.

Le point le plus défectueux de ce moteur et d'autres analogues est la nécessité d'avoir un volant lourd et encombrant, mais il n'est pas douteux que les constructeurs arriveront à le supprimer.

Moteur Salomon et Tenting.

L'ensemble de ce moteur affecte la disposition des machines à pilon (pl. 90-91).

Il comporte deux cylindres verticaux et parallèles et deux pistons à fourreau dont les bielles C sont accouplées à leur tête et commandent deux volants manivelles M montés sur l'arbre moteur : ces volants augmentent la régularité de la machine sans en augmenter l'encombrement. A l'avant de la machine se trouve un troisième volant à poignées, V, pour la mise en marche.

Le cycle parcouru par le mélange détonant est le même que dans la machine Rouart. L'admission du mélange se fait par une soupape A fixée sur son siège par un ressort à boudin et qui se soulève automatiquement tous les deux tours, par suite du vide produit par la marche descendante des pistons. L'échappement des gaz brûlés se fait par la soupape B, qui est soulevée en temps voulu (tous les deux tours) par une bielle E commandée par un pignon denté.

Quoique les pistons se déplacent parallèlement, ils ont une différence de phase d'un tour, c'est-à-dire que, pendant que dans le premier se produit l'admission du mélange, l'explosion a lieu dans le second. On a ainsi une poussée de piston à chaque tour de manivelle.

Le réglage de l'allure du moteur est obtenu au moyen d'un régulateur à boules qui agit sur la soupape d'évacuation B au moyen d'un doigt l qui vient l'empêcher de se refermer : de cette façon, le vide que produit l'ouverture de la soupape d'admission A ne peut exister, et on supprime ainsi une ou plusieurs explosions successives, jusqu'au moment où la vitesse de la machine est redevenue normale. Ce réglage ne se fait que sur un cylindre ; l'autre fonctionne continuellement.

Les renversements de marche se font sans changer le sens de rotation du moteur, grâce à la construction spéciale de l'hélice, analogue au propulseur de M. Marque, de Bruxelles : les ailes sont tenues dans le moyeu par un tourillon et au moyen d'un levier et d'une crémaillère intérieure à ce moyeu on peut leur faire prendre toutes les inclinaisons voulues, depuis celle qui correspond à la marche en avant jusqu'à la marche en arrière.

Les moteurs à vapeur de naphte forment une catégorie à part, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut : trois canots munis de ces machines figuraient dans la classe 65, l'un construit par MM. Yarrow et C^o, le second par les établissements Cail, et le troisième par MM. Escher Wyss et C^o, de Zurich. Ces trois maisons sont respectivement concessionnaires en Angleterre, en France et en Suisse d'un même brevet qui est, croyons-nous, originaire des Etats-Unis.

Nous emprunterons aux *Transactions of the Institution of Naval Architects* de l'année 1888 la description suivante qui a été faite de ce système par M. A. F. Yarrow, constructeur du canot le *Zéphyr*, sur lequel la première application en a été faite en Europe.

La machine est placée à l'arrière de l'embarcation; elle est du type ordinaire à pilon et munie de tiroirs avec coulisses de Stephenson, de pompes alimentaires, etc. Le générateur de vapeur est placé immédiatement derrière la machine, et consiste en un serpentin en cuivre renfermé dans une enveloppe en fer à deux parois dont l'intervalle est bourré d'amiante. Au-dessous du serpentin est un anneau en fer creux, percé de trous et arrangé comme les brûleurs Bunsen, dans lequel on envoie un mélange de vapeur d'hydrocarbure et d'air, qui brûle à la sortie des trous.

Un réservoir en cuivre bien étanche, contenant environ 130 litres d'hydrocarbure volatil, est placé à l'avant du canot, et communique avec les pompes alimentaires par un tuyau longeant la quille extérieurement.

L'alimentation du générateur se fait par la base du serpentin.

L'échappement de la machine se fait dans deux autres tuyaux placés à l'extérieur le long de la quille et faisant fonction de condenseur; ces tuyaux aboutissent au sommet du réservoir de l'avant.

Deux pompes à main sont jointes au moteur : l'une à babord aspire au réservoir et refoule dans le tuyau d'alimentation; l'autre, à tribord, envoie de l'air à la partie supérieure du réservoir, où il se charge de vapeurs d'hydrocarbure et revient à un brûleur supplémentaire qui sert à allumer le foyer principal lorsque le moment est venu.

Pour mettre la machine en train, on commence par faire fonctionner cette dernière pompe et on allume le petit brûleur qui chauffe aussitôt le serpentin. Au bout de cinq à six minutes de cette manœuvre, on donne quelques coups vigoureux à la pompe à main de babord, et le liquide ainsi refoulé dans le serpentin se vaporise aussitôt : on voit le manomètre monter rapidement, et il suffit alors d'ouvrir un robinet à la partie supérieure du serpentin pour envoyer un peu de cette vapeur dans le brûleur principal, où elle se mélange à l'air et s'enflamme. Une fois le courant bien établi, la pompe à air ne sert plus, et le brûleur fonctionne aussi longtemps qu'il y a de la pression dans la chaudière.

La machine peut alors être mise en route, et les pompes alimentaires qu'elle conduit viennent remplacer la pompe à main. A partir de ce moment, on n'a plus à s'occuper ni de la machine ni de la chaudière, sauf pour le graissage. Pour stopper, il suffit de fermer l'arrivée de vapeur à la machine.

La température nécessaire à la vaporisation du liquide employé est assez basse pour qu'on puisse tenir la main à la bouche de la cheminée; la pression se maintient à 5 kilogrammes environ sans difficulté.

Cet appareil très primitif demandera encore de nombreux perfectionnements de

détail, mais il est d'un intérêt incontestable comme démonstration des avantages que pourrait réaliser l'application du système à des machines plus puissantes. L'emploi de la vapeur d'hydrocarbure ne paraît pas offrir plus de dangers que celui de la vapeur d'eau, d'autant plus que sa température, à pression égale, n'est que le tiers environ de celle de cette dernière ; et il est certain que de ce fait seul résulterait une économie considérable de combustible.

Comme on a pu le voir par l'étude sommaire qui précède, la construction des machines marines a fait depuis dix ans d'importants et sérieux progrès. Nous remarquerons en terminant que les types en usage dans la marine offrent des avantages si sérieux que peu à peu leur emploi s'est étendu aux machines d'ateliers, et que l'Exposition de 1889 renfermait bon nombre de moteurs destinés à divers industries qu'on aurait pu prendre, à première vue, pour des machines marines. Nous citerons en autres, parmi les plus importantes, une machine à pilon, à triple expansion, de 150 chevaux, construite par MM. Weyher et Richemond, qui commandait les dynamos de la station Edison, pour l'éclairage électrique d'une partie de l'Exposition.

Cette machine, dont les plans figurent dans l'ouvrage de M. Hippolyte Fontaine, « l'Éclairage électrique à l'Exposition », est à quatre cylindres disposés deux par deux en tandem ; à l'inverse de ce qui existe dans la machine Brissonneau et Déroutelle, il y a ici deux grands cylindres, dont l'un est surmonté du cylindre d'admission et l'autre du cylindre intermédiaire.

VII. — CHAUDIÈRES MARINES

A. — Chaudières cylindriques.

A quelques rares exceptions près, les navires à vapeur dont nous avons eu à nous occuper dans les chapitres précédents sont munis de chaudières marines du type courant, c'est-à-dire de chaudières cylindriques à retour de flamme. Ce sont, en effet, malgré les essais nombreux et intéressants qui ont été faits dans une autre voie, celles qui ont jusqu'ici donné les résultats les plus constants, et réalisé au mieux les conditions exigées pour le service à bord.

Toutefois, l'accroissement progressif de la pression de régime dans les machines a augmenté chaque jour les difficultés de leur fabrication; avec des pressions de 10 à 12 atmosphères, les tôles des enveloppes cylindriques ont atteint des épaisseurs de 35 à 40 millimètres pour les chaudières de grand diamètre; ce sont donc de véritables plaques de blindage qu'il s'agit de cintrer, d'ajuster et de river avec une précision telle que l'étanchéité soit rigoureusement garantie, malgré les dilatations inégales des différentes parties. On conçoit que le premier constructeur venu ne soit pas en état d'affronter de semblables difficultés : les grands établissements qui l'ont entrepris ont dû créer un outillage spécial, comprenant en particulier de puissantes riveuses hydrauliques indispensables pour serrer les tôles avec l'énergie nécessaire.

La construction des chaudières cylindriques à retour de flamme est trop connue pour qu'il soit nécessaire de nous y arrêter longuement ici : la pratique a consacré un ensemble de dispositions qui sont suivies à peu près uniformément par tous les constructeurs, et des règles précises servent à calculer les épaisseurs des différentes parties, ainsi que les proportions à donner au rivetage.

L'exposition de l'établissement d'Indret renfermait plusieurs modèles de chaudières cylindriques, telles qu'on les construit pour la marine militaire; ces modèles, très bien faits, permettaient de se rendre compte des moindres détails.

Nous donnons, planche 92-93, le dessin d'un type de chaudière double (*double ended*) construit par la Compagnie Transatlantique, pour les paquebots *la Champagne* et *la Bretagne*. Les chaudières doubles sont aujourd'hui très fré-

quemment employées, comme nous l'avons vu, en raison des avantages qu'elles présentent : économie d'encombrement et de poids, puisqu'un seul corps remplace deux corps simples dont on aurait supprimé le fond ; meilleure utilisation de la chaleur, puisque le refroidissement de la façade voisine de la boîte à feu est supprimé, et que la lame d'eau qui sépare les deux boîtes à feu se trouve chauffée des deux côtés.

Foyers ondulés.

Dans les chaudières cylindriques à pression élevée, on doit prendre de minutieuses précautions pour la disposition des foyers, dont les parois en contact avec la flamme sont soumises à de très hautes températures, et par conséquent à des dilatations plus considérables que les autres parties de la chaudière. Depuis longtemps, on s'est préoccupé de remédier à cet inconvénient en employant des foyers très élastiques et très résistants en même temps, ce qui a conduit à les faire en tôles ondulées ou en tôles munies de nervures.

Les foyers Fox, qui rentrent dans la première de ces deux catégories, sont universellement connus et employés ; ils sont fabriqués par la Compagnie des Forges de Leeds (Angleterre), dont M. Samson Fox est directeur, et qui en avait exposé de remarquables spécimens, ainsi que des tôles d'acier pour façades de chaudières embouties à la presse, d'une exécution parfaite.

Les foyers Fox sont connus en France depuis l'Exposition de 1878, où ils furent présentés pour la première fois ; depuis lors, ils ont été employés dans un très grand nombre de chaudières, en raison des avantages sérieux qu'ils présentent, et qui peuvent se résumer ainsi :

1° Des expériences directes ont prouvé qu'à dimensions égales ils offrent à l'écrasement une résistance environ quatre fois égale à celle des foyers en tôles planes ; 2° la surface exposée à la flamme est augmentée d'environ 50 % par les ondulations qui créent en outre un frottement grâce auquel les gaz de la combustion perdent une plus grande portion de leur chaleur. Il en résulte un accroissement du pouvoir de vaporisation ; 3° les foyers ondulés constituent une liaison très rigide, tout en ayant une élasticité suffisante pour se prêter aux déformations produites par la chaleur, sans que les joints des extrémités soient ébranlés ; 4° enfin, l'épaisseur est rigoureusement uniforme sur toute la largeur du foyer, et le mode de fabrication assure un calibrage parfait de toutes les parties.

La figure 12 donne le tracé des ondulations, qui sont de deux types différents, suivant que le diamètre intérieur du foyer est plus petit ou plus grand que 24 pouces anglais (60 centimètres). Les extrémités des foyers sont

façonnées suivant les besoins pour se raccorder avec la boîte à feu et avec la

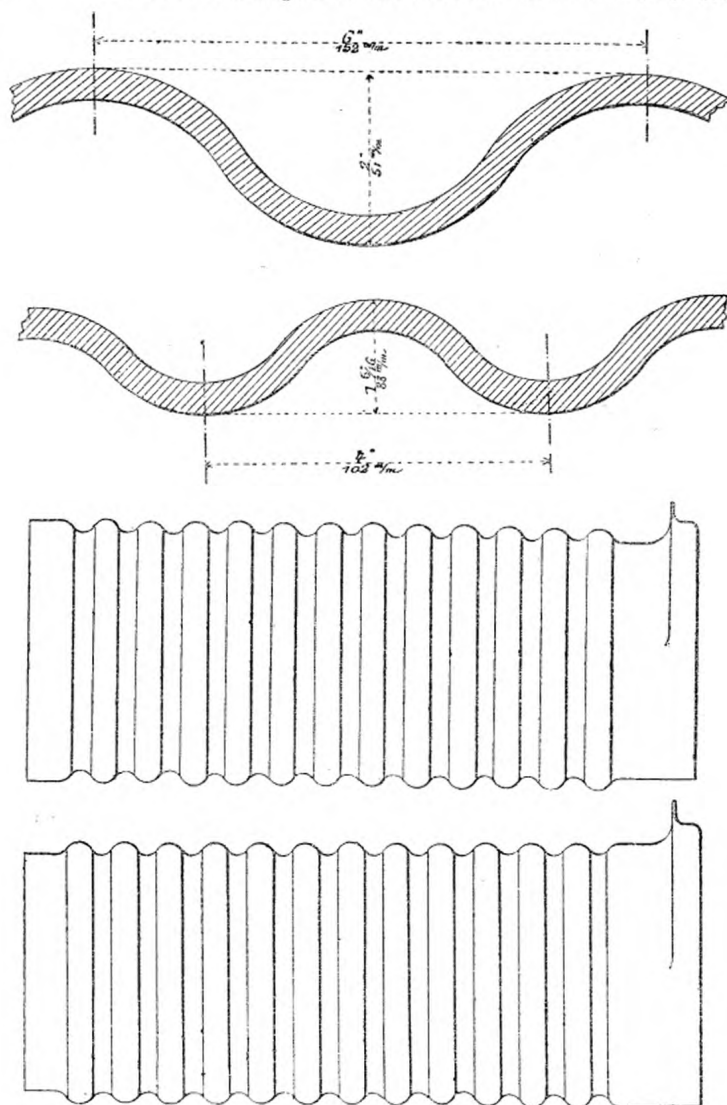


FIG. 12

façade de la chaudière : le catalogue des forges de Leeds renferme une assez grande variété de types parmi lesquels nous en avons choisi deux qui sont communément employés.

Foyers à nervures.

Depuis quelques années, les foyers Fox ont à lutter contre la concurrence assez sérieuse qui leur est faite par les foyers à nervures, du système Purves, fabriqués par MM. John Brown et C^o à Sheffield.

Ce nouveau type, qui a commencé à se répandre en Angleterre en 1887, et en France en 1889, jouit actuellement d'une faveur comparable à celle qui a fait la fortune du foyer Fox, et un grand nombre de chaudières en sont munies.

La figure 13 donne le profil des nervures du foyer Purves, et une vue longitudinale de l'un de ces foyers. Les nervures sont obtenues au laminage, et, quand le laminage est terminé, les tôles ont leur profil définitif.

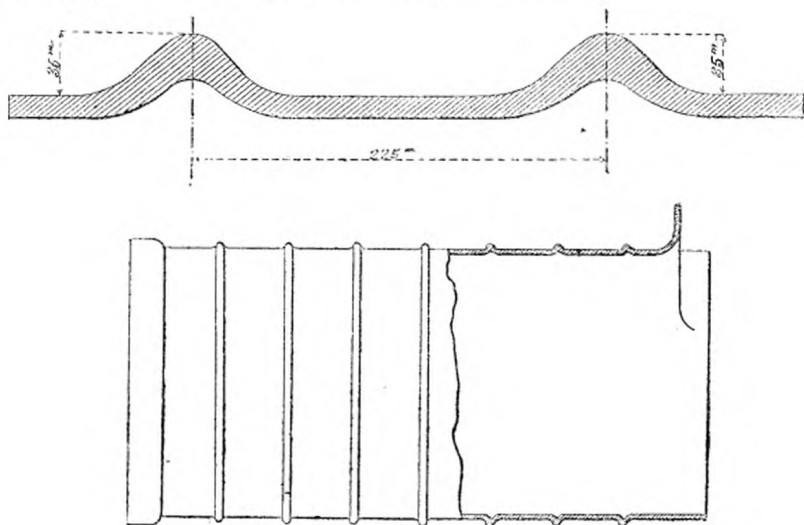


FIG. 13

Il ne reste qu'à les cintrer et à réunir les deux bords par une soudure placée sur la génératrice inférieure du foyer. Les nervures sont à une distance régulière de 225 millimètres d'axe en axe; comme le montre le dessin, elles sont plus épaisses que les parties planes de la tôle, et présentent à l'extérieur une saillie de 35 millimètres. L'épaisseur des parties planes varie suivant le diamètre du foyer et la pression de la chaudière. On a soin de réserver une plus grande épaisseur sur les bords des tôles, qui deviennent les extrémités du foyer, en vue de l'amincissement produit par l'emboutissage de ces extrémités.

Les avantages que font valoir les constructeurs en faveur de ce système, sont les suivants : les parties lisses étant en grande majorité, les réparations locales se trouvent facilitées; la surface intérieure du foyer est plus unie que dans les foyers ondulés, et par suite se prête mieux au nettoyage et à l'enlèvement des

condres. Enfin, des expériences minutieuses ont démontré que la résistance à l'écrasement est un peu supérieure à celle des foyers Fox, et permet une légère réduction d'épaisseur, à pression égale. L'élasticité longitudinale de ces foyers est d'ailleurs suffisante pour les besoins de la pratique.

MM. John Brown et C^o fabriquent également, depuis quelques années, des tubes de chaudière à nervures intérieures, dits "tubes Serve", dont l'emploi paraît offrir des avantages assez sérieux pour l'utilisation du calorique.

L'effet des nervures est de diviser la colonne gazeuse et d'absorber la chaleur des parties voisines du centre, qui se perd ordinairement, pour la transmettre à la circonférence du tube et à l'eau.

Des expériences, datant de 1886, ont montré un gain variant de 10 à 25 %, suivant les circonstances, rapporté aux tubes ordinaires. La marine française emploie aujourd'hui les tubes de ce système, et des expériences suivies ont été entreprises par différentes compagnies.

Les « tubes Serve » sont faits en acier ou en bronze. Les nervures sont supprimées aux extrémités, dans la plupart des cas, pour permettre de bagner les tubes dans les plaques de tête à la manière ordinaire.

B. — Chaudières Bigot et Satre.

M. Henri Satre a adopté, sur presque tous les navires qu'il a construits, le type de chaudière inventé par M. Bigot, maître principal de l'atelier des chaudières à l'arsenal de Cherbourg, en y apportant quelques modifications de détail.

La chaudière Bigot est une chaudière cylindrique à foyer extérieur, dans laquelle l'enveloppe cylindrique renferme seulement le faisceau tubulaire et l'eau; elle est donc d'une construction extrêmement simple et pratique. Le foyer et la boîte à feu sont en briques réfractaires et contenus dans des enveloppes en tôle solidaires de l'appareil.

M. Bigot avait limité l'application de son système aux canots à vapeur; M. Satre lui a donné des proportions plus importantes, et a construit sur ce principe des chaudières de 150 chevaux, dont on trouvera les dessins planche 94.

M. Satre emploie également, surtout pour des chaudières plus petites, un type dérivé du précédent, mais à foyer intérieur, et qui se rapproche davantage de la chaudière cylindrique ordinaire. La seule différence notable, et qui en simplifie la construction, consiste en ce que la boîte à feu et la lame d'eau du fond sont supprimées; le corps cylindrique est limité sur l'avant par la plaque tubulaire, et la chambre de combustion est constituée par une caisse en tôle mince rapportée, garnie intérieurement de briques réfractaires (planche 94).

C. — Appareils du tirage forcé.

Les chaudières cylindriques ont une puissance de vaporisation assez médiocre; aussi s'est-on efforcé depuis longtemps d'en améliorer le rendement en activant la combustion du charbon sur les grilles par une augmentation du volume d'air qui les traverse. Les systèmes de tirage forcé essayés depuis quelques années avec un succès variable sont nombreux, et nous sortirions du cadre limité de cette étude en abordant l'analyse ou la simple description des différents procédés qui ont fixé l'attention des ingénieurs; mais nous croyons devoir compléter la description des grands paquebots dont il a été question dans un chapitre précédent, en mentionnant ici les dispositions adoptées récemment sur le « *City-of-Paris* » pour réaliser la puissance maximum de ses machines.

A la suite de l'accident survenu à l'appareil-moteur de ce navire, on a profité du chômage prolongé nécessité par les réparations pour remplacer le tirage forcé en vase clos qui avait donné d'assez mauvais résultats, par le système Howden, qui a donné déjà sur beaucoup de navires des résultats très satisfaisants, et qui est employé couramment en Angleterre.

Nous rappellerons ici que le *City-of-Paris* a neuf corps de chaudières doubles disposés par groupes de trois dans des compartiments séparés. Ces chaudières ont six foyers chacune, soit un total de 54 foyers; la surface de chauffe totale est de 4 620 mètres carrés environ.

L'application du système Howden a conduit à des changements assez importants dans les dispositions du navire: on a dû rétablir les panneaux des chaufferies qui étaient hermétiquement clos, modifier les portes des foyers et établir sur les façades des chaudières des appareils compliqués dont nous parlerons plus loin. Les barreaux de grille ont été raccourcis de 225 millimètres, ce qui a réduit la surface de grille de 120 mètres carrés à 95 mètres carrés environ.

Les ventilateurs ont été maintenus sur le pont principal, avec prise d'air par de larges conduits rectangulaires montant jusqu'au-dessus du pont promenade. Il y a quatre puits d'air de chaque bord: les deux du centre sont en relation avec deux ventilateurs; ceux des extrémités avec un seul; de sorte qu'il y a en tout douze ventilateurs, chaque paire (tribord et babord) desservant un groupe de neuf foyers. Ces ventilateurs ont 1^m,80 de diamètre et tournent à une vitesse maximum de 430 tours par minute sous l'action d'un moteur à deux cylindres ayant 18 centimètres de diamètre et 127 millimètres de course. La distribution de la vapeur est effectuée par un tiroir cylindrique unique, placé sur le côté: les manivelles sont à 180 degrés, de sorte que le tiroir envoie alternativement la vapeur au-dessus de l'un des pistons et au-dessous de l'autre.

L'air refoulé par chaque ventilateur traverse l'entrepont dans une caisse rec-

tangulaire (fig. 14), d'où il pénètre dans un conduit longéant la façade des chaudières à travers les boîtes à fumée. Après s'être réchauffé en circulant autour d'une série de tubes verticaux traversés par les produits de la combustion, l'air s'emmagasiné dans un réservoir qui entoure la moitié supérieure des foyers et

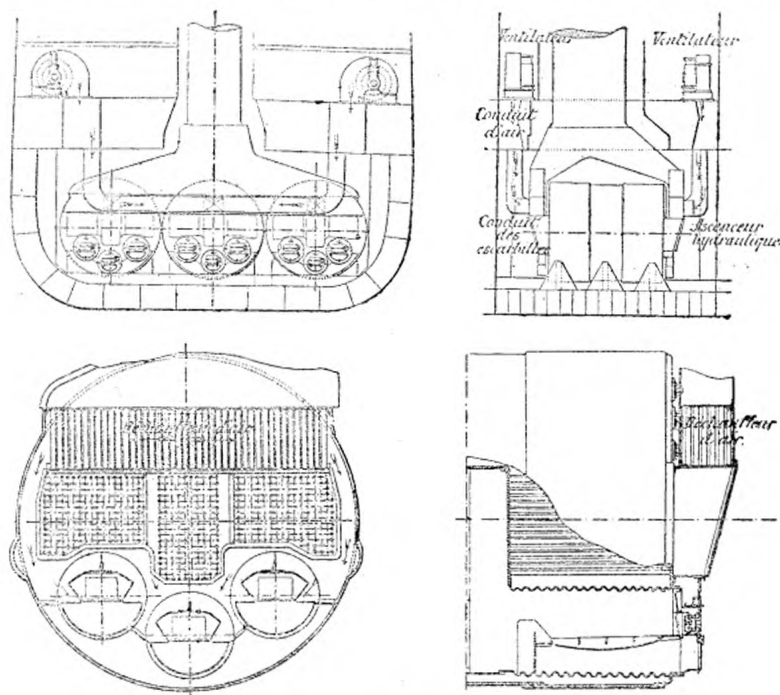


FIG. 14

monte jusqu'à la base de la boîte à fumée. De là, il passe dans les cendriers par deux valves placées de chaque côté du foyer, à la base du réservoir ; une autre valve, destinée à admettre une certaine quantité d'air au-dessus des grilles, glisse sur le fond du réservoir, dans l'axe du foyer, et ouvre dans l'espace compris entre la porte intérieure et la porte extérieure.

Ces deux portes s'ouvrent ensemble, et, quand elles sont fermées, l'air circule entre elles, maintenant une certaine pression dans cet espace : de là il pénètre dans le foyer par une série de petits trous de 10 millimètres environ de diamètre et passe à la surface du charbon en ignition. On obtient ainsi un rafraîchissement suffisant de la façade du foyer.

Les portes des cendriers sont hermétiquement fermées, et on maintient sous les grilles une pression qui dépend de l'allure des ventilateurs et de l'ouverture des valves, qui sont des papillons rectangulaires.

La température de l'air dans les réservoirs est généralement voisine de 100 degrés.

Dans les essais de vitesse que le *City-of-Paris* a faits récemment, depuis les changements décrits ci-dessus, on a obtenu les résultats suivants :

Vitesse des ventilateurs	370 tours
Pression d'air moyenne	10 millim.
Pression aux chaudières	10 kilogs
Puissance indiquée moyenne	18.000 chev.
Vitesse moyenne en nœuds	20.968 nœuds
Tirants d'eau { arrière.	6 ^m 81
{ avant	6 ^m 63

D. — Chauffage des chaudières par le pétrole.

La question du chauffage des chaudières au moyen des huiles minérales est relativement récente dans nos contrées, bien qu'elle soit passée depuis de longues années dans la pratique, pour les bateaux qui transportent le pétrole sur la mer Caspienne. Le combustible liquide n'ayant dans ces parages qu'une valeur presque nulle, il était naturel qu'on cherchât à l'utiliser, et ce sont les excellents résultats obtenus qui ont amené les ingénieurs français et anglais à s'occuper de la question. Mais, disons-le tout de suite, le principal obstacle à l'adoption de ce système dans nos pays a été jusqu'ici le prix élevé dont des huiles minérales, même à l'état de résidus inutilisables pour tout autre usage que le chauffage des chaudières, sont grevées par les frais de transport qu'elles ont à subir, et cette raison subsistera sans doute longtemps encore : malgré leur pouvoir calorifique très supérieur à celui des meilleurs charbons, les résidus d'huiles minérales sont encore chez nous un combustible trop coûteux pour supplanter la houille.

Si l'on fait abstraction de la question de prix, on trouve au contraire que le chauffage au pétrole présente de très sérieux avantages que nous allons passer sommairement en revue.

Le tableau suivant établit une comparaison entre les éléments combustibles, le pouvoir calorifique et le pouvoir évaporatoire théorique des pétroles russes et des charbons anglais :

	CARBONE	HYDROGÈNE	OXYGÈNE	POUVOIR calorifique déduit de la com- position	Poids d'eau théorique vaporisé à 100° par 1 k. de combustib.
				calories	
Huile lourde de Pensylvanie, brute	84.9	13.7	1.4	11.581	18*180
Huile russe, légère.	86.3	13.6	0.1	11.660	18.300
— lourde.	86.6	12.3	1.1	11.236	17 640
Résidu de pétrole (Astatkis)	87.1	11.7	1.2	11.070	17.375
Charbons anglais (résultats moyens)	80.0	5 0	8.0	8.187	12.850

Il résulte de ces chiffres que le pouvoir évaporatoire théorique des pétroles est d'environ 40 % supérieur à celui des meilleurs charbons.

D'autre part, il résulte de nombreuses expériences que dans la combustion du charbon il se perd 30 % environ de la chaleur produite, absorbés par les gaz qui s'échappent dans la cheminée, par les cendres, par les parties du combustible non brûlées qui se perdent en fumée, par le rayonnement, etc., de sorte qu'en réalité un kilogramme de charbon ne vaporise pas en pratique plus de 7,5 à 8,5 kilogrammes d'eau.

Ces pertes sont moins considérables pour l'huile : étant donné que pour la brûler on la réduit à l'état de fine poussière au moyen d'un jet de vapeur ou d'air comprimé, il est facile de comprendre qu'on arrive à une combustion complète ; par suite les seules pertes inévitables proviennent du rayonnement et de la chaleur perdue par la cheminée. De plus, le contact du combustible avec l'air nécessaire à la combustion étant beaucoup plus intime, il est inutile d'envoyer dans le foyer une aussi grande quantité d'air froid : la température du foyer se trouve donc accrue par ce fait et il en résulte une augmentation dans le rendement de la chaudière.

Dans un autre ordre d'idées, l'emploi des huiles minérales comme combustible offre l'avantage de simplifier dans une large mesure la conduite des feux : lorsque la flamme a été une fois réglée, le fonctionnement est entièrement automatique ; plus de charroi de charbon, plus de nettoyage des grilles, plus de cendres ni d'escarbilles à enlever. Un seul homme peut suffire à la surveillance d'une chaufferie renfermant un nombre considérable de foyers. L'allumage se fait au moyen d'un paquet d'étoupes ou de chiffons enduits de pétrole ; l'extinction des feux peut être obtenue instantanément par la fermeture du robinet d'admission de l'huile.

Chaudières à pétrole, système d'Allest.

De nombreux appareils ont été construits pour l'application des huiles minérales au chauffage des chaudières : tous reposent sur le même principe qui n'est autre que celui des pulvérisateurs employés aux usages journaliers.

Nous ne parlerons ici que des appareils construits et exposés par M. d'Allest, directeur des ateliers Fraissinet à Marseille, qui a notablement amélioré les instruments un peu primitifs employés en Russie, et nous ne saurions mieux faire que de reproduire la description que M. d'Allest lui-même en a faite à la Société scientifique industrielle de Marseille, ainsi que le compte-rendu des expériences très intéressantes auquel il s'est livré. La note dont nous reproduisons ci-après les parties les plus importantes constitue une étude très consciencieuse de la question du chauffage au pétrole et complètera les indications sommaires données plus haut.

Le chauffage des torpilleurs au moyen des hydrocarbures liquides par M. J d'Allest.

Description des appareils. — L'appareil auquel, dans nos précédentes expériences, nous nous étions arrêté pour le chauffage des chaudières avec tirage naturel, se compose d'une boîte conique en bronze A (fig. 15 et 16), dans laquelle le naphte ou hydrocarbure liquide arrive par une tubulure B; la sortie de cette boîte est obstruée par une aiguille C qui, manœuvrée au moyen d'un petit volant laisse, entre elle et les parois du cône, une ouverture annulaire dont la largeur peut varier de 0 à 2 millimètres; c'est par cette ouverture que le naphte s'écoule dans le foyer sous forme de nappe cylindrique. La vapeur, qui arrive par la tubulure F, enveloppe la boîte A, dont elle chauffe le contenu, et s'écoule ensuite entre les cônes A et D, sous forme de nappe cylindrique extrêmement mince qui enveloppe le naphte, le pulvérise et le projette avec force dans le foyer; le naphte, ainsi réduit en poussière, s'enflamme au contact d'un corps en ignition et brûle sans fumée. L'activité du foyer est réglée par la broche C qui, en avançant ou en reculant, diminue ou augmente la quantité d'hydrocarbure qui s'écoule. L'emploi de deux appareils, montés à côté l'un de l'autre, rend la conduite du feu extrêmement facile, car on peut instantanément éteindre l'un des deux ou le rallumer en fermant ou en ouvrant de nouveau le robinet qui règle l'arrivée du naphte dans chaque pulvérisateur. Si l'appareil vient à s'obstruer

par suite de parties solides contenues dans le naphte, ou bien même s'il vient simplement à s'encrasser à la suite d'un fonctionnement prolongé, il suffit de faire tourner légèrement à gauche et à droite le petit volant K et l'écoulement se régularise aussitôt. Si on veut visiter le cône intérieur A, il suffit de faire faire un demi-tour au doigt H, et on peut alors retirer complètement la boîte à étoupes G et la broche de réglage.

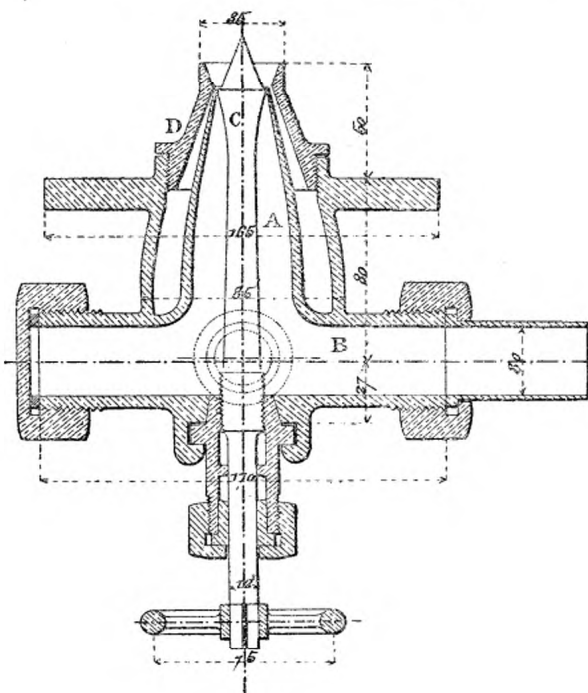


FIG. 15

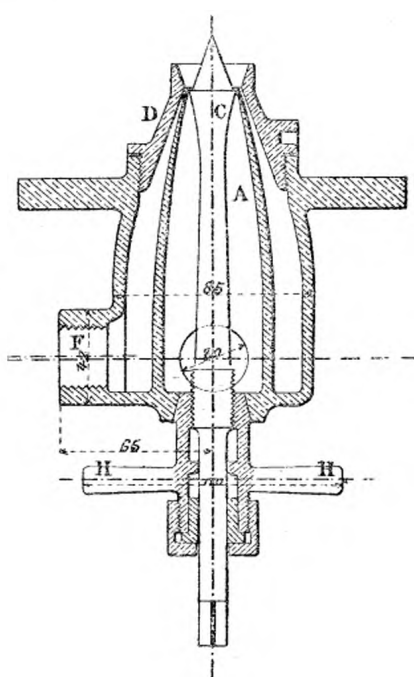


FIG. 16

Ces appareils fonctionnent bien et, par le simple jeu de la broche centrale, peuvent brûler de 10 à 80 kilogrammes de naphte à l'heure. Deux appareils jumeaux brûlant ensemble 160 kilogrammes de naphte pourront donc évaporer, à raison de 13 litres par kilogramme de combustible, $160 \times 13 = 2\,080$ litres d'eau par heure, et, en admettant qu'on évapore 30 litres par mètre carré de surface de chauffe, ce qui est à peu près la limite avec le tirage naturel, ils conviendront à un foyer correspondant à une surface de chauffe de 69 mètres carrés. Or, en marine, un foyer est rarement appelé à desservir une surface de chauffe de plus de 50 mètres carrés; les appareils que nous venons de décrire, montés sur un foyer, rempliront donc largement les conditions désirées.

Mais, sur une chaudière de torpilleurs, on ne se contente plus de vaporiser 30 litres d'eau par mètre carré de surface de chauffe; il faut aller beaucoup plus loin, ce qui est possible en ayant recours au tirage forcé. Au lieu de brûler 160 kilogrammes de naphte dans un foyer, il faudra brûler le double et même davantage si on peut.

Au premier abord il paraîtrait suffisant, pour résoudre la question, d'augmenter les diamètres des appareils précédents; mais il n'en est pas ainsi. En effet, si on augmente les diamètres, le pétrole s'écoule, il est vrai, en plus grande abondance, mais alors la pulvérisation devient imparfaite, la combustion incomplète et il y a production d'une épaisse fumée noire qui encrasse la chaudière et ralentit la vaporisation.

Il faut absolument, pour éviter ces inconvénients, recourir à une pulvérisation énergique, et c'est ce qui nous a conduit à ajouter, à l'intérieur de la lame de naphte, une deuxième lame de vapeur; le naphte se trouve alors en nappe cylindrique comprise entre deux lames pulvérisantes, air ou vapeur, à la façon de l'huile dans un bec d'Argan, et aucune de ses particules ne peut échapper à la pulvérisation.

L'appareil qui remplit ces conditions (fig. 17 et 18) se compose, comme le précédent, d'une boîte conique A, dans laquelle le pétrole arrive par la tubulure B. L'agent de pulvérisation arrive par la tubulure F et, en passant dans le cône D,

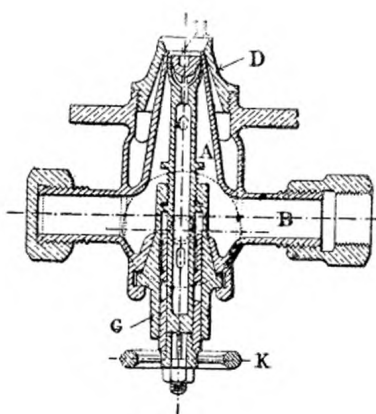


FIG. 17

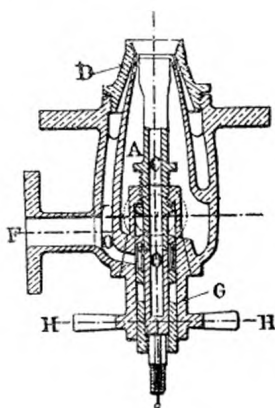


FIG. 18

forme la première lame extérieure qui entoure la lame de naphte; mais cet agent passe également par les orifices O, arrive dans la brecche C, qui est creuse, et rencontre le cône M qui le force à s'écouler dans le foyer sous forme de nappe conique intérieure à la lame de naphte. Cet appareil se règle et se démonte

comme le précédent ; il peut brûler jusqu'à 400 kilogrammes de naphte à l'heure et sans qu'il y ait trace de fumée.

Il faut maintenant rechercher quelles sont les dimensions minima à donner aux différentes parties de la chaudière dans laquelle on doit brûler une quantité donnée de combustible et, pour cela, déterminer par expérience les vaporisations maxima que l'on peut atteindre par unité de surface de chauffe, soit avec le tirage naturel, soit avec le tirage forcé.

Essais de vaporisation. — La chaudière qui a servi à cette détermination est une chaudière tubulaire à retour de flamme (fig. 19), du type des chaudières

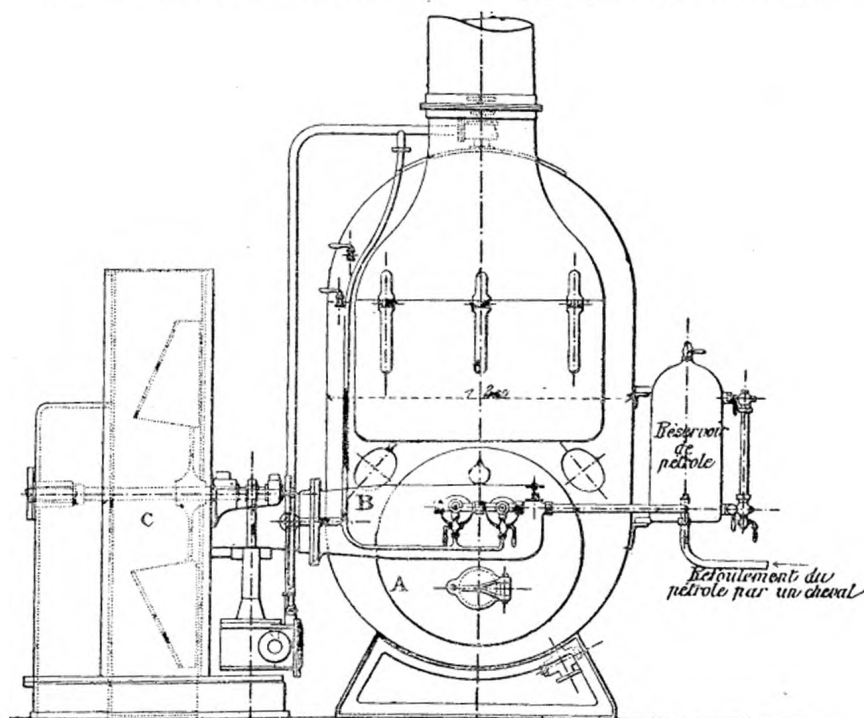


FIG. 19

auxiliaires placées à bord des navires de commerce pour le service des treuils et appareils de pont.

Ses dimensions sont les suivantes :

Timbre		3 ^h 500
Surface de chauffe mouillée	directe	3.300
	tubulaire	16.70
	totale	20.00

Section tubulaire.	0 ^m *1555
Surface d'évaporation	2 . 57
Section de cheminée.	0 . 1520
Volume de vapeur	1130 litres
— d'eau	2500 »

La grille a naturellement été enlevée; le foyer est garni de briques réfractaires et muni d'un autel en retour destiné à assurer le brassage du mélange gazeux.

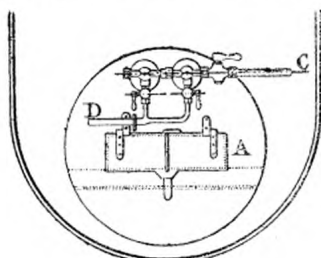


FIG. 20

La porte et la devanture du foyer sont remplacées, pour le tirage naturel, par une tôle A (fig. 20 et 21) munie d'une porte à la partie inférieure et sur la quelle le ou les appareils sont montés. Le pétrole, contenu dans une caisse placé sur le côté, arrive, par le tuyau C, dans le brûleur et s'écoule dans le foyer, l'agent de pulvérisation arrive par le tuyau D.

Pour fonctionner avec le tirage forcé, le foyer est hermétiquement fermé par une devanture en fonte A (fig. 20 et pl. 95), portant une tubulure B par

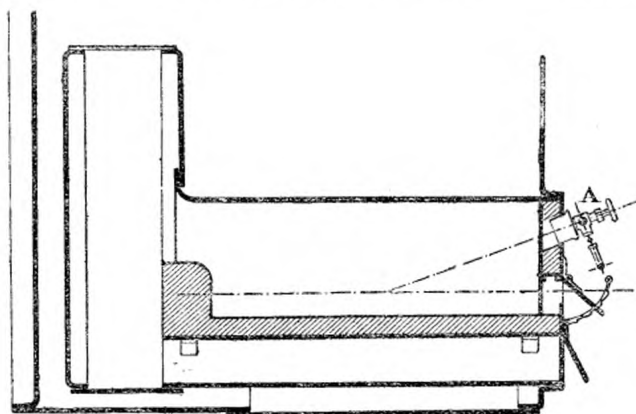


FIG. 21

laquelle arrive l'air refoulé par le ventilateur C. Le brûleur se trouve monté sur la devanture en fonte; deux manomètres placés, l'un sur le conduit de vent, l'autre, avec prise dans le faisceau tubulaire, indiquent à chaque instant la pression du vent.

La combustion à tirage naturel s'opère parfaitement; le naphte brûle sans fumée. L'activité du foyer peut être très réduite ou poussée à son maximum par le

simple réglage du brûleur; nous avons essayé, dans ces conditions, de vaporiser la plus grande quantité d'eau possible et nous sommes arrivé à une limite qu'il a été impossible de franchir, soit en augmentant le nombre des appareils, soit en accélérant l'arrivée du naphte.

Le tableau page 426 résume ces expériences.

On voit dans ce tableau que la vaporisation a atteint le chiffre de 37 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe; mais il a été impossible de le dépasser. Si, arrivé à cette limite, on veut augmenter l'activité du foyer en forçant la quantité de pétrole, il y a production de fumée et la vaporisation reste stationnaire.

Il faut cependant remarquer que cette vaporisation est notablement supérieure à celle qu'on peut obtenir avec le charbon. Avec le tirage naturel, en effet, les meilleurs charbons ne nous ont pas permis, sur la même chaudière, de dépasser 28 à 30 kilogrammes de vaporisation; nous avons déjà publié ces résultats dans le *Génie Civil* (tom. VIII n° 1, p. 7; n° 2, p. 19 et n° 3, p. 36).

Lorsqu'on est arrivé à cette limite de 37 kilogrammes, la rapidité de la circulation des gaz chauds dans les conduits de fumée ne peut être augmentée que par le tirage artificiel et il faut y recourir pour atteindre des vaporisations plus énergiques.

La combustion du pétrole avec tirage forcé s'effectue d'ailleurs sans difficulté. Lorsque les appareils sont réglés et que le débit de naphte correspond bien au débit du ventilateur qui fournit l'air nécessaire à la combustion, il n'y a plus à s'occuper de la conduite du feu, et la chaudière peut fonctionner indéfiniment; le chauffeur n'a plus qu'à surveiller l'alimentation d'eau et de pétrole.

Le tableau page 427 résume nos essais de vaporisation forcée.

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que la vaporisation a atteint des limites extrêmement élevées, qu'on est bien loin d'atteindre avec le charbon; nous aurions même pu, en augmentant la quantité de combustible et d'air refoulée dans le foyer, obtenir des vaporisations encore plus élevées si, à cette allure, il ne s'était produit des ébullitions très violentes qui, en empêchant complètement de juger de la position du niveau d'eau, nous avaient forcé à ralentir l'activité du foyer. Il faut d'ailleurs remarquer que le timbre de la chaudière ne permettait pas de marcher à une pression supérieure à 3 kilogrammes, et qu'avec une pression plus élevée, les ébullitions ne se produisant que plus tard, on aurait pu pousser la vaporisation plus loin.

Tableau des vaporisations limites à tirage naturel

NUMÉRO DE L'ESSAI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Durée de l'essai.	4 ^h .15	4 ^h 10	3 ^h .58	3 ^h .06	5 ^h .20	6 ^h .28	4 ^h .00	4 ^h .36	2 ^h .07	5 ^h .20	
Nature du combustible . . .	Astatis	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Consommât. de combustible	totale	260 ^k 29	210 ^k 53	242 ^k 37	183 ^k 74	283 ^k 26	382 ^k 78	245 ^k 00	267 ^k 95	107 ^k 18	336 ^k 85
	par heure	61 24	50 52	61 10	59 27	53 11	59 19	61 25	58 25	50.63	63.16
	par mèt ² de grille(*) et par heure. . .	69 57	57 40	69 41	67 34	60 34	67 24	69 59	66 18	57.52	71.76
Température de l'eau d'alimentation.	23°	24°	28°	28°	27°	28°	28°	27°	27°	28°	
Pression à la chaudière . . .	3 ^k »	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
Eau vaporisée	totale.	3.100 »	2.700 ^k »	2.900 ^k »	2.100 ^k »	3.400 ^k »	4.425 ^k »	2.800 ^k »	3.100 ^k »	1.300 ^k »	3.900 ^k »
	par heure	729 »	648 »	731 »	677 »	637 »	684 »	700 »	673 »	614 »	731 »
	par mèt ² de chauffe. . .	37 38	33 23	37 48	34 71	32 66	35 07	35 89	34 51	31 48	37 48
	par kil. de combustible. .	11 90	12 82	11 96	11 42	11 99	11 55	11 42	11 55	12 12	11 57
	par kil. ramenée à 100°.	13 81	14 85	13 77	13 15	13 83	13 30	13 15	13 32	13 98	13 32
Quantité d'eau moyenne vaporisée par kilogr. de combustible											11 83
— — — prise à 100° et vaporisée à la pression atmosphérique par kilogr. de combustible											13 65

(1) En supposant l'existence d'une grille fictive qui aurait une surface de 0^m288.

Tableau des vaporisations avec tirage forcé

NUMÉROS DE L'ESSAI		1	2	3
Durée de l'essai		1 ^h 30	4 ^h 30	6 ^h 00
Nature du combustible		Astatkis	»	»
total		213 ^k 92	608 ^k 44	784 ^k 68
par heure		142 61	135 21	130 78
par mètre carré de grille et par heure en supposant une grille fictive dans le rapport de 1/52 avec la surface de chauffe, comme dans les torpilleurs de 325 chevaux.				
Consommat. de combustible		375 »	350 »	344 16
par mètre carré de grille et par heure en supposant une grille dans le rapport de celle du Marceau.		331 65	314 44	304 16
Température de l'eau d'alimentation.		16°	18°	17°
de la boîte à fumée.		350	302	380
de la chaufferie.		25	20	28
Pression à la chaudière		3 ^k	»	»
totale.		2.200 »	7.119 ^k	9.432 ^k »
Eau vaporisée		1.464 »	1.582 »	1.572 »
par mètre carré de chauffe		73 20	79 10	78 60
par kilogr. de combustible		10 27	11 70	12 02
par kilogr. ramené à 100°		12 04	13 68	14 06
Pression dans le conduit d'arrivée		45 ^{mm}	42 ^{mm}	45 ^{mm}
du vent dans le faisceau tubulaire.		10	8	8

Comparaison avec le charbon. — Dans les chaudières des grands torpilleurs de 525 chevaux, on a constaté qu'on arrivait à brûler au maximum 800 kilogrammes de charbon par heure et qu'on évaporait de 5 à 7 litres d'eau par kilogramme de charbon; en prenant le plus grand de ces deux chiffres, la vaporisation totale est donc :

$$7 \times 800 = 5.600 \text{ litres d'eau par heure.}$$

Ces chaudières ayant 100 mètres carrés de surface de chauffe mouillée, la vaporisation par mètre carré est donc de 56 litres seulement.

A côté des essais de torpilleurs, se présentent des essais beaucoup plus complets qui ont été effectués à terre, par l'Administration de la marine, sur un des

corps de chaudière du *Marceau*. Dans ces essais, qui ont été conduits avec une grande compétence par un ingénieur de la marine, M. Guillaume, la vaporisation a été poussée aussi loin que possible.

La chaudière avait été installée dans une chambre hermétiquement fermée, où soufflait le ventilateur, de façon à réaliser le *vase clos* des torpilleurs et des navires à grande vitesse. Le tableau ci-après fournit un résumé des essais les plus importants.

Ce tableau indique que la plus grande vaporisation atteinte a été de $52^m,33$ par mètre carré de surface de chauffe.

Dans la marine, on prend souvent comme terme de comparaison, non pas la quantité d'eau évaporée par mètre carré de surface de chauffe, mais plutôt la quantité de charbon brûlée par mètre carré de grille. Nous pouvons conserver cette même base pour comparer la chaudière à pétrole à la chaudière à charbon, en tenant compte des puissances calorifiques relatives des deux combustibles et en supposant, dans notre chaudière d'essai, l'existence d'une grille fictive proportionnée à la surface de chauffe.

Ainsi, dans notre meilleur essai, il est vrai, nous avons vaporisé une quantité de 1582 litres d'eau par heure. Le charbon employé sur le *Marceau* évaporant dans le cas de chauffage à outrance, 8 litres d'eau au maximum, si nous avions employé ce combustible au lieu de pétrole, nous en aurions brûlé, pour évaporer la même quantité d'eau, $\frac{1\ 582}{8} = 197^k,70$. Dans la chaudière du *Marceau* le rapport de la surface de grille à la surface de chauffe étant de $\frac{1}{46}$; une grille fictive établie dans le même rapport aurait, pour notre chaudière d'essai, une surface de $\frac{20}{46} = 0^m,43$.

Nous aurions donc brûlé par mètre carré de grille et par heure ;

$$\frac{197,70}{0,43} = 457 \text{ kilogrammes,}$$

soit 52 % de plus que le *Marceau*, qui n'a brûlé que 300 kilogrammes.

La comparaison avec les torpilleurs de 525 chevaux où, pendant les essais, tout est poussé à l'extrême, nous conduit encore à peu près au même résultat.

Dans ces bâtiments, en effet, on évapore au maximum 7 litres d'eau par kilogramme de charbon et le rapport de la surface de chauffe à la grille est de $\frac{1}{52}$; on brûle environ 800 kilogrammes de charbon à l'heure, soit $\frac{800}{1,90} = 420$ kilogrammes par heure et par mètre carré de grille, celle-ci ayant une surface de $1^m,90$,

En établissant avec cette chaudière la même comparaison que celle que nous venons d'établir avec le *Marceau*, notre chaudière d'essai aurait donc brûlé :

Tableau des essais de vaporisation à tirage forcé d'un corps de chaudière du « Marceau »

Date de l'essai.	22 juin 1885	13 juillet 1885	25 novembre 1884	7 mars 1885	13 mars 1885
Durée de l'essai.	5 heures	5 heures	4 h. 35	5 h. 3	5 h. 15
Nature du combustible.	Briquettes d'Anzin	»	»	»	»
Consommation du combustible	total	6.610 k. »	8.235 k. »	9.013 k. »	9.980 k. 8
	par heure.	1.322 »	1.647 »	1.966 52	1.976 4
	par mètre carré de grille et par heure.	200 66	250 »	298 5	300 »
Température	de l'eau d'alimentation. . .	19°	23°	»	11° 5
	dans la boîte à fumée. . .	440	491	481°	524 »
	dans la chaufferie.	28 5	34	»	26
Pression à la chaudière.	6 k.05	6 k.05	5 k.91	6 k.02	6 k.1
	total	55.193 »	68.185 »	70.121 »	78.748 50
	par heure.	11.038 70	13.637 »	15.298 »	15.593 80
Eau vaporisée	par mètre carré de chauffe et par heure.	36 4	44 977	50 457	51 43
	par kilogr. de combustible. .	8 35	8 28	7 78	7 89
	par kilogr. ramenée à 100°. .	9 85	9 77	»	9 468
Pression du	dans le conduit d'arrivée. .	20 ^m /m 1	28 ^m /m	66 ^m /m 4	68 ^m /m 5
	vent dans le faisceau tubulaire. .	1 5	5 8	»	8 7
Air dépensé par kilogramme de charbon brûlé.	9 m. cubes 73	10 m. cubes 5	11 m. cubes 3	10 m. cubes 27	9 m. cubes 64

$\frac{1\ 582}{7} = 226$ kilogrammes de charbon sur une grille fictive de $\frac{20}{52} = 0^m3,38$ de surface, soit :

$$\frac{226}{0,38} = 594^k,73 \text{ par mètre carré.}$$

c'est à dire 43 % de plus que le torpilleur.

Nous ne croyons pas que des essais de combustion de naphte avec tirage forcé aient été entrepris en dehors de ceux que nous avons faits et dont nous venons de donner le résultat; dans tous les cas, ces essais, si incomplets qu'ils soient, montrent qu'à égalité de tirage, la chaudière à naphte a une puissance de vaporisation bien plus grande que celle de la chaudière à charbon, et nous allons voir, en calculant les volumes d'air nécessaires à la combustion et les volumes des produits de cette combustion dans les deux cas, que cette supériorité est pleinement justifiée.

Volume d'air nécessaire à la combustion. — L'acide carbonique étant formé de 27,36 parties de carbone et de 72,64 d'oxygène, il faut, pour brûler un kilogramme de charbon, en formant de l'acide carbonique :

$$\frac{72,64}{27,37} = 2^{kl},65 \text{ d'oxygène,}$$

ou bien

$$\frac{2^{kl},65}{1,43} = 1^{m3},85 \text{ d'oxygène,}$$

la densité de l'oxygène étant 1,1026 et en prenant 1^k,30 comme poids d'un mètre cube d'air.

L'air étant composé de 21 % d'oxygène et de 79 % d'azote, il faudra, par kilogramme de charbon à brûler :

$$\frac{1,85 \times 100}{21} = 8^{m3},88 \text{ d'air.}$$

L'hydrogène, en brûlant, formera de l'eau qui contient 11,1 % d'hydrogène et 88,9 % d'oxygène; il faudra donc, pour brûler 1 kilogramme d'hydrogène :

$$\frac{88,9}{11,1} = 8 \text{ kilogr. d'oxygène,}$$

soit 5^{m3},594 d'oxygène, ou bien 26^{m3},628 d'air atmosphérique.

Les naphtes bruts ou leurs résidus qu'on est appelé à brûler, contenant environ 87,1 de carbone, 11,7 d'hydrogène et 1,2 d'oxygène, le volume d'air nécessaire à la combustion de 1 kilogramme de ce combustible sera donc :

$$0,871 \times 8,88 + \left(0,117 - \frac{0,012}{8}\right) 26,638 = 10^{m^3},800.$$

Péclet a trouvé expérimentalement que, lorsqu'on brûlait un combustible sur une grille, le maximum d'utilisation avait lieu en introduisant dans le foyer un volume d'air supérieur de 33 % au volume théorique. Dans la combustion du naphte, où le mélange du combustible et de l'air est intime, il est probable qu'on doit pouvoir se contenter de la quantité théorique; nous admettrons cependant, pour qu'il n'y ait pas de mécompte, ce supplément. La quantité d'air à introduire dans le foyer pour brûler 1 kilogramme d'astatkis sera donc :

$$10,8 \times 1,33 = 14^{m^3},36.$$

Pour brûler 1 kilogramme de charbon, il faut théoriquement 8 mètres cubes d'air; en y ajoutant 33 % il faut :

$$8 \times 1,33 = 10^{m^3},64.$$

Nous pouvons voir, d'après le tableau d'essais du *Marceau*, que ce volume est sensiblement celui qui a été mesuré en pratique.

Volume des produits de la combustion. — A température et à pression égales, le volume d'acide carbonique dégagé par la combustion du carbone est égal au volume d'oxygène qui l'a formé.

1 kilogramme d'hydrogène exigeant 8 kilogrammes d'oxygène pour se brûler il en résulte que chaque kilogramme d'oxygène brûlé donnera $1^k,125$ de vapeur d'eau ou $1,24 \times 1,125 = 1^{m^3},4$ environ de vapeur ramenée fictivement à 0°.

A la pression atmosphérique et à 5°, 1 kilogramme d'oxygène occupe un volume de $0^{m^3},70$; donc chaque kilogramme d'oxygène converti en vapeur donnera une augmentation de volume de $1^{m^3},4 - 0^{m^3},7 = 0^{m^3},7$. En d'autres termes, en brûlant de l'hydrogène, le volume de vapeur produit est double du volume d'oxygène employé.

Eu brûlant 1 kilogramme d'astatkis les produits de la combustion seront donc :

$$\begin{aligned} 0,87 \times 1^{m^3},85 &= 1^{m^3},609 \text{ d'acide carbonique,} \\ 0,117 \times 2 \times 5^{m^3},6 &= 1^{m^3},310 \text{ de vapeur,} \end{aligned}$$

et comme on a employé $14^{m^3},36$ d'air, sur lesquels $1^{m^3},609$ d'oxygène a été employé à brûler le carbone et $\left(0,117 - \frac{0,012}{8}\right) 5^{m^3},6 = 0^{m^3},646$ à brûler l'hydrogène, il restera un excédent de :

$$14,36 - 1,609 - 0,646 = 12^{m^3},105 \text{ d'ozote et d'oxygène non combiné.}$$

Le volume total des produits de la combustion de 1 kilogramme d'astatkis sera donc :

$$12,105 + 1,609 + 1,310 = 15^{m^3},024.$$

Ce volume est compté à 0°, et il faudra le dilater à la température du foyer et à celle de la cheminée s'il doit servir de base pour en déterminer les sections; mais cette correction n'est pas nécessaire pour établir la comparaison suivante entre la chaudière à naphthe et la chaudière à charbon.

Puissances évaporatoires relatives de la chaudière à charbon et de la chaudière à pétrole. — Dans la chaudière à charbon, lorsqu'on brûle 1 kilogramme de combustible, il faut faire passer dans les conduits de fumée 10^m3,64, volume des produits de la combustion, et on évapore au maximum 8 litres d'eau.

Dans la chaudière à pétrole, pour brûler la même quantité de combustible, il faut faire passer 14^m3,36 d'air brûlé, mais on évapore 13 litres d'eau.

En d'autres termes, pour évaporer 1 litre d'eau, il faut, en brûlant du charbon, faire circuler dans la chaudière :

$$\frac{10,64}{8} = 1^{\text{m}},330 \text{ d'air brûlé}$$

et en brûlant du pétrole,

$$\frac{14,36}{13} = 1^{\text{m}},104.$$

Ou bien encore, pour une circulation de 1 mètre cube de gaz dans les conduits de fumée, la chaudière à charbon évapore :

$$\frac{1}{1,330} = 0^{\text{lit}},75 \text{ d'eau,}$$

et la chaudière à naphthe,

$$\frac{1}{1,104} = 0^{\text{lit}},90.$$

Il en résulte qu'à égalité de section des conduits de fumée et, par conséquent, à égalité de surface de chauffe, et dans les mêmes conditions de tirage, la chaudière à naphthe évapore :

$$0,90 - 0,75 = 0,15$$

$$\text{soit } \frac{0,15}{0,74} = 20 \%$$

de plus que la chaudière à charbon.

On en déduit que pour évaporer la même quantité d'eau, dans l'unité de temps, avec le même tirage, la chaudière à naphthe peut être de 20 % plus petite que celle à charbon.

Or, nous avons trouvé pratiquement une différence beaucoup plus grande, cela est dû certainement à ce que, en brûlant du charbon, on est conduit forcément à introduire dans les chaudières beaucoup plus d'air qu'il n'est théoriquement nécessaire, tandis qu'en brûlant du pétrole, on est, au contraire,

conduit à diminuer cette quantité, à cause de l'union intime du combustible et du comburant, et de l'uniformité d'écoulement de ces deux agents, ce qui rapproche d'autant de la combustion théorique.

Cette remarque et la comparaison précédente des produits de la combustion dans les deux cas expliquent les vaporisations considérables que nous avons constatées sur notre chaudière d'expérience.

Inconvénients des chaudières actuelles des torpilleurs. — Les dernières grandes manœuvres maritimes en France et les courses de torpilleurs en Angleterre ont montré à quel point il fallait peu compter sur les chaudières de ces petits bâtiments pour une marche à toute vitesse ayant une durée de quelques heures.

Même à vitesse réduite, ces chaudières sont extrêmement difficiles à conduire et, dans leur rapport de mer, les commandants des torpilleurs qui ont fait, aux mois de juillet et d'août 1886, la traversée de Toulon à Cherbourg, insistent sur les difficultés que présente la chauffe et réclament, pour ce service un personnel très exercé, dût-on le prendre en dehors du personnel mécanicien régulier.

Ces chaudières sont du type locomotive, c'est à dire qu'elles ont des foyers carrés, débouchés en dessous de la grille, et que le faisceau tubulaire est en prolongement de cette dernière.

Lorsqu'on marche à grande vitesse, les grilles s'encrassent rapidement, les escarbilles et mâchefers sont entraînés par le tirage, passent en partie par le faisceau tubulaire et la cheminée, et cela a déjà l'inconvénient de signaler de très loin à l'ennemi l'approche du torpilleur; mais, ce qui est plus grave, c'est qu'un certain nombre de tubes finissent par être obstrués par des dépôts de coke qui se forment sur leur orifice et qui ont l'aspect extérieur de nids d'hirondelle; ces dépôts ou ces nids d'hirondelle, pour leur conserver ce nom qui les caractérise si bien, ont non seulement l'inconvénient de couper le tirage (et il faut, si on veut continuer à fonctionner, les enlever à grand peine au moyen d'un ringard qu'on promène de confiance sur toute la plaque tubulaire), mais on a de plus remarqué qu'ils se formaient de préférence sur les tubes qui, après refroidissement de la chaudière, perdaient le plus.

La nécessité du tirage forcé sur les torpilleurs et les croiseurs a conduit à l'emploi des chaufferies fermées et soufflées appelées très justement vase clos; tant que la chaudière ne présente pas de fuites, les chauffeurs qui sont enfermés dans le vase clos ne courent aucun danger, et, en dehors de l'impression morale pénible qu'exerce sur eux cette claustration forcée, impression qui deviendrait plus vive certainement le jour où le torpilleur aurait réellement à combattre, cette disposition est parfaitement acceptable.

Mais le vase clos devient dangereux lorsqu'il se produit une fuite dans la chaudière; le premier mouvement des chauffeurs est de chercher une issue pour fuir,

et s'ils ont le malheur d'ouvrir une porte quelconque de communication avec l'extérieur, la pression qui régnait dans la chaufferie disparaît tout à coup, et tout le personnel peut être grièvement brûlé par le retour de flamme ou par la fuite de vapeur qui n'est plus entraînée dans la cheminée; il faut un chef de chauffe assez énergique pour maintenir la chaufferie hermétiquement close, augmenter la vitesse du ventilateur, mettre bas les feux si c'est possible et évacuer la chaufferie seulement lorsque la chaudière est vide.

Chaudière à tirage forcé et à combustion de pétrole. — En présence des difficultés qu'offre le chauffage au charbon avec tirage forcé et des dangers que présentent les chaudières actuelles des torpilleurs, il y a lieu de se demander s'il ne conviendrait pas d'essayer d'une façon sérieuse l'emploi du naphte à bord de ces bâtiments, avec une chaudière convenablement appropriée à l'emploi de ce combustible.

Il est juste de reconnaître que cette idée avait été émise par les Forges et Chantiers du Havre, qui avaient même pris un brevet à ce sujet; malheureusement cette Compagnie avait repris, en l'améliorant et la transformant, il est vrai, la grille à pétrole de M. Sainte-Claire-Deville, qui se contentait de brûler le combustible en le faisant écouler dans de petites rigoles légèrement inclinées; M. de Maupeou, ingénieur de la Marine, qui a résumé ces essais dans un remarquable article qu'il a fait paraître dans le *Mémorial du génie maritime*, faisait observer avec grande raison, dès cette époque, que ce n'était pas là la solution et qu'on ne la trouverait que dans la pulvérisation.

Dans l'appareil des Forges et Chantiers (pl. 95, fig. 1 à 5), le brûleur était formé de barreaux en fonte creusés en forme de gouttière, le naphte tombait dans ces gouttières et brûlait progressivement au contact de l'air soufflé entre ces barreaux, et dont la quantité se trouvait réglée par le mouvement horizontal des ailettes V, qui rétrécissaient ou augmentaient les fentes d'arrivée.

Il faut remarquer que, dans cet appareil, l'air employé avait une pression de 8 à 9 centimètres seulement; ainsi que nous le verrons plus loin, cette pression est absolument insuffisante pour effectuer la pulvérisation du combustible, et la combustion s'effectuait donc seulement par contact.

Aussi le résultat a-t-il été bien incomplet; la production de vapeur était très faible, l'appareil très sujet à s'encrasser et, après quelques essais, cette disposition fut abandonnée sans recevoir d'application.

Les essais que nous avons résumés au commencement montrent au contraire qu'avec des pulvérisateurs, la question est facile à résoudre et le succès certain.

On pourrait remplacer les chaudières actuelles par des chaudières à foyer fermé, comme celle qui est représentée, planche 95 bis.

Cette chaudière a la forme générale de celles qui sont actuellement en service

et correspond comme dimensionaux aux chiffres qu'il conviendrait d'adopter pour les torpilleurs de 525 chevaux; mais, comme la grille est supprimée, le foyer, au lieu d'être carré, a la même forme que la boîte à feu, et l'enveloppe de la chaudière devient cylindrique sur toute sa longueur.

Il est parfaitement certain que cette chaudière, alimentée avec du pétrole, se trouverait complètement à l'abri de la formation des nids d'hirondelle qui se produisent dans les chaudières à charbon; la présence d'un tore dans le foyer le rendrait élastique et le mettrait ainsi à l'abri des fuites et des déchirures; en outre, cette élasticité, en permettant au faisceau tubulaire de se dilater et contracter indépendamment de l'enveloppe, diminuerait certainement les fuites de la plaque tubulaire; mais celle-ci aurait encore cependant l'inconvénient de se trouver directement exposée au courant de flamme.

Mais il faut remarquer que la possibilité de supprimer la grille permet l'emploi, pour la chaudière à pétrole, du retour de flamme; cette chaudière, représentée planche 95, se comporterait probablement très bien, même avec des tirages à outrance; la présence d'une boîte à feu élastique comme celle des chaudières du *Marceau* permettrait les dilatations, et la position des tubes en retour les mettrait à l'abri du coup de feu qu'ils reçoivent lorsqu'ils se trouvent en prolongement du foyer.

Dans l'une ou l'autre de ces chaudières, le foyer est fermé par une devanture en fonte A, qui est à circulation d'eau pour ne pas rougir; les pulvérisateurs BB sont fixés sur cette devanture.

Les pulvérisateurs reçoivent le pétrole d'un réservoir C, placé sur le côté de la chaudière, et l'agent de pulvérisation, vapeur ou air comprimé, arrive par le tuyau D.

L'air soufflé par le ventilateur arrive dans la devanture en fonte par le conduit E, et se divise en deux courants qui pénètrent dans le foyer par les orifices G G; il y a lieu de remarquer que ces deux courants viennent couper le jet de naphte enflammé à angle droit; cette disposition assure un brassage énergique du combustible et du comburant, et nous avons trouvé par expérience qu'elle donne des résultats beaucoup plus avantageux que ceux qu'on obtient en dirigeant le jet de vent dans le même sens que le jet de pétrole; cette disposition a encore un autre avantage: le jet de vent arrivant à angle droit perd sa vitesse qui,

dans le foyer devient $\frac{Q}{\Omega}$ (Ω étant la section du foyer), au lieu de $\frac{Q}{\omega}$ (ω étant la section du tuyau d'arrivée) qu'elle était à la sortie du tuyau; cette diminution de vitesse permet aux gaz chauds de séjourner plus longtemps dans le foyer et le faisceau tubulaire, et de se dépouiller plus complètement de la chaleur qu'ils contiennent. Une porte H ménage l'accès de l'air dans le foyer pour marcher à tirage naturel, et deux autres portes plus petites M permettent d'introduire les tampons de coton enflammé nécessaires pour l'allumage.

La chaudière à tubes directs a les mêmes dimensions et le même poids que les chaudières actuelles des torpilleurs de 525 chevaux.

La chaudière à retour de flamme est un peu plus lourde; mais il faut observer que le naphte permettant des vaporisations beaucoup plus considérables, les dimensions pourraient, à égalité de production de vapeur, être notablement réduites.

Telles qu'elles sont représentées sur les figures ci-jointes, ces chaudières répondent aux conditions suivantes :

	Chaudière à tubes directs	Chaudière à retour de flamme
Timbre.	9 k.	9 k.
Surface de chauffe mouillée totale. . .	99 ^{m2} ,50	98 ^{m2} ,00
Section tubulaire (intérieur des bagues) .	0 22	0 22
Diamètres des tubes	40 × 44	46 × 50
Longueur entre plaques.	2 ^m ,850	3 ^m ,45
Nombre de tubes.	238	166
Surface d'évaporation.	6 ^{m2} ,23	6 ^{m2} ,45
— — par cheval.	0 0119	0 0123
Rapport à la surface de chauffe. . . .	¹ / ₁₆	¹ / ₁₃
Volume de vapeur.	2 ^{m3} ,640	2 ^{m3} ,720
— — par cheval.	5 litres	5 litres
— — par mètre carré de surface de chauffe.	26 4	27 5
Poids de vapeur dépensé par heure pour 525 chevaux (à 10 kilogr. par cheval). .	5,250 k.	»
Poids de pétrole à brûler pour cette pro- duction par heure.	437	»
Volume d'air nécessaire par seconde à 20 ^{m3} par kilogramme de pétrole. . . .	8.740 ^{m3}	»
Volume d'air nécessaire par seconde à 20 ^{m3} par kilogramme de pétrole	2 427	»
Vitesse de l'air dans le tuyau d'arrivée par seconde.	20 mètres	»
Section du tuyau amenant l'air soufflé. .	0 ^{m2} ,1213	»
Pression du vent en colonne d'eau $h =$	0 ^m ,026	»

Installation à bord de la chaudière et des soutes. — Cette installation est des plus simples; il n'est plus nécessaire ici de fermer la chaufferie et de la mettre sous pression; elle peut rester en libre communication avec l'extérieur; le ventilateur refoule par le conduit E dans le foyer l'air nécessaire à la combustion; le reste de l'installation n'a aucune modification à subir.

Les soutes sont des réservoirs étanches construits de chaque côté de la chaudière à la place des soutes actuelles à charbon; une soute de réserve peut être construite en fermant, par une tôle mince, les mailles du bâtiment. Un petit cheval spécial prend le pétrole dans les soutes et le refoule dans le réservoir C qui le distribue aux pulvérisateurs.

Remplacement de la vapeur par l'air comprimé pour effectuer la pulvérisation. — A bord d'un torpilleur, où la provision d'eau douce est très restreinte, il y aurait inconvénient à employer la vapeur comme agent de pulvérisation, cet emploi ayant pour résultat de laisser échapper, d'une façon continue, par la cheminée, une quantité de vapeur qu'on peut évaluer à $1/20$ de la production de la chaudière.

Mais on peut employer à sa place l'air comprimé; la pulvérisation s'effectue aussi bien; la flamme est même plus blanche, surtout avec de l'air chauffé préalablement, et le rendement est sensiblement le même qu'avec la vapeur.

Avec de l'air froid, l'appareil s'éteint quelquefois brusquement; avec de l'air chaud, ces extinctions ne se produisent plus, surtout si on a la précaution de garnir le foyer de briques réfractaires qui rougissent rapidement et assurent alors la parfaite régularité du feu.

La température à laquelle il convient d'échauffer l'air n'est pas élevée; il suffit de 50 à 60 degrés; la disposition qui convient le mieux est de faire passer le tuyau qui amène l'air au pulvérisateur dans le réservoir de vapeur ou dans la cheminée.

Pour l'allumage avec de l'air, il faut d'abord n'employer qu'une pression de 0 kil. 400 à 0 kil. 600; lorsque la flamme est bien fournie et le foyer chaud, on peut alors l'augmenter et aller jusqu'à 1 kilogramme; mais la pression qui convient le mieux est celle de 0 kil. 75.

Il faut cependant remarquer qu'avec de l'air comprimé, la flamme produit un bruit continu, assez intense, analogue à celui d'un grand ventilateur; ce phénomène, qui n'a pas lieu avec la vapeur, est probablement dû à une série d'extinctions et d'allumages infiniment rapprochés, et doit avoir la même origine que ceux qui se produisent dans les tubes qu'on a appelés harmonicas chimiques; aussi il est probable qu'il disparaîtrait si, au lieu d'employer de l'air atmosphérique, on employait les produits de la combustion; cette disposition serait facilement applicable et aurait même l'avantage d'éviter le réchauffement, puisque les produits de la combustion sortent de la cheminée à une température élevée, il faudrait même les refroidir pour ne pas abîmer la pompe de compression; cependant ce refroidissement ne devrait pas être poussé trop loin, car ils contiennent de la vapeur d'eau, provenant de la combustion de l'hydrogène, qu'il ne faudrait pas laisser se condenser.

Volume d'air nécessaire à la pulvérisation et volume de la pompe de compression. — Pour pulvériser 1 kilogramme de naphte, il faut employer environ 500 litres d'air à la pression de 0 k. 75.

La chaudière des torpilleurs de 525 chevaux devant brûler, au maximum en pleine puissance, 300 kilogrammes de naphte par heure, une pompe aspirant 300 mètres cubes à l'heure, soit 5 mètres cubes par minute, donnera un volume

d'air plus que suffisant pour assurer la pulvérisation ; une pompe à action directe système Westinghouse, ayant 300 millimètres de diamètre et 300 millimètres de course, et battant seulement 120 coups par minute, remplirait ces conditions.

Réservoir d'air pour l'allumage. — Pour l'allumage de la chaudière il faudra avoir un réservoir contenant l'air comprimé, qu'on laissera arriver dans le foyer à une pression de 0 kil. 75 en passant par un détendeur. La capacité de ce réservoir peut être facilement déterminée d'après la quantité de naphte à pulvériser, pour obtenir, dans la chaudière, de la vapeur à une tension suffisante pour faire fonctionner la pompe.

La chaudière contient 2850 litres d'eau, qu'il faut porter à la température de 130 degrés correspondant à la pression à laquelle la pompe peut commencer à fonctionner ; mais il faut remarquer que, pendant la mise en pression de la chaudière, le tirage se faisant à l'air libre, la quantité de combustible brûlé est beaucoup plus faible qu'en marche normale ; il en résulte que le volume des gaz chauds étant plus petit ne passe que par les tubes du haut, et que le bas de la chaudière est encore froid lorsque le haut est déjà en pression ; aussi, au lieu de compter sur 2850 litres à chauffer, on peut ne compter que sur 2000, sans craindre que cette évaluation soit au-dessous de la réalité.

Pour élever ces 2000 litres à 130 degrés, en supposant l'eau de la chaudière à 10 degrés, il faudra dépenser d'abord :

$$2.000 (130 - 10) = 240.000 \text{ calories.}$$

Le volume de vapeur contenu dans la chaudière étant de 2640 litres, il faudra pour le remplir de vapeur à 130 degrés, vaporiser

$$2^{m^3},640 \times 1,5 = 3^{kl},960$$

soit 4 litres d'eau pris à 130 degrés et les porter à l'état de vapeur à la même température.

La dépense de chaleur pour cette vaporisation sera :

$$\begin{aligned} \lambda &= (606,5 + 0,305 T - T) 4, \\ &= (606,5 + 0,305 \times 130 - 130) 4 \\ &= 2.064,60. \end{aligned}$$

Le nombre total de calories à dépenser pour mettre la chaudière en pression sera donc :

$$240.000 + 2.064,60 = 242.064,60.$$

Le naphte produisant environ 11,000 calories par kilogramme, il faudra en brûler :

$$\frac{242.044,60}{11.000} = 22 \text{ kilogrammes.}$$

et, pour cela, dépenser

$$22 \times 0^{m^3},500 = 11 \text{ mètres cubes.}$$

d'air à la pression de 0 kil. 75.

Si on prend un réservoir à 120 kilogrammes, comme ceux qui se trouvent à bord des torpilleurs pour l'alimentation des torpilles, il faudra donc que ce réservoir ait une capacité de :

$$\frac{11 \times 0,75}{120} = 0^m,068$$

Résumé des avantages présentés par l'emploi du naphte pour les torpilleurs. — Par tout ce qui précède, on voit avec quelle facilité les torpilleurs pourraient être chauffés au pétrole, et il est facile d'évaluer les avantages considérables qui résulteraient de cette nouvelle disposition.

Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, on supprimerait le vase clos et on éviterait pour les chauffeurs, non seulement une contrainte morale très pénible, mais encore un véritable danger de tous les instants ; la chauffe serait des plus faciles et se réduirait à une simple surveillance, au lieu d'exiger, comme aujourd'hui, un nombreux personnel instruit et difficile à recruter.

Au point de vue militaire, il est bon de remarquer que le pétrole brûlant sans fumée, le torpilleur ne serait plus trahi de très loin, le jour par le panache de fumée, et la nuit par les étincelles et escarbilles enflammées qui s'échappent de sa cheminée.

Le naphte, ayant une plus grande puissance calorifique que le charbon, permettrait, à poids égal de combustible embarqué, d'aller plus loin. En effet le charbon évaporant dans les torpilleurs 7 litres d'eau et le naphte 12 litres, les chemins parcourus seraient dans le rapport $\frac{12}{7}$, c'est-à-dire que si le torpilleur à charbon parcourait x milles, le torpilleur à pétrole en parcourait $x \times \frac{12}{7}$.

Nous avons vu aussi qu'à égalité de surface de chauffe, la chaudière à pétrole pouvait vaporiser 20 % de plus ; on pourrait donc construire une chaudière à pétrole qui, à égalité de puissance, serait 20 % plus légère que la chaudière à charbon ; ces dernières pesant actuellement, pour les torpilleurs de 525 chevaux, 8 000 kilogrammes environ, on pourrait probablement alléger le navire de 1 600 kilogrammes, ce qui, pour la même puissance permettrait d'augmenter sensiblement la vitesse.

En dehors de l'intérêt tout particulier que le chauffage au pétrole présente pour les torpilleurs, où il est indispensable de tout sacrifier à la vitesse sous peine d'avoir une arme inutile, il faut remarquer que la combustion du naphte résout d'une façon simple et pratique la question du tirage forcé, auquel les vitesses de plus en plus grandes que l'on demande aux paquebots forcent les constructeurs à recourir.

L'emploi de ce combustible permettrait ainsi de réduire dans de notables proportions les appareils évaporatoires formidables qu'on est obligé d'adopter dès que l'on veut obtenir de grandes vitesses ; si à cela on ajoute l'économie de

personnel et de place qui en résulterait, on voit qu'il y a là une solution excellente qu'il ne faut pas perdre de vue et qui sera peut-être généralement adoptée dans un avenir prochain.

Cependant, avant de l'aborder d'une façon plus complète, il y a à résoudre la difficulté d'approvisionnement du naphte; la question n'est pas insoluble, et nous croyons même qu'elle est à la veille de recevoir une solution définitive; elle présente d'ailleurs un si grand intérêt et est journellement l'objet de discussions et d'études si importantes, que nous aurons probablement l'occasion d'y revenir.

J. D'ALLEST

Les expériences de M. d'Allest ont été ultérieurement (en novembre 1888) contrôlées par le service des constructions navales, et les résultats obtenus alors n'ont pas été aussi satisfaisants que ceux qu'on vient de voir: il est juste de dire que les résidus de naphte employés étaient renfermés depuis deux ans dans des fûts en bois et avaient pu perdre une partie de leurs qualités; que la chaudière sur laquelle on opérait avait un foyer et une cheminée plus petits que la chaudière d'essai sur laquelle M. d'Allest avait fait ses expériences, et enfin que ses dimensions n'ont permis de faire brûler que 100 kilogrammes de pétrole au maximum par le pulvérisateur qui était fait pour un débit de 150 kilogrammes à l'heure.

Dans ces conditions évidemment défavorables, le rendement brut du combustible a été trouvé égal à 10 kilogrammes 5 de vapeur environ, chiffre sensiblement inférieur à ceux donnés plus haut; il aurait certainement été meilleur avec une chaudière mieux proportionnée, et le rapport officiel de la marine reconnaît sans difficulté, tout en fixant à 11 kilogrammes 5 ou 12 kilogrammes le maximum sur lequel on serait en droit de compter.

Le rapport se prononce en faveur de l'emploi de la vapeur comme agent de pulvérisation, le fonctionnement d'une pompe de compression pour l'air entraînant à une dépense de vapeur supérieure à celle qui se perd par la pulvérisation et le service des bouilleurs destinés à réparer les pertes. Enfin, il reconnaît que l'emploi de l'air comprimé s'impose pour l'allumage, mais constate que la dépense d'air est sensiblement double de celle que M. d'Allest avait calculée.

Malgré ces conclusions qui amoindrissent, en partie, les avantages sur lesquels M. d'Allest se base pour préconiser l'emploi de l'huile minérale comme moyen de chauffage, le rapport se prononce en faveur d'un essai complet avec une chaudière construite exprès et dans des conditions applicables à l'emploi du nouveau combustible.

Nous remarquerons, en terminant, que les essais de la marine ont eu uniquement en vue l'application du système aux torpilleurs, et que là intervient une question militaire qui consiste dans le danger de voir les réservoirs d'huile per-

forés par des projectiles et dans la suppression de la protection qu'offre actuellement le charbon des soutes. Le danger d'explosion et d'incendie n'existe pas, les résidus de pétrole n'émettant pas de vapeur au-dessous de 300°. La question conserve donc tout son intérêt au point de vue de la marine marchande, pour laquelle les mêmes considérations n'ont pas à intervenir, et la seule objection sérieuse pour le moment réside, comme nous l'avons dit plus haut, dans le prix du combustible et la difficulté d'approvisionnement. Avec le développement que prend aujourd'hui l'industrie du pétrole, il est à prévoir que cette double difficulté disparaîtra peu à peu.

Chaudière d'Allest à combustion sous pression.

Comme application intéressante du chauffage au pétrole, les ateliers Fraissinet exposaient une chaudière analogue, comme construction, à la chaudière de torpilleur que nous venons de voir, mais pouvant fonctionner sous l'eau, grâce à certaines dispositions particulières (planche 95 bis).

La chaudière est formée d'une enveloppe cylindrique contenant un foyer A, un faisceau tubulaire B et une boîte à fumée C, absolument étanche et construite de façon à pouvoir supporter une pression de 5 atmosphères. Sur la cheminée D se trouve montée une boîte E, fermée à la partie supérieure par une solide porte à étrier F; la même boîte porte une cheminée à bascule G, et une autre cheminée H, terminée par un clapet I et descendant dans l'eau à une profondeur quelconque.

L'entrée du foyer est fermée par une devanture en fonte K, faisant joint étanche; une tubulure L permet à l'air arrivant par le tuyau M de pénétrer dans le foyer par les orifices N. Deux brûleurs à pétrole O O, montés sur la façade, reçoivent du pétrole provenant du réservoir P, alimenté lui-même par un petit cheval puisant dans les soutes.

Pour faire fonctionner la chaudière à l'air libre, il suffit d'ouvrir la porte F, de relever la cheminée G et de dévisser les deux tampons R; si on allume alors les brûleurs à pétrole, la chaudière fonctionne comme une chaudière ordinaire, l'air nécessaire à la combustion arrivant par les ouvertures R et les gaz s'échappant par la cheminée G relevée.

Mais supposons que l'on ferme hermétiquement les portes F et R et qu'on envoie par le tuyau M, dans le foyer, de l'air comprimé à une pression représentée par une colonne d'eau de hauteur H, H étant la profondeur à laquelle se trouve immergé le clapet I; la combustion continuera à s'effectuer et les gaz du foyer soulèveront le clapet I, à travers lequel ils se dégageront. Mais il faut,

en même temps, que le pétrole continue à s'écouler d'une façon régulière dans le foyer; pour cela, il suffit de mettre le sommet du réservoir P en communication, par un tuyau S, avec le foyer; il y a alors, au-dessus du niveau *a b*, qu'occupe le pétrole dans le réservoir, la même pression *h*, que celle qui existe devant l'orifice d'écoulement des brûleurs; le pétrole continuera donc à s'écouler en vertu de son poids et quelle que soit la pression intérieure du foyer.

Il faut pouvoir juger de l'état du foyer pour augmenter ou diminuer son activité; pour cela un tube T, fermé à son extrémité, par une glace épaisse, permet de voir le foyer; mais, au lieu d'observer celui-ci directement, on l'examine par réflexion dans un petit miroir U, mobile autour d'un axe X; de cette façon, si la glace qui ferme le tube T venait à se briser, l'observateur ne serait pas exposé à être brûlé.

Application à la navigation sous-marine.

On comprend immédiatement que cette chaudière, placée dans un bateau sous-marin, continuera à fonctionner lorsque celui-ci sera immergé.

Lorsque le bateau sera à la surface, les gaz s'échapperont par une cheminée telle que G, débouchant dans l'atmosphère; lorsque, au contraire, il sera immergé, il suffira de clore hermétiquement le foyer et les gaz s'échapperont alors par la cheminée H qui pourra aboutir sur les flancs ou sous la quille du navire.

L'air nécessaire à la combustion devra toujours être envoyé dans le foyer à une pression *h* représentant la profondeur d'immersion augmentée de la petite quantité nécessaire pour assurer le tirage; il sera puisé dans des réservoirs où il se trouve emmagasiné à haute pression et détendu à la pression *h*, au moyen d'un détendeur placé sur le parcours du tuyau M; mais cette pression *h* étant variable, puisqu'elle dépend de la profondeur d'immersion du navire, il faudra, pour que le foyer reçoive toujours de l'air à la pression convenable, que ce détendeur soit commandé par une membrane hydrostatique en communication avec la mer.

E. — Chaudières multitubulaires.

Les générateurs cylindriques à retour de flamme et les types qui en dérivent, comme la chaudière Bigot, ont l'inconvénient d'être extrêmement lourds, et de plus, l'énorme quantité d'eau qu'ils renferment constitue un sérieux danger en cas d'accident. Il n'est donc pas surprenant qu'on ait cherché depuis longtemps à modifier les conditions de production de la vapeur : ce principe a donné nais-

sance à tout un groupe de générateurs à volume d'eau réduit, qui sont désignés sous le nom de chaudières multitubulaires.

Ces chaudières, formées d'un grand nombre de tubes renfermant l'eau et la vapeur, ont acquis en France, surtout, un développement considérable, plus encore dans les installations fixes à terre que dans la marine.

M. l'Ingénieur de la marine de Maupeou a publié dans le *Mémorial du Génie maritime*, vers la fin de l'année 1889, un historique complet de la question et une étude aussi savante que complète sur tous les types de chaudières multitubulaires; de leur côté, MM. Bougarel et Monin ont fait dans la sixième partie de cette *Revue* une étude extrêmement intéressante des générateurs qui ont figuré à l'Exposition de 1889, et dans laquelle les chaudières multitubulaires occupent une large place. Il serait donc superflu de revenir longuement sur ce sujet, et nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur aux ouvrages précités, d'autant plus que les générateurs multitubulaires qui ont été adoptés au service à la mer ne diffèrent que par des détails sans importance de ceux qui servent à terre. Nous nous bornerons donc à donner quelques notes rapides sur un petit nombre de types auxquels MM. Bougarel et Monin ne se sont pas arrêtés.

Les chaudières Belleville ont été traitées (6^e partie. p. 84-97) aussi bien au point de vue maritime qu'au point de vue des installations à terre; il nous suffira donc de publier les plans d'un groupe de ces générateurs qui figurait dans la classe 65, ainsi que les dessins du détendeur, aujourd'hui adopté par la Maison (pl. 96). Nous n'avons rien non plus à ajouter sur les chaudières Roser (p. 111-119). Oriolle (p. 184-990), Collet (p. 190-199), Terme et Deharbe (p. 207-217), de Dion, Bouton et Trépardoux (p. 218-228), Durenne (p. 283-287), qui toutes ont reçu des applications maritimes.

Chaudière Lagrafel et d'Allest.

La chaudière Lagrafel et d'Allest, qui pendant toute la durée de l'Exposition a fourni de la vapeur à la classe 65, et qui a donné sur les navires où elle a été placée d'excellents résultats, a fait l'objet d'une note détaillée au Congrès de mécanique appliquée (9^e partie, 2^e fascicule, p. 87). Nous nous bornerons donc à en donner les plans (pl. 96 *bis*) qui n'ont pas été publiés avec cette note.

Le système actuellement construit par M. d'Allest, Directeur des ateliers Fraissinet, à Marseille, est une modification d'un type déjà ancien dû à M. La-

Générateurs Pressard, de 50 mètres carrés de surface de chauffe.

	2 juin 1891	3 juin 1891	3 juin 1891	4 juin 1891	5 juin 1891
Dates des essais.	2 juin 1891	3 juin 1891	3 juin 1891	4 juin 1891	5 juin 1891
Nature du combustible.	Briquettes d'Anzin				
Durée des essais.	5 h. 30	4 heures	4 heures	4 heures	7 h. 48
Température moyenne de l'eau d'alimentation.	13°	13°	27° 1/2	27° 1/2	27° 1/2
Eau vaporisée, au total.	4.212 litres	3 900 litres	2.860 litres	2.639 litres	4.992 litres
Poids de charbon brut consommé	535 k. 500	470 k. 500	321 k. 300	283 k. 050	520 k. 200
Poids des cendres et des résidus.	13 %	12 %	10,73 %	7,24 %	13 %
Poids de charbon pur consommé.	466 k. 500	413 k. »	286 k. 800	262 k. 550	452 k. »
Pression moyenne.	5 500	5 »	5 »	8 »	5 500
Poids de charbon brut consommé à l'heure.	84 726	117 »	80 325	70 762	66 600
Poids de charbon brut consommé à l'heure par m ² de grille.	73 030	101 300	69 250	61 »	57 586
Eau vaporisée à l'heure.	766 litres	975 litres	715 litres	659 litres	644 litres
Eau vaporisée à l'heure, par m ² de surface de chauffe.	15 litres 289	19 litres 461	14 litres 271	13 litres 153	12 litres 874
Tirage à la cheminée, en millimètres d'eau.	8 à 9 m/m	8 à 10 m/m	8 à 10 m/m	8 à 10 m/m	8 à 10 m/m
Vapeur absolument sèche, vérifiée six fois à l'heure.					
<i>Rendement :</i>					
Eau vaporisée par kilogramme de charbon brut	7 k. 872	8 k. 300	8 k. 901	9 k 325	9 k. 596
Eau vaporisée par kilogramme de charbon pur.	9 038	9 470	10 000	10 072	11 044

grafel. La chaudière Lagrafel primitive se composait essentiellement de deux lames d'eau planes, entretoisées, formant les façades antérieures et postérieures, réunies dans le bas par un faisceau de tubes de petites dimensions et dans le haut par un grand tube cylindrique où s'établit le niveau et qui sert en même temps de coffre à vapeur. La grille est au-dessous des tubes : deux parois en briques complètent le foyer. Les flammes traversent directement le faisceau tubulaire dans lequel leur parcours est allongé par des chicanes. — La chaudière actuelle se compose de deux corps du type primitif accolés l'un à l'autre, avec chambre de combustion commune. C'est cette disposition qui, jointe à une répartition plus judicieuse des chicanes destinées à faire circuler les gaz à travers le faisceau tubulaire, a notablement amélioré le rendement du générateur.

Les chaudières Lagrafel et d'Allest jouissent actuellement d'une faveur méritée ; la marine militaire et plusieurs Compagnies de navigation les ont adoptées.

Chaudière Pressard.

La chaudière Pressard a été décrite par MM. Bougarel et Monin (6^e partie, p. 200 à 206) au point de vue de ses applications à terre. Nous compléterons cependant les renseignements qui en ont été donnés par le tableau ci-contre, page 444, qui résume des essais récemment exécutés sur un générateur de ce système ayant 50 mètres carrés de surface de chauffe. Ces essais, faits sous le contrôle d'un Agent des mines, sont tout en faveur de ce générateur.

M. Pressard a spécialement étudié un type de chaudière marine dont nous donnons un dessin, planche 96 *ter*. Les générateurs du type marin diffèrent de ceux du type fixe en ce qu'il sont généralement à circulation unique des gaz de combustion sans cloison intermédiaire, l'emplacement dont on dispose étant souvent fort restreint. Pour obtenir la meilleure utilisation possible de la chaleur produite, on a multiplié les tubes en hauteur, en les rapprochant un peu ; de cette façon on arrive à constituer des appareils d'une grande puissance sous un faible volume.

Le dessin (pl. 96 *ter*) représente un groupe de six chaudières ayant une surface de chauffe totale de 500 mètres carrés : la surface occupée par cet ensemble est de 30^m2,42 et le poids total, eau comprise est de 85 630 kilogrammes, soit 170 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

Pour obtenir un volume d'eau et de vapeur convenable pour les besoins du service, chaque générateur a été muni de deux réservoirs, de telle sorte que les

variations dans le débit de vapeur et dans l'allure du feu n'influencent en aucune façon le niveau et la pression.

Les générateurs sont disposés dos à dos, de manière à avoir deux chambres de chauffe distinctes; un espace libre est réservé entre les deux rangs de chaudières composant le groupe, pour la visite et le démontage des boulons des tubes.

Les chaudières Pressard ainsi disposées, paraissent devoir rendre de bons services à bord des navires. Toutefois il n'a pas encore été fait, à notre connaissance, d'expériences concluantes sur l'application de ce système à la marine.

Chaudière Serpollet.

Nous renverrons encore le lecteur, afin d'éviter des redites, à la note publiée par M. Lesourd sur ce générateur (7^e partie, p. 535-540).

La Société des générateurs à vaporisation instantanée, système Serpollet, exposait dans la classe 65 une embarcation de 10 mètres de longueur, pourvue d'un générateur formé de trois éléments superposés. Chacun de ces éléments pèse 34 kilogrammes; ils ont 2 mètres de long; le vide capillaire a 43 millimètres de largeur. La surface de chauffe extérieure d'un semblable élément est de 1^m2,05; la surface intérieure, ou mouillée, est de 49 décimètres carrés.

Ces éléments sont placés au-dessus d'une grille de 0^m,30 de diamètre. Le poids total de la chaudière est de 234 kilogrammes.

On avait accolé à cette chaudière, faute du temps nécessaire pour la construction d'une machine à triple expansion, une machine à un seul cylindre fonctionnant dans les plus mauvaises conditions; malgré cela cette embarcation a fait 15 kilomètres à l'heure.

Afin d'éviter les arrêts qui pourraient provenir d'un manque d'alimentation, le moteur a été pourvu de deux pompes, l'une adaptée à la machine, l'autre manœuvrée à la main et qui sert à la mise en marche.

Lorsqu'un coup de force est nécessaire, pour vaincre un courant ou éviter un danger, on peut instantanément, en augmentant la quantité d'eau injectée, faire monter la pression à 20 ou 30 atmosphères sans nul danger, les générateurs étant éprouvés à 100 atmosphères et timbrés à 94.

L'allumage et la mise en pression ne demandent pas plus de 15 à 20 minutes; il n'y a plus ensuite qu'à entretenir le feu.

Les avantages d'un générateur aussi inoffensif, aussi puissant sous un petit

volume, d'une élasticité de production si étendue, le rendent évidemment précieux pour la navigation; il est donc à souhaiter qu'il entre bientôt dans la pratique et surtout qu'on arrive à l'adapter à des puissances supérieures à celles qu'on lui a fait produire jusqu'ici. Son principal inconvénient, pour le moment, réside dans son poids relativement considérable, et dans son rendement médiocre, la dépense de charbon par cheval-heure étant de 3 à 4 kilogrammes.

L. PIAUD

INGÉNIEUR EN CHEF DU " BUREAU VERITAS "

TABLE DES MATIÈRES

1^{re} Partie.

MARINE & ARTS MILITAIRES

Aérostats.—Aérostation militaire

GABRIEL YON et EDOUARD SURCOUF.

	Pages
Aperçu rétrospectif sur l'aérostation.	3
Joseph et Étienne de Montgolfier.	4
Charles et Robert.	4
Pilâtre de Rozier.	4
Guyton de Morveau.	5
Coutelle et Conté.	5
Biot, Gay-Lussac, Barral et Bixio.	8
Le général Meusnier.	9
Eugène Godard-Green.	10
Collection Gaston Tissandier. — Curiosités aérostatiques.	10
Avisol de M. Arsène-Olivier de Landreville.	12
Engins Charles Labrousse.	13
Société française de navigation aérienne.	15
Académie d'aérostation météorologique.	15
Organes aérostatiques (système Hervé).	15
Exposition H. Lachambre	16
Soupape et appareil à hydrogène de M. Cassé.	17
Avertisseur de montée et de descente (système L. Vernanchet).	18
AÉROSTATION MILITAIRE	
<i>Ministère de la guerre, Classe 66.</i>	19
Nacelle du ballon « La France ».	19
Nacelle du ballon de Dupuy de Lôme.	21
Ballon captif réglementaire et sa suspension.	22
Parc de ballons captifs. Suspension captive auxiliaire.	23
Parc de ballons captifs. Suspension libre normale.	23
Parc de ballons captifs. Suspension captive normale.	23
REVUE TECHNIQUE. — NEUVIÈME PARTIE.	

	Pages
Ballon de Place. Suspension libre	23
Nacelle pour ballon de 1.200 à 2.000 mètres cubes.	24
Nacelle du siège de Paris (1870-1871).	24
Parachute de 17 mètres de diamètre et sa nacelle.	24
Matériel ayant servi au Tonkin.	24
Pneumo-densimètre.	25
Machine à essayer les cordages.	25
Dynamomètre-balance.	25
Appareil automatique pour la manœuvre verticale des ballons libres (système Renard et Krebs).	26
Soupape des ballons captifs.	26
Ancre-chaîne (système Renard).	26
Machine pour la résistance de l'air (système Renard).	27
Anémomètre enregistreur.	27
Lampe Renard pour signaux.	27
Parachute dirigeable du lieutenant Renard.	27
Appareils d'aviation d'Alphonse Penaud.	28
Nomenclature des objets divers contenus dans la vitrine n° 1.	28
Fabrication des vernis.	28
Échantillons d'étoffes vernies.	29
Fabrication de l'hydrogène	29
Tableau comparatif des procédés de fabrication.	29
Piles électriques Renard.	30
Échantillons de travaux de corderie et de couture	33
Échantillon de l'étoffe de Dupuy de Lôme.	33
Échantillon des ballons du siège de Paris.	33
Échantillons du ballon de Fleurus.	33
Instruments en usage dans les ascensions.	34
Compas aéronautique du colonel du génie Mangin.	34
Album de Condé et de Meusnier.	34
Machine Perreaux à essayer les étoffes.	34
Hydrogène comprimé.	35
Bouteilles en cuivre pour le transport de l'acide sulfurique en campagne.	35
Tubes et coupelles à gazéine.	35
Voiture-treuil.	35
Voiture à hydrogène.	36
Matériel aérostatique et ballon dirigeable (vues stéréoscopiques).	36
Soupapes grées.	36
Appendice normal grée.	36
Appareils de Richard.	37
Ballon captif sous la première République. Episode du siège de Mayence (reproduction d'une aquarelle de Conté).	37
Ballon dirigeable du général Meusnier.	37
» <i>la France</i> .	37
» captif normal.	37
Appareil de Charles, 1883 (méthode des tonneaux).	38
» à circulation à cuvettes superposées.	38

	Pages
Appareil fixe à circulation (système Renard).	38
» » » de Giffard (1878).	38
» » » de Tissandier (1883).	39
» de gonflement en campagne.	39
» de Conté.	39
» de gazogène du commandant Renard.	39
Parc de ballons captifs.	39
Itinéraire des aérostats au Tonkin.	40
Histoire de la direction des ballons.	
Cartes des ascensions libres exécutées par le service de l'aérosta- tion militaire.	41
Photographies diverses.	41
<i>Aérostation civile. — Classe 52.</i>	41
Aérostas électrique à hélice des frères Tissandier.	41
<i>Aérostation militaire. — Classe 66.</i>	45
<i>Exposition de l'ingénieur Gabriel Yon.</i>	45
Parc aérostatique de campagne.	45
<i>Générateur à gaz hydrogène pur à marche rapide et continue.</i>	45
Générateur.	45
Laveur.	46
Sécheur.	46
Pompe.	46
Chaudière.	47
Machine.	47
Treuil récepteur.	47
Mouvement universel.	47
Frein à air.	47
» de sûreté.	47
<i>Matériel aérostatique.</i>	47
Filet et nacelle.	48
Soupapes supérieures et d'appendice pour ballon captif fixe.	49
Dessins et photographies.	49
Transport de l'hydrogène sous pression.	50
<i>Projet Bary. — Etudes et dessins. — Classe 52.</i>	51

Les Machines marines à l'Exposition universelle de 1889, par M. E. POLONCEAU.

Considérations générales.	53
Divers types de machines à vapeur en usage en 1878.	54
Forges et Chantiers de la Méditerranée. — Types des machines en construction en 1878.	58
Modifications apportées aux divers types de machines compound depuis 1878.	58
Navires de commerce.	58

	Pages
Grands paquebots.	59
Navires de guerre, cuirassés et grands croiseurs.	60
Le <i>Marceau</i> .	60
Le <i>Cécille</i> .	61
Le <i>Pélayo</i> .	62
<i>Croiseurs</i> .	62
Type des machines construites depuis 1878 jusqu'en 1888.	61-65
Appareils à deux hélices de 6060 chevaux indiqués construits par le Creusot.	63
Description.	66
Machines des bateaux express de Paris.	67
Canot White. construit par la maison Chaligny.	68
Canot de 7 ^m ,89 construit pour le canal de Suez par les anciens Établissements Cail.	68
Machines à triple expansion.	69
Navires de commerce.	70
Grands paquebots.	71
Machine de l' <i>Eugène Péreire</i> de la Compagnie générale transatlantique.	72
Machine de la <i>Touraine</i> de la Compagnie générale transatlantique.	73
<i>Bâtiments de guerre</i> .	74
Types de machines de construction récente.	76-77
<i>Alger</i> . — Appareil à deux hélices de 8000 chevaux indiqués.	78
<i>Wattignies</i> . — Appareil à deux hélices de 4000 chevaux indiqués, construit par le Creusot.	79
<i>Formidable</i> . — Appareil à deux hélices de 8500 chevaux indiqués, construit par le Creusot.	80
<i>Lupérouse, Nielly, Monge</i> . — Appareil à deux hélices de 2700 chevaux indiqués, construit par le Creusot.	81
<i>Torpilleurs</i> .	82-83
Chaudière à circulation d'eau (système A. Lagrafel et J. d'Allest).	87
Description des chaudières.	88
Essais de vaporisation.	90
Poids des chaudières.	91
 Note sur l'emploi de l'eau de mer comme supplément dans les chaudières marines alimentant des machines à triple expansion , par M. D. STAFFER.	 93
Conclusions.	97
 Les matières explosives à l'Exposition universelle de 1889 , par M. P.-F. CHALON.	
Introduction.	99
PREMIÈRE PARTIE	
<i>Les poudres et explosifs</i> .	100

Les explosifs pour mines grisouteuses.

Pages
102

DEUXIÈME PARTIE

Les hydrocarbures nitrés.

Classe des phénols.

Nitrobenzines, nitrotoluols, etc.

Nitrophénols.

Nitrocresols,

104
104
107
107
108

TROISIÈME PARTIE.

Les nitrocelluloses.

Celluloses et nitrocelluloses.

Historique.

Données générales.

Fabrication du fulmi-coton.

Purification du coton.

Décandeur Maignen.

Filtre Maignen.

Nitrification.

Pulpage.

Mise en cartouches.

Epreuve d'alcalinité.

« d'humidité.

» d'incinération.

» de solubilité.

» de chaleur.

Poudres sans fumée.

Généralités.

Compositions et effets des poudres sans fumée.

Poudre Schultze.

Poudre Vieille.

Résultats obtenus avec une balle de 16 grammes et le fusil de
8 millimètres.

Poudre Abel.

Poudre Turpin.

Poudre papier de Wetteren.

Poudre Gaens.

Poudre Wolf.

Poudre Maxim.

Poudre Hengst.

Poudre Johnson-Barland.

Poudre Nobel.

Poudre Emmens ou gellite.

Conclusions.

Collodions photographiques.

Données générales.

Le vernis au pyroxyle.

« Zapon » de M. Crane.

La soie artificielle.

110
110
110
111
116
116
117
118
120
120
121
125
125
125
125
125
128
128
129
131
131
132
132
132
132
133
133
133
133
134
134
135
136
136
137
138
138
140

Considérations générales.	140
Procédé de Chardonnet.	141
Procédé du Vivier.	143

La marine à l'Exposition par MM. GODRON et L. PIAUD.

Avant-propos.	149
<i>La Marine marchande</i> , par L. PIAUD	155

PREMIÈRE PARTIE

Considérations générales.	155
Les grands paquebots.	159
Lignes de New-York.	159
Historique.	159
Tableau des principaux paquebots et leurs éléments.	163
Etruria et Umbria.	168
La Champagne, La Bretagne, La Bourgogne, La Gascogne.	169
Tableau comparatif des vitesses.	172
City of New-York. City of Paris.	173
Teutonic et Majestic.	177
La Columbia.	181
Normannia.	184
La Touraine.	186
<i>Lignes de Chine et de l'Australie. Lignes de l'Océan Indien.</i>	193
Considérations générales.	193
Ormuz.	194
Australien, Polynésien.	195
Raffaele Rubattino.	199
Norham Castle et Roslin Castle.	200
Ville-de-Metz.	201
<i>Lignes de l'Atlantique Sud.</i>	202
Considérations générales.	203
Portugal.	204
Brésil et La Plata.	205
Dordogne et Charente.	207
Paraguay.	209
Entre Rios et Santa-Fé, Colonia, Concordia, Campania et Corrientes.	211
Chili.	212
Pérou.	213
Orinoco.	214
Atrato et Magdalena.	215
Vittoria.	216
<i>Services côtiers.</i>	217
<i>Lignes de la Méditerranée.</i>	217
Eugène-Péire.	217

Maréchal-Bugeaud et la Ville d'Alger.	218
Manche, Canal d'Irlande, Mer du Nord.	220
Ireland.	221
Empress, Calais-Douvres.	223
Queen-Victoria-Prince-of-Wales.	225
Rouen-Paris.	225
Princesse-Henriette, Princesse Joséphine	226
Côtes du Pacifique.	227
L'Impérial.	227
<i>Navigación fluviale.</i>	229
Battambang.	229
Bassac.	231
Lao-Kai.	233
Ramesès, Prince Mahomed-Aly.	234
Navires à roues.	234
Navires à hélice.	235
L'Excursionniste.	236
<i>Services spéciaux.</i>	238
Les Navires pétroliers.	238
Considérations générales.	239
Draques marines.	243
Haleurs et Toueurs.	247
Bateaux-Pompes.	248
Bac de passage.	249
Bateaux de pêche.	250
Navires à voiles.	252
Données générales.	252
France.	255

**Des procédés d'étude employés par les missions d'Explorations
sous-Océaniques et de la Technique des pêcheries ma-
rines représentées à l'Exposition universelle de 1889,
PAR GEORGES ROCHÉ**

Introduction.	257
Les manifestations de la vie sur le sol sous-marin.	260
Données générales.	261

PREMIÈRE PARTIE

<i>Les campagnes d'explorations sous-marines françaises.</i>	270
Le « Travailleur » Première campagne ».	271
Deuxième campagne du « Travailleur ».	272
Troisième campagne du « Travailleur »	275
Le « Talisman ».	275
Instruments de sondages.	277

Sondeur du « Irooke ».	277
» « Bull-Dogg ».	278
» « Lightning ».	278
» « Porcupine ».	279
» « Challenger ».	279
» « Blake ».	280
» « Travailleur ».	280
Accumulateurs.	282
<i>Machines à sonder.</i>	283
Appareil de sondage de M. Thibaudier.	283
Machine à sonder du « Talisman ».	284
Machine à sonder du « Blake » et de « l'Albatros ».	285
Machine à sonder du « Fish Hawk ».	286
Machine à sonder de la « Princesse Alice ».	286
Machine à sonder de Massey.	287
Bathomètres.	288
» de Regnard.	289
» Siemens.	289
<i>Appareils de Dragages.</i>	290
Câbles de dragues. — Funes.	292
Déroulement de la fune métallique.	294
Treuil du « Talisman ».	294
Bobine du « Talisman ».	295
Manœuvre du bâtiment pour draguer.	295
Pont du Talisman.	296
Espars de l'Albatross.	297
Lignes à hameçons.	299
Tamisages.	299
<i>Instrument pour l'étude du milieu marin.</i>	300
Bouteilles à eau.	300
Bouteille du « Travailleur ».	304
Bouteille à eau des missions étrangères.	303
Bouteille du « Challenger ».	303
Bouteille du laboratoire de Granton.	304
Bouteille de l'Albatross.	304
Bouteille du Voringen.	304
Bouteille du Docteur Regnard.	306
<i>Pompe à roulis du Docteur P. Regnard.</i>	306
Enoncés de quelques résultats fournis par l'analyse chimique du milieu marin.	308
<i>Thermométrie marine.</i>	309
Instrument de M. Meyer.	310
Sonde électrique de Siemens.	310
Photothermomètre du Dr Michaelis.	311
Thermomètre enregistreur de Regnard.	312
Thermomètre Miller-Casella.	313
» Neprette et Zambra.	314

DEUXIÈME PARTIE

<i>Les recherches scientifiques du prince Albert de Monaco.</i>	315
Données générales. Campagnes de « l'Hirondelle ».	316
Sondeur à clef de « l'Hirondelle ».	318
Données générales.	318
Accumulateur à ressorts emboîtés.	319
Le chalut à étriers.	320
Le monde pélagique.	322
Chalut de surface.	324
Filet pélagique.	326
Filet pélagique à rideau.	329
Filet pélagique à fonctionnement automatique du Dr C. Viguier.	333
<i>Nasses.</i>	335
Tubes lumineux de P. Régnard.	337
Schéma de la nasse éclairée de l'Hirondelle.	337
<i>Dispositif du Dr Régnard pour éclairer les eaux profondes.</i>	337
<i>Etude sur la pénétration de la lumière dans les eaux marines.</i>	338
Photométrie du Dr P. Régnard.	340
Photomètre au silicium du Dr P. Régnard.	342
Voltmètre.	343
<i>Dispositif proposé pour photographier le fond de la mer (Dr P. Régnard).</i>	345
Le yacht « la Princesse-Alice ».	347
Description du yacht.	347
Description des laboratoires.	348

TROISIÈME PARTIE

<i>Les pêcheries.</i>	351
Les poissons de mer comestibles et le milieu marin.	351
Considérations générales.	351
Le poisson frais.	354
Considérations générales.	355
La Société des pêcheries de l'Océan.	358
Aménagement d'un bateau chalutier.	359
Figure schématique du pont d'un chalutier.	360
Note sur l'étude des pêcheries dans la Méditerranée.	365
<i>Notes sur la pêche du hareng et son étude scientifique.</i>	366
Pêche du hareng aux différentes époques de l'année.	367
<i>Notes sur la pêche de la morue.</i>	370
La pêche de la morue et du hareng en Norvège.	373
<i>Notes sur la pêche de la sardine.</i>	375

La marine marchande, par M. L. PIAUD.

Les machines marines.	379
Machines à introduction directe.	379
• compound à roues. Calais-Douvres et Queen-Victoria.	381

	Pages
Machines des types <i>Calais-Douvres</i> , <i>Queen-Victoria</i> .	382
» » » » »	383
<i>Ramesès</i> . — <i>Amand-Dumeau</i> .	384
Machines compound à hélice.	386
» à triple expansion.	387
» Farcot à triple expansion.	389
<i>Messageries maritimes</i> .	391
Machine du <i>City-of-Paris</i> .	392
<i>Paquebots transatlantiques</i> .	393
Machines du <i>City-of-Paris</i> .	394
» de la <i>Normannia</i> .	395
» » » » »	396
<i>Chargeurs Réunis</i> .	397
Principaux éléments de la machine du <i>Paraguay</i> .	398
Distribution Joy.	398
Machines à quadruple expansion.	399
Description de la machine du steamer <i>Buenos-Ayres</i> .	400
Tableau des résultats de l'essai du torpilleur <i>Bathurst</i> .	405
Moteurs divers.	406
» Rouart frères.	406
» Salomon et Tenting.	408
Chaudières marines.	411
» cylindriques.	411
Foyers ondulés.	412
» à nervures.	414
Chaudières Bigot et Satre.	415
Appareils du tirage forcé.	416
Chauffage des chaudières par le pétrole.	418
Chaudières à pétrole, système d'Allest.	420

Le chauffage des torpilleurs au moyen des hydrocarbures liquides, par M. J. d'ALLEST.

Description des appareils.	420
Essais de vaporisation.	423
Tableau des vaporisations limites à tirage naturel.	426
Tableau des vaporisations avec tirage forcé.	427
Comparaison avec le charbon.	427
Tableau des essais de vaporisation à tirage forcé d'un corps de chaudière du <i>Marceau</i> .	429
Volume d'air nécessaire à la combustion.	430
» des produits de la combustion.	431
Puissances évaporatoires relatives de la chaudière à charbon et de la chaudière à pétrole.	432
Inconvénients des chaudières actuelles de torpilleurs.	433

F			P		
Fleurus.	33		Penaud.	28	
			Perraux.	34	
Gaens.	133		Piaud.	149, 155, 379	
Gay Lussac	8		Polonceau.	53	
Giffard.	38		Pressard.	444	
Godard.	10		R		
Godron.	149		Regnard.	289, 305, 312, 337, 340, 343, 345	
Green.	10		Renard.	26, 30, 38	
Guyson de Morveau.	5		Richard.	37	
H			Robert.	4	
Hengst.	133		Roché.	257	
Hervé.	15		Rouart.	406	
J			Rozier.	4	
Johnson-Borland.	134		S		
Joy.	398		Salomon.	408	
K			Satre.	415	
Krebs.	26		Schultze.	131	
L			Serpollet.	416	
Labrousse.	13		Siemens.	289, 310	
Lachambre.	16		Stapfer.	93	
Lagrafel.	87, 443		Surcouf.	3	
M			T		
Maignen.	117		Tenting.	408	
Mangin.	34		Thibaudier.	283	
Massey.	287		Tissandier.	10, 39, 41	
Maxim.	133		Turpin.	132	
Meusnier.	9, 34, 37		V		
Meyer.	310		Vernanchet.	18	
Michaelis.	311		Vieille.	131	
Miller-Casella.	313		Viguié.	333	
Albert de Monaco.	315		W		
de Montgolfier.	4		Wetteren.	132	
N			White.	68	
Negrette.	314		Wolf.	133	
Nobel.	134		Y		
O			Yon.	3, 45	
Olivier.	12		Z		
			Zambra.	314	

