

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 - http://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 GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Ledieu, Alfred Constant Hector
Auteur(s)	Ledieu, Alfred Constant Hector (1830-1891)
Auteur(s) secondaire(s)	Cadiat, Ernest (1859-19..?)
Titre	Le nouveau matériel naval
Adresse	Paris : Vve Ch. Dunod, 1889-1890
Collation	2 tomes (VIII-762 p., 664 p.) : ill., tabl. ; 25 cm + 2 atlas (4 p.-XXXV [i. e. 40] f. de pl. dépl., [4] p.-XVII-6 f. de pl. dépl.) : ill., tabl. ; 33 cm
Nombre de volumes	4
Cote	CNAM-BIB 8 Sa 33 (1-2) ; CNAM-BIB Pt Fol Sa 2 (1-2)
Sujet(s)	Navires de guerre Mécanique navale
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8SA33
LISTE DES VOLUMES	
	Tome premier : balistique. agents explosifs. canons et mitrailleuses. hydraulique de manoeuvre pour l'artillerie. fusils. électricité en marine. piles. accumulateurs. dynamos et magnétos. lumière et éclairage électriques. torpilles
	Tome second et dernier : torpilles (suite et fin). torpilleurs et bateaux sous-marins. complément sur les armes à feu. appareils de sillage. de sondage et de signaux. utilisation industrielle du soleil. et production mécanique de chaud et de froid. ballons captifs et libres. aéronefs et avions. pigeons voyageurs. étude technique des guerres maritimes modernes. et constitution des flottes actuelles. formes et utilisation des principaux types de navires présentement en usage
	Atlas du nouveau matériel naval [I]
	Atlas du nouveau matériel naval [II]

NOTICE DU VOLUME	
Auteur(s) volume	Ledieu, Alfred Constant Hector (1830-1891)
Auteur(s) secondaire(s) volume	Cadiat, Ernest (1859-19..?)
Titre	Le nouveau matériel naval
Volume	Tome second et dernier : torpilles (suite et fin). torpilleurs et bateaux sous-marins. complément sur les armes à feu. appareils de sillage. de sondage et de signaux. utilisation industrielle du soleil. et production mécanique de chaud et de froid. ballons captifs et libres. aéronefs et avions. pigeons voyageurs. étude technique des guerres maritimes modernes. et constitution des flottes actuelles. formes et utilisation des principaux types de navires présentement en usage
Adresse	Paris : Vve Ch. Dunod, 1890
Collation	1 vol. (664 p.) : fig et tabl. ; 25 cm
Nombre de vues	670
Cote	CNAM-BIB 8 Sa 33 (2)

Sujet(s)	Navires de guerre Mécanique navale
Thématique(s)	Machines & instrumentation scientifique Transports
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	06/04/2018
Date de génération du PDF	24/02/2022
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8SA33.2

1776 Sa 2
1776 Sa 2



LE NOUVEAU
MATÉRIEL NAVAL

~~~~~  
PARIS — IMPRIMERIE C. MARPON ET E. FLAMMARION  
26, RUE RACINE, 26  
~~~~~

8^e Sa 33

LE NOUVEAU MATÉRIEL NAVAL

PAR

A. LEDIEU,

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT DE FRANCE,
PRIX EXTRAORDINAIRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR ET DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE; COMMANDEUR, OFFICIER
ET CHEVALIER DE DIVERS ORDRES ÉTRANGERS,
AUTEUR DE NOMBREUSES PUBLICATIONS SUR LES MACHINES MARINES,
LA NAVIGATION, ETC.,

ET

ERNEST CADIAT,

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES.

L'OUVRAGE COMPLET CONTIENT **300** FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE,
ET EST ACCOMPAGNÉ D'UN
ATLAS DE 51 PLANCHES ET 6 GRANDS TABLEAUX

TOME SECOND ET DERNIER

TORPILLES (*suite et fin*); TORPILLEURS ET BATEAUX SOUS-MARINS;
COMPLÈMENT SUR LES ARMES À FEU; APPAREILS DE SILLAGE, DE SONDAGE ET DE SIGNAUX;
UTILISATION INDUSTRIELLE DU SOLEIL, ET PRODUCTION MÉCANIQUE
DE CHAUD ET DE FROID; BALLONS CAPTIFS ET LIBRES, AÉRONEFS ET AVIRES;
PIGEONS VOYAGEURS;
ÉTUDE TECHNIQUE DES GUERRES MARITIMES MODERNES,
ET CONSTITUTION DES FLOTTES ACTUELLES;
FORMES ET UTILISATION
DES PRINCIPAUX TYPES DE NAVIRES PRÉSENTEMENT EN USAGE.

PARIS

V^{VE} CH. DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES.

Quai des Augustins, 49.

1890

(Droits de traduction et de reproduction réservés)



LE NOUVEAU MATÉRIEL NAVAL

TOME II — PREMIÈRE PARTIE SUITE DE L'ÉTUDE DES TORPILLES

T^{ME} II, 1^{RE} P^{IE}. — CHAPITRE I LANCEMENTS DE LA TORPILLE WHITEHEAD CRITIQUE ET TIRS FILETS PROTECTEURS — EXPLOSION DE TORPILLES QUELCONQUES

LANCEMENT DES TORPILLES SOUS L'EAU

§ 1. **Tube-carosse des établissements de réglage.**

— Les torpilles automobiles peuvent être lancées au-dessous ou au-dessus de l'eau. Nous décrirons d'abord le premier procédé.

La torpille contenue dans un *tube-carosse* est descendue à la profondeur voulue, et s'échappe de cette enveloppe par l'action seule de son hélice. Ce système est spécialement affecté, en France, au réglage des torpilles. Le tube-carosse (Pl. I, tome II) est constitué par quatre cornières parallèles A, A (vue 1), diamétralement opposées deux à deux et reliées par des cercles transversaux B, B en cornières. La torpille glisse sur des lames de gaïac *c* (vue 2) fixées dans l'intérieur des cornières A. Une rainure *r*, pratiquée dans toute la longueur de la glissière supérieure, sert de guide à l'ergot directeur de la queue de la torpille.

Le tube est placé horizontalement contre deux montants en bois E, fixés sur les pilotis qui supportent la plate-forme de lancement. Il est guidé par des glissières en bois dur ou en cuivre, chevillées aux côtés des montants E, et sur lesquelles s'emboîtent

TOME II.

1

deux coulisseaux en tôle d rivés sur les cercles transversaux extrêmes. Les coulisseaux d portent à leur partie supérieure des manilles a , dans lesquelles on croche les palans ou les chaînes qui servent à la manœuvre du tube. Le tube n'a ordinairement que la longueur de la torpille; mais il est prolongé à l' $\mathcal{R}$ par un demi-cylindre construit de la même façon, et dans lequel on amène la torpille avant de l'introduire à son poste. Il est d'ailleurs consolidé par une forte armature Q placée en dessous.

Le tube-carosse est muni à l' $\mathcal{R}$ d'un verrou de retenue b (vue 2) servant à arrêter la torpille quand elle est rendue à poste. Ce verrou, placé horizontalement, vient en prise avec une des vis à tête ogivale du gouvernail. La queue de la torpille est saisie entre ce verrou et une traverse en fer plat M , fixée à charnière sur l' $\mathcal{R}$ du tube et tenue fermée par une goupille.

Le levier de prise d'air x (vue 1) est actionné par un doigt métallique y ; celui-ci est commandé par un mouvement à sonnette nn articulé sur un support F fixé à la cornière longitudinale supérieure. L'axe de ce mouvement à sonnette porte une manivelle O (vue 3) qui est reliée au verrou b par l'intermédiaire des bielles l, m, p et des leviers h, i . La disposition de ces tringles, qui sont toujours ramenées à poste par un ressort de rappel R , est telle que, lorsque le doigt y commence à ouvrir le levier de la soupape de prise d'air, le verrou b est déjà dégagé de la vis ogivale de la queue de la torpille. Quand la torpille est introduite dans le tube, et qu'on a amené celui-ci à son immersion, pour la lancer, il faut tirer le bout de ligne qui commande le mouvement à sonnette n , et ne donner du mou que quand la torpille est sortie du tube. Le mouvement à sonnette entraîne dans son déplacement le doigt y , qui, en venant sur l' $\mathcal{R}$, provoque l'ouverture du levier de prise d'air x ; à ce moment la manivelle O a déjà produit le dégagement du verrou. La machine motrice de la torpille, et, par suite, les hélices commencent alors à fonctionner, à moins qu'il n'existe une palette russe. Pour que l'aile-ron supérieur de la torpille ne rencontre pas le doigt y , ce qui pourrait occasionner des avaries, ce doigt porte deux petits tenons latéraux u , qui le guident le long d'un plan incliné q rapporté sur la cornière supérieure.

§ 2. Tubes-carosses sur les torpilleurs-vedettes

(Pl. II, tome II, fig. 1). — Chaque tube est formé par deux carcasses demi-circulaires en bronze que relie des boulons; il est supporté à ses extrémités par deux leviers coudés B (vue 2), oscillant respectivement autour d'un axe α fixé sur le pont du torpilleur. Aux cercles transversaux du tube D sont boulonnées deux pièces F en forme d'Y, articulées, d'une part, aux extrémités des leviers B, et, de l'autre, aux bielles A qui oscillent autour d'axes A' attachant à la partie supérieure de la coque. L'ensemble de ces pièces forme deux parallélogrammes qui assurent au tube une position toujours parallèle à l'axe du torpilleur. La manœuvre s'exécute du poste du capitaine à l'aide d'un petit treuil à deux fusées, sur lesquelles s'enroulent les garants venant se relier à la patte d'oie formée par les chaînes de commande des leviers coudés B. Ces chaînes passent dans des poulies de retour fixées à la coque, et portent une manille articulée dans un œil ménagé au talon du levier B. Lorsque les tubes sont à leur poste de mer, c'est-à-dire relevés, les garants sont tournés sur deux taquets placés au pied du treuil; pour les amener au poste de tir (0^m,80 d'immersion), il faut mollir les garants jusqu'à ce que les leviers coudés B viennent porter sur des supports-guides placés sur le pont.

La vue 2 représente le tube de bâbord à son poste de tir et celui de tribord à son poste de mer.

La vue 3 est une coupe longitudinale du mécanisme de mise en marche de la torpille disposé sur la cornière supérieure du tube. Dans ce mécanisme, le levier LIM oscille autour de l'axe I; son grand bras passe à travers une fenêtre pratiquée dans l'épaisseur du verrou de retenue b ; il se termine par un œil L', sur lequel est frappé le bout de ligne qui sert à manœuvrer le mécanisme. Tout le système est maintenu à l'aide d'un ressort à lame très puissant r , agissant de haut en bas sur le verrou de retenue et, par suite, sur le levier LIM.

Les torpilles affectées à ces tubes portent soudée et fixée au moyen d'une vis, en arrière du levier de prise d'air x , une petite crapaudine en bronze G, dans laquelle pénètre le verrou b . En tirant sur la queue du levier LIM, on dégager le verrou b , en même temps qu'on relève le levier x , qui ouvre ainsi la soupape de prise d'air. Lorsque les deux tubes sont à leur poste de tir, la vitesse du torpilleur est diminuée de 5 à 6 nœuds.

LANCEMENT DES TORPILLES AU-DESSUS DE L'EAU

§ 3. **Différentes espèces de tubes.** — Pour lancer au-dessus de l'eau les torpilles automobiles, on a cherché un appareil qui permît de les chasser comme un projectile avec une force suffisante pour ne pas les exposer à rencontrer dans leur chute les flancs du navire. On fait usage d'un tube fermé, sorte de canon, que l'on place soit à l'avant des torpilleurs, soit à l'avant ou sur les flancs des avisos, des croiseurs et même de certains cuirassés.

Le lancement se fait à l'aide de la poudre ou de l'air comprimé. Nous ne nous occuperons ici que du premier mode, le second système tendant de plus en plus à être abandonné à cause de l'installation coûteuse et compliquée qu'il exige.

Les tubes employés pour les bâtiments de haute mer sont de deux sortes :

- 1° Tube lance-torpille ordinaire ;
- 2° Tube à cuiller.

§ 4. **Tube lance-torpille ordinaire** (Pl. II, tome II, fig. 2). — Nous prendrons comme exemple le tube destiné à lancer les torpilles de 4^m,40 à bord des bâtiments de haute mer.

Ce tube avait été primitivement disposé pour le lancement au moyen d'une chasse d'air comprimé. La vue 1 nous montre l'accumulateur *cc* d'air disposé dans l'affût, et communiquant par la tubulure C avec les pompes de compression. Une boîte B, placée à la partie supérieure du tube, contient un doigt articulé H destiné à provoquer l'ouverture de la prise d'air. Ce mode de lancement a été remplacé par la poudre ; les tubes et les affûts ont été transformés en conséquence.

Le tube est en bronze ; il est formé de trois tronçons A à collettes assemblées par des boulons. Le tronçon du milieu porte les tourillons qui relient le tube à l'affût. La longueur totale est de 4^m,62, le diamètre de 0^m,3572. Une rainure sert de guide à l'ergot directeur de la torpille.

Le verrou de retenue est placé à l'*R* et sur le côté droit du tube ; il est renfermé dans une boîte à deux morceaux V et Z (vue 2). Il est formé d'une tige cylindrique S poussée par un

ressort m qui tend à la maintenir dans l'intérieur du tube en appuyant sur la collerette S' . Un renvoi de mouvement $U'L$, que commande un bout de ligne H (vue 1) par l'intermédiaire du mouvement de sonnette tut' , permet de dégager le verrou quand on exerce une traction sur l' $\mathcal{R}$.

En même temps qu'on retire le verrou, on ferme un contact électrique qui enflamme la gargousse. Pour cela, la tige T (vue 2) sert de borne en M à un fil électrique, et est isolée par une garniture en ébonite d'avec la boîte V du verrou. Une deuxième borne électrique est placée en p sur une seconde tige T' que surmonte un bloc K . Un contact mobile K' , avec ressort antagoniste n et incrusté dans K , est logé dans une cavité X de l'axe du verrou. On voit par l'inspection de la figure que quand on retire le verrou sur la droite, il y a contact des deux pièces T et K , et fermeture du circuit.

La porte de culasse a (vue 1) du tube est à charnière; sa fermeture s'opère par quatre écrous à poignée b . Elle est percée d'un trou pour le passage des branches de l'étoupille, et sa face intérieure porte trois pitons destinés à suspendre la gargousse.

L'affût est formé de deux flasques en tôle réunies par des entretoises. La partie A' repose sur deux roues R' montées sur un essieu. La partie $\mathcal{R}$ porte sur l'appareil de pointage. Celui-ci comprend deux galets parallèles R , qu'on oriente avec un levier directeur 4 articulé sur une chape venue de forge avec l'essieu des galets. Ils servent au pointage en direction. Le pointage en hauteur est obtenu par une vis P qui se meut dans un écrou fixé sur l'essieu des galets.

Quand l'affût est au sabord, il est maintenu en place par une fourche y et une cheville-ouvrière qui supporte le recul.

§ 5. **Tube à cuiller.** — Pour les tubes placés à l' A' et à l' $\mathcal{R}$ des grands navires, la torpille devant tomber directement dans l'eau et suivre une direction qui diffère peu de celle du bâtiment, on emploie le tube simple, que nous venons de décrire, s'arrêtant à la paroi du navire.

Lorsqu'au contraire l'appareil de lancement est placé sur les flancs du vaisseau, il importe que la torpille tombe à plat dans l'eau. En effet, comme elle est lancée dans une direction oblique et quelquefois perpendiculaire à l'axe du navire, il faut qu'elle ne

pique pas du nez ; sans cela, par l'action de la résistance de l'eau, la partie *A'* serait déviée dès les premiers instants de sa chute, pendant que l'arrière continuerait en vertu de la vitesse acquise ; et la torpille prendrait finalement une direction très différente de celle qui lui a été primitivement donnée.

Pour ces motifs, on emploie la *cuiller*, sorte de prolongement de la partie supérieure du tube, qui porte une rainure dans laquelle s'engage un tenon en forme de T fixé à peu près au centre de gravité de la torpille. Celle-ci reste ainsi suspendue jusqu'à une certaine distance des flancs du navire, et tombe horizontalement dès que son tenon n'est plus en prise.

La cuiller est une pièce assez délicate à exécuter ; on la fait presque toujours en bronze, même lorsque le tube est en acier.

Nous allons décrire le tube construit par M. Farcot (Pl. II, tome II, fig. 3).

Le tube est coulé en bronze ; il a 3^m de long, 0,3572 de diamètre, 10^{mm} d'épaisseur. La cuiller B est en bronze et amovible. Sa longueur est de 2^m,445. Elle est capelée par une gorge sur la collette *A'* du tube. Une rainure longitudinale *r* en forme de T règne intérieurement tout le long du tube et de la cuiller.

On voit en B', B'' l'installation du doigt d'ouverture de la prise d'air et du conjoncteur électrique ; ce dernier est analogue à celui que nous avons décrit ci-dessus. Le verrou de retenue S est placé à l'*R*, et se manœuvre avec le levier L.

La porte du tube *a* est à charnière ; la fermeture se fait par deux écrous à oreilles *b'* vissés sur des boulons *b* articulés au côté droit du tube. L'obturation s'obtient au moyen d'une garniture en caoutchouc encastrée dans la porte.

Le tube est supporté à l'*A'* par une armature P boulonnée contre sa paroi inférieure et reposant sur l'essieu des roues R ; à l'*R* par la vis de pointage V. Il est maintenu au sabord par une cheville-ouvrière *y'* et une fourche articulée *y*.

Dans le pointage en direction, les roues R' glissent sur la circulaire *g'*, et les galets R de l'*R* orientés par le levier *h* roulent sur la circulaire *g*. Le pointage en hauteur se fait avec la vis V. L'écrou de cette vis muni du volant *v* tourne dans la douille d'une traverse oscillante *t*, dont les tourillons *t'*, *t''* reposent sur des coussinets placés aux extrémités des deux branches cour-

bes f d'une fourche. La traverse inférieure F de celle-ci porte un axe vertical pénétrant à frottement doux dans un œil, percé au centre de l'essieu des galets R et où il est retenu par un écrou m . La culasse du tube se meut en hauteur entre les branches de la fourche, qui présentent un évidement en forme de coulisse où s'engage un renfort venu de fonte avec le tube. Afin d'empêcher le tube de basculer au moment du tir, la culasse est accrochée à la circulaire $\mathcal{R}$ par quatre griffes x , emmanchées sur un axe Z qui fait partie de la traverse F .

Pour introduire la torpille dans le tube, on se sert d'une cuiller en tôle N (vues 5 et 6) s'adaptant à la culasse du tube par un crampon n et deux boulons à oreilles q' avec boulons articulés q , qui se rabattent l'un horizontalement, l'autre verticalement, au moment voulu.

Quand le tube est en batterie, l'étanchéité du sabord est obtenue par une large collerette Q (vue 1) en forme de fourreau évasé formée de deux doubles de cuir souple et épais. Cette collerette, fixée en D au tube, est maintenue sur la muraille par une couronne D' et des crochets p . Quand le tube n'est pas en batterie, la fermeture du sabord se fait avec un système semblable à celui des hublots.

§ 6. **Tube lance-torpille, système Canet.** — Les considérations qui ont guidé l'inventeur dans l'étude de ce tube peuvent se résumer comme voici :

1° Un tube doit pouvoir être mis en batterie et hors batterie au moyen de manœuvres faciles et promptes ;

2° Il faut diminuer le plus possible l'ouverture de la muraille du navire pour le passage du tube, tout en donnant de grands angles de pointage latéral ;

3° Le système de fermeture du sabord doit être rapide et parfaitement étanche ;

4° Il faut que l'encombrement soit réduit au minimum tant au poste de combat qu'au poste d'amarrage ;

5° Il importe que le mécanisme de lancement remplisse les conditions suivantes :

(a) Le lancement de la torpille doit se faire à coup sûr, même lorsque les organes de déclenchement et de mise de feu sont complètement détruits ;

(b) Il ne faut pas qu'on puisse mettre le feu à la charge si la culasse n'est pas fermée ;

(c) Le lancement à la poudre étant admis en principe, le tube doit être disposé de telle façon que l'arrière de la torpille ne soit pas endommagé par les gaz ;

(d) L'ouverture et la fermeture de la culasse doivent se faire au moyen de manœuvres simples et rapides, l'obturation de la porte de culasse étant aussi complète que possible.

Enfin M. Canet, en faisant usage de la mise de feu électrique, a cherché à conserver un dispositif analogue à celui des canons, avec l'étoupille obturatrice à percussion qui donne bien moins de ratés qu'une étoupille électrique.

Le système que construisent les Forges et Chantiers de la Méditerranée, est représenté Pl. III, tome II, fig. 1 et 2.

Fermeture de culasse et mise de feu. — La fermeture se fait au moyen d'une vis B à filets interrompus, comme dans les canons du système réglementaire français. En vue d'en faciliter la sortie, on donne à la vis de fermeture une forme légèrement tronconique ; elle se manœuvre par une poignée à manivelle *k*, qui engrène par un pignon *d* avec un secteur denté taillé sur le pourtour de la vis. Le volet pivote autour d'un axe situé sur la gauche du tube. Deux rainures longitudinales *a, a* (vue 3) pratiquées haut et bas du tube servent à guider la torpille à l'aide de deux ergots directeurs.

Le lancement s'opère au moyen d'une gargousse de poudre spéciale et de forme particulière. Pour empêcher que les gaz ne viennent détériorer le mécanisme arrière de la torpille, la gargousse se place dans une chambre percée de trous latéraux qui obligent les gaz à s'échapper en frappant sur les parois du tube.

L'inflammation de la gargousse est obtenue au moyen d'une étoupille obturatrice à percussion ; l'explosion est produite par le choc d'un marteau *f*, porté par un verrou *g* qui glisse verticalement dans une rainure *h* de la culasse. Le marteau est muni de deux tenons *i*, qui glissent sur deux petits plans inclinés *l* fixés sur la porte. Pendant le mouvement de montée, la queue du marteau bande un ressort plat *m*, qui l'abat dès que les oreilles sont arrivées au sommet du plan incliné ; le marteau vient alors frapper le percuteur, qui est tenu constamment en saillie à l'extérieur au moyen d'un petit ressort.

On fait monter le verrou g de mise de feu au moyen du dispositif suivant :

Un doigt q , tournant autour d'un axe n' , vient agir sur l'extrémité inférieure de ce verrou. Le mouvement du doigt q est commandé par un levier n ; celui-ci est soumis à l'action d'un ressort à spirale o , maintenu armé au moyen d'une détente à poignée p avec goupille de sûreté, et qui tourne autour d'un axe f' . Sur le même axe n' est disposé un second doigt r , qui agit sur le verrou de retenue c de la torpille par l'intermédiaire d'un levier à poignée r' et d'un galet.

Le déclenchement se fait au moyen d'une armature qui retient le levier coudé s , et qui est attirée au moment où un commutateur envoie le courant d'une pile dans un électro-aimant u placé sur le côté du tube. Quand l'armature est attirée, le levier coudé s devenu libre est actionné par le ressort t , et repousse la détente p . Le ressort o peut alors agir; et le mouvement du levier p abaisse le verrou de retenue de la torpille un instant avant que le marteau ne tombe sur l'étoupille.

Il est à remarquer que, si la culasse ne se trouve pas complètement fermée, l'extrémité du doigt q ne peut plus entrer dans la rainure du verrou, ni conséquemment entraîner ce dernier; dès lors le verrou de mise de feu ne fonctionne pas. Pour le même motif, le verrou de retenue maintient la torpille. Ce mécanisme joue donc le rôle de dispositif de sûreté.

Si par suite d'un accident quelconque la pile ne fonctionnait plus, il suffirait d'agir avec le doigt sur l'armature de l'électro-aimant.

Si l'appareil de déclenchement était brisé, on ferait feu en agissant avec un levier à main que l'on engagerait dans une douille ménagée sur l'axe n' .

Si le verrou g était endommagé, on frapperait sur la tête du marteau, après l'avoir amené sur l'étoupille, et après avoir eu soin de retirer le verrou de retenue c de la torpille.

Chargement. — Lorsque l'on veut charger, on engage dans la douille de l'axe n' son levier à main, sur lequel on agit pour bander le ressort o . On s'assure, en appuyant sur la poignée du levier de détente p , que l'extrémité du levier s repose bien sur l'armature de l'électro-aimant u , puis on fixe la position de la détente au moyen de la goupille de sûreté.

Il faut ensuite tirer à soi la tête du marteau de façon à faire franchir aux deux oreilles le plan incliné, et à amener le verrou de mise de feu à portée du doigt.

On ouvre ensuite la porte du tube en agissant sur la manivelle.

Quand on introduit la torpille, il faut avoir soin d'abaisser à l'aide du levier à poignée r' le verrou de retenue c , jusqu'au moment où la maîtresse section de la torpille est passée. On abandonne le levier en laissant agir le ressort du verrou; ce dernier se relève, et arrête la torpille en appuyant en avant de l'armature inférieure des gouvernails. Il faut en même temps soulever le loquet à ressort b (vues 1 et 3), qui agit sur le levier de prise d'air du moteur de la torpille, afin que les hélices ne se mettent pas en marche si la torpille est poussée trop avant dans le tube. On laisse retomber le loquet dès que la torpille est en place.

La gargousse est introduite par l'ouverture supérieure de son logement.

Avant de mettre le feu, on enlève la goupille de sûreté de la détente, puis on appuie sur le bouton du brise-courant. Le déclanchement se produit alors; et l'étoupille frappée par le marteau enflamme la gargousse au moment où le verrou de retenue c étant abaissé laisse la torpille libre dans le tube.

La fig. 1 nous montre la disposition adoptée pour l'affût; elle est fort simple. En x (vue 3) est la vis de pointage en hauteur articulée en 3,3 avec le tube; cette vis est supportée par un cadre ZZ avec entretoises y et y' ; le tout repose sur des galets 1,1, qui parcourent la circulaire du pointage en direction, et qui se manœuvrent à l'aide de leviers 9. Sur l'avant le tube est supporté par un charriot F à roues, pouvant coulisser en 8,8 le long du tube.

Il convient d'insister sur le mode d'attache du tube à la muraille du navire. On a cherché une disposition procurant une fermeture étanche, avec ouverture minimum du sabord et possibilité de fermer ce sabord dès que le coup a été tiré, pour ne l'ouvrir qu'au moment d'un nouveau lancement.

On donne au tube en dedans du point où il rencontre la muraille du navire une forme extérieure sphérique; c'est la sphère de rotation. Cette partie est prise dans un manchon sphérique D (vues 1 et 2), qui maintient le tube tout en lui permettant de tourner dans tous les sens.

Le manchon sphérique se compose de deux pièces : l'une 6 fixée à la muraille du navire et nommée pièce d'attache ; l'autre 5 s'en allant avec le tube quand on tire ce dernier en arrière. La seconde pièce n'est point fixée au tube ; seulement pendant que le tube est tiré en arrière, elle est rendue solidaire avec lui au moyen d'un petit verrou à ressort 7. Cette même pièce porte sur son pourtour antérieur des segments pleins et vides, qui, lorsque l'on donne $1/8$ de tour, s'engagent dans des rainures correspondantes de la pièce d'attache, et fixent le tube sur la paroi du navire.

On peut, avec le tube précédent, employer un second verrou de mise de feu, destiné à agir mécaniquement, et qui peut facilement se substituer au verrou commandé électriquement.

§ 7. **Tubes sous barrots.** — Une fois admis le lancement des torpilles à la poudre, les combinaisons pour loger les tubes dans les batteries ont afflué, puisqu'on n'a plus eu à se préoccuper de les mettre à portée d'un accumulateur d'air. Ces combinaisons sont soumises, malgré cela, à des conditions déterminées. Ainsi l'installation des tubes lance-torpille doit permettre d'introduire les torpilles dans les tubes lorsque ceux-ci sont rentrés à l'intérieur du navire, les sabords étant fermés. Cette installation dépend, en outre, d'une foule de circonstances diverses : l'espace dont on dispose, l'encombrement des abords du poste de lancement, etc.

Chaque tube peut occuper, en général, trois positions : celle de tir, celle de chargement et celle d'amarrage. Sur certains navires la chose est simplifiée, et le tube n'a que deux positions : tir et amarrage. Ce dernier cas se présente chaque fois que l'on a un tube dont l'extrémité ne dépasse pas la muraille du navire, ce que l'on cherche à réaliser en général, afin qu'il ne soit pas exposé aux coups de l'ennemi.

Mais dès que le tube dépasse la muraille, comme cela se présente dans les tubes à cuiller, on doit toujours avoir une position de chargement distincte de celle de tir, afin que le chargement puisse s'opérer en toute sécurité, le sabbord étant fermé.

Nous avons vu, par l'exemple précédent, comment les tubes peuvent être disposés sur les ponts. On tend aujourd'hui à les installer plutôt sous les barrots, ce qui produit moins d'encombrement et simplifie la manœuvre.

Tube sans cuiller. — Comme exemple d'installation sous barrots d'un tube sans cuiller, citons celle que construisent les Forges et Chantiers de la Méditerranée sur les plans de M. Canet (Pl. III, tome II, fig. 3).

Le tube A est porté par un cadre vertical ZZ, avec entretoises horizontales y, y' . Ce cadre forme chariot ; il est muni de galets 1, 1, roulant sur une circulaire 2 fixée sous les barrots. La vis de pointage en hauteur x est manœuvrée par un volant, et se trouve reliée au tube par une cheville 3, engagée dans deux bossages formant chape. Le tube est guidé verticalement par les deux montants Z, Z du chariot.

On voit en b la boîte du doigt à ressort qui ouvre le levier de prise d'air de la torpille au moment du lancement, mais qu'il faut relever au moment du chargement, comme il a été expliqué au § 6.

Le pointage latéral est obtenu par une chaîne fixe c , sur laquelle on se hale au moyen d'un barbotin actionné par une roue striée r , une vis sans fin v et une manivelle m .

Tube à cuiller. — Les tubes à cuiller exigent une manœuvre plus compliquée pour la mise en position de chargement et la mise au poste d'amarrage. Voici la disposition adoptée par les Forges et Chantiers de la Méditerranée (fig. 4) :

Le chariot du tube est supporté par une voie mobile, qui suit tous les mouvements du tube pendant le pointage en direction, et qui pivote autour du même axe. Cette voie est formée de deux fers en  entretoisés horizontalement, et dans lesquels s'engagent les galets du chariot (vue 3) ; elle est soutenue par la circulaire fixée sous les barrots.

Pour mettre le tube au poste de chargement ou à celui d'amarrage, il suffit de le retirer à l'intérieur du navire. Le tube se déplace alors suivant son axe le long de la voie mobile ; il est maintenu dans l'une ou l'autre de ces positions au moyen d'une goupille formant targette.

Le mouvement de pointage latéral est donné par un treuil (vue 2), qui actionne une chaîne de commande. C'est une sorte de barbotin avec galets de renvoi, sur lequel vient prendre appui la chaîne, dont les deux bouts sont fixés aux extrémités de la circulaire. Le pointage se fait ainsi plus doucement et plus exactement qu'avec des palans.

§ 8. **Comparaison des tubes à cuiller et des tubes sans cuiller.** — Avec un tube ordinaire, la torpille tombe à la mer sous une inclinaison qui croît avec la hauteur du tube et produit une déviation latérale initiale en arrière du sens de la marche. Cette déviation, qui est nulle dans les tirs suivant l'axe, devient maximum dans ceux par le travers; elle varie d'ailleurs avec le roulis, avec la vitesse du bâtiment et avec celle de projection, c'est-à-dire avec la charge de poudre.

Chaque tube comporte une table de visée tenant compte des éléments suivants :

- Angle de pointage des tubes.
- Vitesse du but et sa route.
- Vitesse de la torpille.

Pour chaque tube sans cuiller placé par le travers, on détermine d'avance pendant les exercices les déviations initiales aux diverses allures; elles sont notées, afin qu'on puisse corriger en conséquence l'angle de visée donné par les tables.

Avec le tube à cuiller, les torpilles n'éprouvent aucune déviation latérale; elles tombent horizontalement à l'eau et se dirigent ensuite dans le prolongement de l'axe du tube. Un roulis de 5 à 6° n'altère pas sensiblement cette précision; mais quand cette limite est dépassée, les torpilles peuvent tomber à la mer sous des inclinaisons assez grandes pour qu'il se produise des déviations latérales.

Dans le tube à cuiller, les torpilles de 4^m,40 à arrière renforcé supportent sans fatigue les tirs exécutés à 3^m de hauteur avec 200 et 250^{gr} de poudre comprimée.

A cette hauteur, 90 ^{gr} de poudre comprimée les projettent à	9 ^m du tube;
110 ^{gr}	— 10 ^m ;
200 à 250 ^{gr}	— 13 à 15 ^m .

Ces distances sont mesurées au point où la queue de la torpille pénètre dans l'eau.

Le tube à cuiller a le défaut de déborder du bâtiment de 2^m,20 environ. Pour les installations peu élevées au-dessus de l'eau, il y a là un inconvénient; mais il a perdu de sa gravité depuis qu'on est arrivé à lancer des torpilles à des hauteurs dépassant 3^m.

Le tube sans cuiller ne présente aucune saillie à l'extérieur du bâtiment; mais il est bien inférieur au point de vue du tir.

En tous cas, pour les tubes qui lancent à la poudre, il y a à craindre que les gaz de celle-ci ne pénètrent dans la chambre des machines de la torpille, par le creux de l'arbre des hélices qui sert de conduit pour l'échappement de l'air comprimé alimentant le moteur de ces hélices. Or, eu égard à leur haute pression, ces gaz peuvent produire des dégâts en venant agir sur les organes délicats et faciles à déranger renfermés dans ladite chambre. Aussi faut-il obturer le trou d'échappement avec un bouchon y pénétrant à frottement doux, et facile à chasser dehors au premier échappement de l'air une fois la torpille à l'eau. Ce bouchon doit d'ailleurs avoir une tête, afin que sa compression par le gaz de la poudre ne puisse l'enfoncer dans le conduit qu'il est destiné à obstruer momentanément.

TUBES DE LANCEMENT DES TORPILLEURS, DES TORPILLEURS-VEDETTES ET DES CANOTS A VAPEUR

§ 9. **Tubes des torpilleurs. Système pour y vider l'eau.** — Ces tubes A (Pl. IV, tome II, fig. 1) sont généralement au nombre de deux, placés à l'A' parallèlement à l'axe et faisant corps avec la coque (lorsqu'il n'y en a qu'un, il est dans le plan longitudinal). Leur inclinaison est de 7° sur les torpilleurs de 27^m, et de 3° à 5° sur ceux de 35^m. L'élévation de la bouche au-dessus de l'eau varie de 0^m,20 à 1^m. Ils sont en tôle d'acier doux, et alésés au diamètre de 0^m,3832 pour les grandes torpilles, et 0^m,3572 pour celles de 4^m,40. Leur longueur est un peu supérieure à celle de la torpille même.

Une tringle à poignée venant du poste de visée manœuvre le levier du verrou S de retenue de la torpille ainsi que le joncteur électrique, par l'intermédiaire d'un mouvement à sonnette T. Il existe un dispositif s'opposant à la manœuvre du système et par suite au lancement de la torpille, avant que le capot A' de l'extrémité extérieure du tube A ne soit ouvert.

Le doigt B servant à provoquer l'ouverture du levier de prise d'air est disposé comme dans les tubes décrits plus haut. Il existe au-dessus de ce doigt un trou de regard R percé dans le pont du torpilleur. D'autre part, la torpille est maintenue à poste fixe dans son tube à l'aide d'un frein f, que commande un renvoi de

mouvement avec bielle p et écrou à volant W , et au-dessus duquel se trouve un trou de regard R' .

En principe, le verrou et le conjoncteur électrique sont placés à l' $\mathcal{R}$ sur la génératrice inférieure du tube. La fig. 1, vue 2, montre leur disposition.

Quand on tire la tringle T sur l' $\mathcal{R}$, le verrou V dégage, à l'intérieur du tube A , l'aileron vertical inférieur de la torpille avant que la branche horizontale N' du mouvement à sonnette $N'NN''$ ferme le contact électrique. La borne M est fixée au support du verrou par une garniture en ébonite composée de deux parties E, E' . Lorsque la branche N' est dans la position figurée en pointillé, c'est-à-dire quand le circuit électrique est fermé, elle appuie sur la pièce en bronze c qui cède en comprimant son ressort. La course de la branche N' est limitée par la partie inférieure de la fenêtre dans laquelle elle se meut à l'intérieur de V ; on évite ainsi la rupture qui pourrait se produire par un choc trop brusque. Quelquefois le mouvement à sonnette est remplacé par un levier droit $N''NN'$. En tous cas, le verrou vient aujourd'hui prendre sur un *tenon Vignot* k ; ce tenon est installé contre les torpilles à un tiers de mètre de leur arrière. Il est riveté à cheval sur l'aileron; et il présente en saillie une partie de forme trapézoïdale que la fourche du verrou vient saisir sans jamais la coïncider.

Les portes de culasses sont à emmanchement à baïonnette, à vis avec filets interrompus, ou à charnière avec boulons articulés et écrous de serrage à oreilles. Suivant le cas, l'obturation se fait au moyen d'une garniture annulaire en plomb, en caoutchouc ou en amiante.

Les tubes se ferment à l' $\mathcal{A}$ par un capot. Divers systèmes sont en usage :

1° Le capot à charnière horizontale se relevant par une chaîne ou une tringle f' , commandée du poste de visée;

2° Une porte, dite Whitehead, tournant autour d'un axe horizontal parallèle au tube et se manœuvrant du poste de visée;

3° Enfin, une porte imaginée par M. Quengo, officier de vaisseau, à charnière verticale, et commandée du poste de visée par un volant V' (fig. 1, vue 3).

Afin d'assurer la mise de feu dans de bonnes conditions et d'obtenir une bonne chasse de la torpille, on munit actuellement le tube de lancement d'un robinet à tournant horizontal placé un

peu à l'arrière de son milieu et sur sa génératrice inférieure. Ce robinet fait communiquer à volonté l'intérieur du tube avec un tuyau de vidange. Il empêche toute accumulation d'eau provenant soit de l'ouverture du capot, soit de la non-étanchéité de sa fermeture. La clef du robinet est reliée par un dispositif convenable avec le système de mise de feu et de déclenchement du verrou de retenue de l'hélice, de telle façon que le robinet se ferme au moment où le coup part.

Avec le robinet précédent, on ne cherche plus à empêcher l'introduction de l'eau dans les tubes. Mais il pourrait résulter de ce fait une humidité nuisible à l'explosion intégrale de la gargousse. Pour protéger celle-ci, on l'enveloppe avec de la baudruche, qui ne donne pas de résidu lors de l'inflammation de la poudre. Ou mieux on loge la gargousse dans une cavité cylindrique qui vient de fonte avec les nouvelles portes de tube, dites *portes Godard*. La cavité est fermée par un diaphragme de trois épaisseurs de baudruche collées avec du caseum; et le diaphragme est maintenu par une couronne métallique à vis munie sur son pourtour d'une bague en caoutchouc pour l'étanchéité, et à son intérieur de quatre nervures pour retenir l'enveloppe de la gargousse projetée par la poudre. Au point de jonction des nervures il existe un godet central, où entre l'extrémité du tampon en bois du § 923.

§ 10. **Freins danois.** — Les freins danois servent à maintenir par frottement la torpille dans le tube de lancement des torpilleurs. Ils sont au nombre de deux, placés (Pl. IV, tome II, fig. 1, vue 4) à la partie supérieure du tube, à 35° ou 45° de part et d'autre de l'axe du tube, et correspondent à la naissance *A'* du réservoir d'air. Ils se composent chacun d'un ressort très puissant *m* (200 à 300^{kg} de tension) et d'un piston *p* renfermés dans un cylindre *C*, qui est vissé à bloc sur une collerette *H* rivée au tube *A*. Une vis *r* empêche le cylindre *C* de se desserrer. Le piston *p* est muni à sa partie inférieure d'une garniture en cuir dur *D*, maintenue par une vis à tête noyée *V''*; sa tige traverse le fond du cylindre *C*, et se visse dans la pièce *N*.

La petite branche *L'* d'un mouvement à sonnette *LML'* passe par une fenêtre pratiquée dans la pièce *N₁*; la grande branche *L* est reliée à la tringle *T'*, qui est filetée et que commande un

écrou à volant. A bord de quelques torpilleurs, les deux freins sont actionnés par le même volant.

La manœuvre de ces appareils est très simple. Au moment d'introduire la torpille dans le tube, on relève les freins en agissant sur le volant de manœuvre. On introduit la torpille dans le tube, et on laisse retomber les freins sous l'action de leur ressort; puis on effectue le lancement sans s'occuper davantage des freins, dont le frottement est facilement vaincu par la poussée de la poudre.

§ 11. **Tubes des torpilleurs-vedettes.** — Les tubes en acier, d'une seule pièce, sont reliés à des chantiers demi-circulaires qui les portent.

Le conjoncteur et le verrou sont mis en mouvement du poste de visée par une tringle.

Chaque tube est muni de deux freins danois indépendants placés à 45° de part et d'autre du plan longitudinal, et se manœuvrant à la main.

Deux colliers embrassant le tube près de ses extrémités portent un œil dans lequel se croche l'élingue destinée à l'embarquement ou au débarquement.

La torpille, prête à être lancée, est mise dans le tube avant l'embarquement de ce dernier, la disposition du torpilleur ne permettant pas d'agir autrement.

§ 12. **Tubes des canots à vapeur.** — La planche IV, tome II, figure 2, montre l'installation d'un tube de lancement sur un canot à vapeur de 8^m,50.

Le tube T en acier est muni d'une frette F portant deux tourillons, pour capeler une brague B retenue par un taquet *m* qui s'oppose au recul. Il pèse 260^{kg}; sa longueur est de 4^m; et une cuiller en fer C de 0^m,645 de long peut être adaptée à l'A, pour protéger le cône de charge qui dépasse quand on lance des torpilles de 4^m,40.

La partie A' du tube s'engage dans un manchon en tôle M, qui fait corps avec l'embarcation. Sa partie R est portée par un chantier mobile *a*, glissant sur des rails que supporte une charpente *f*.

Quand le tube n'est pas en place, le manchon M se ferme avec

un système analogue à celui des hublots. A sa position de tir le tube est maintenu dans l'axe du canot par la brague B et une saisine S.

Lorsqu'on fait sur le canot le chargement de la torpille dans son tube, on la dépose dans une cuiller *p* et sur un chantier mobile *q* glissant sur un banc fixe, que supporte une charpente Q. Pour introduire la torpille, on pousse sa queue à bloc vers tribord, et l'on oriente le tube de façon à mettre son axe dans le prolongement de celui de la torpille. Quand la queue abandonne le chantier *q*, on remet celui-ci dans l'axe du canot. Le tube est ensuite placé dans sa position de tir, où on le saisit solidement.

La vue 3 donne la disposition du verrou K de retenue de la torpille et du levier de mise en feu L. Le rabattement de ce levier sur l'*A* autour de l'axe H détermine le retrait du verrou. En même temps la tige *t*, poussée aussi vers l'*A*, vient actionner la gâchette du mécanisme percutant.

CHARGEMENT A LA POUDRE DES TUBES LANCE-TORPILLES, ET MODE DE VISÉE

§ 13. **Gargousses.** — Les gargousses servant à lancer les torpilles Whitehead, sont chargées avec de la poudre Wetteren 20/25^{mm} (§ 49, tome I).

Le poids de la charge est :

Torpilles modèles 1876 et 1880 de 5 ^m ,75	200 à 275 grammes.
— — — — — 4 ^m ,40	125 —

Gargousses de poudre Wetteren. — Pour les torpilles de 5^m,80, on fait usage de gargousses à anneau plein (Pl. IV, tome II, fig. 3). Elles se composent d'une carcasse en carton C, en forme de chapeau, sur le pourtour extérieur de laquelle les grains de poudre sont symétriquement rangés. Le tout est recouvert d'une enveloppe de serge cousue avec du fil de laine. Une douille en laiton *d* destinée à recevoir l'amorçage est assujettie dans l'enveloppe. Un ruban de fil R (préalablement trempé dans une solution d'alun pour éviter la combustion) est cousu par trois points sur le pourtour de la gargousse; il forme trois boucles se capelant sur les pitons de la porte du tube.

Gargousses de poudre Wetteren à secteurs. — Les gargousses employées pour les torpilles de 4^m,40 (M^{ie} 1880) sont formées de secteurs (fig. 4) reliés par une mèche.

Cette disposition a été adoptée à cause du peu d'espace qui existe entre la face A' de la porte du tube et la partie R de la pièce à ailettes qui forme la queue de l'hélice. (Les ailettes se logent entre les secteurs.)

La douille d de l'étoupille est placée sur un des secteurs.

Gargousses de poudre comprimée. — La charge de ces gargousses est formée par un disque D (fig. 5) de 110^{mm} de diamètre extérieur et 50^{mm} de diamètre intérieur. Il est fabriqué avec de la poudre F₂ (§ 48) comprimée dans un moule en bronze, à la pression de 550^{kg} par centimètre carré. Son épaisseur est de :

10 ^{mm}	pour la charge de 150 grammes,
11 ^{mm} ,5	— 175 —

Après l'avoir appliqué sur une carcasse en carton C, on recouvre le tout de serge, comme pour les gargousses précédentes.

Ces gargousses sont très rigides; elles résistent aux chocs et aux transports. Quand la poudre s'enflamme, aucune de leurs parties ne peut détériorer les organes de la torpille. En un mot, elles paraissent supérieures aux gargousses Wetteren, avec lesquelles la plupart des grains sont projetés hors du tube lorsque la charge est un peu forte.

§ 14. **Tampon obturateur, et mise de feu électrique.** — Pour éviter les avaries qui pourraient arriver si les gaz de la poudre, en entrant à l'intérieur de la torpille dans la chambre de la machine motrice, exerçaient leur pression sur les organes de cette machine, et la faisaient tourner en sens inverse de son mouvement, on fait usage d'un tampon obturateur (Pl. IV, tome II, fig. 6). Il est formé par un cylindre en bois à deux diamètres, muni à sa partie R d'une rondelle en cuir A qui le maintient dans la douille de la pièce à ailettes. La partie A' pénètre dans le creux de l'arbre porte-hélice, dont l'obturation est assurée par une rondelle de caoutchouc C fixée contre l'épaulement résultant du changement de diamètre.

Dès que la machine se met en marche, le tampon est chassé par l'air d'évacuation à travers le creux précité, et reste dans le

tube, où il est retenu par un bout de ligne croché sur l'un des pitons de suspension de la gargousse.

Les étoupilles électriques sont en plume et chargées au pulvérisé; l'amorçage est généralement constitué par la réunion de deux étoupilles électriques en circuit dérivé. Pour amorcer avec cette disposition, on place l'une des étoupilles dans la douille de la gargousse et l'autre dans un trou percé à l'enveloppe de serge. On croche ensuite la gargousse sur ses pitons, et l'on passe les branches de l'amorçage dans le trou de la porte de culasse.

Installation du circuit électrique. Tube ordinaire et tube à cuiller. — Aux bornes à volonté et choc de la pile sont placés deux conducteurs F et F' (fig. 7) : le premier attaché à l'une des branches *f* de l'amorçage, le second au contact fixe T du conjoncteur. La deuxième branche *f'* de l'amorçage étant reliée au contact mobile K, l'inflammation se produira quand le conjoncteur du tube et celui de la pile seront mis en action.

Circuit électrique des bateaux torpilleurs. — Deux systèmes de conjoncteurs étant en usage sur les torpilleurs, il existe deux dispositifs pour le circuit électrique, correspondant chacun à un des systèmes :

1° Le conjoncteur est placé sur le côté du tube. Les bornes A, B, C (fig. 8, vue 1) sont isolées. Considérons le tube de tribord X; quand le conjoncteur KT sera actionné par la pièce E, le courant marchera suivant la direction des flèches, en parcourant les fils F, *f*, *n*, F'. Le courant agira d'une manière analogue sur le tube de bâbord. Il importe de bien atteler les fils comme il est indiqué sur la figure. Sinon, on s'exposerait à faire partir ensemble les deux gargousses.

2° Le conjoncteur (fig. 8, vue 2) est placé sur la génératrice inférieure du tube. Les bornes I et I₁ sont isolées; la borne *t* ne l'est pas, et se trouve en contact avec le métal de la coque. Considérons le tube de tribord X, et actionnons son conjoncteur; le courant, suivant le fil F, se répandra par la borne *t* dans la coque et le tube. Quand le levier T agira sur le conjoncteur, il tiendra lieu de contact mobile; et il fermera le circuit du courant, qui, passant par le contact fixe isolé S, traversera l'amorçage, puis reviendra par les fils *f*, *f'*, F' au pôle négatif de la pile. De cette façon, les deux tubes ne peuvent pas faire feu à la fois quand on actionne un seul conjoncteur.

§ 15. **Tables de visée.** — Il importe de pouvoir déterminer l'instant précis où l'on doit lancer une torpille. A cet effet, on emploie des instruments appelés *tables de visée*.

Une table est afférente à chaque tube. Elle tient compte des éléments suivants :

- 1° Angle de pointage du tube, si cet angle n'est pas constant ;
- 2° Vitesse du but et sa route ;
- 3° Vitesse de la torpille ;
- 4° Angle de déviation latérale de la torpille, si le tube n'a pas de cuiller.

AUTRES DISPOSITIONS DIVERSES POUR LANCEMENT DES TORPILLES

§ 16. **Installation sur des torpilleurs de deux tubes à la poudre tirant en dehors de l'axe.** — Pour faire ressortir toutes les conditions qu'impose le problème de l'armement d'un torpilleur, nous croyons utile de citer l'installation suivante exécutée sur un bateau de l'espèce, dans le but de remplacer les tubes-carcasses qu'il possédait d'abord par deux tubes tirant à la poudre en dehors de l'axe.

Les nombreux essais faits avec les tubes-carcasses dont sont pourvus divers torpilleurs-vedettes ont démontré le peu d'efficacité d'un pareil mode de tir. Avec ce système, le torpilleur perd tout le bénéfice de sa vitesse ; les trajectoires sont déviées et incertaines. Les tubes-carcasses pourraient, tout au plus, être utilisés par un torpilleur au repos attendant l'ennemi derrière un abri. Pour parer à ces inconvénients, on a cherché les moyens de munir ces vedettes de tubes lançant à la poudre. Voici le programme à remplir :

- 1° Conserver sensiblement la ligne d'eau du torpilleur ;
- 2° Introduire facilement les torpilles dans leurs tubes ;
- 3° Donner au tube en position de tir un angle de pointage tel que la manœuvre du torpilleur au moment de l'attaque se trouve très simplifiée, quelle que soit la méthode de visée employée ;
- 4° Laisser l'avant dégagé pour permettre l'installation d'un appareil porte-torpille.

La Pl. IV, tome II, fig. 9, montre la solution qui a été adoptée.

Le tube ne devant plus lancer dans l'axe, il y avait grand intérêt

à s'occuper de la justesse du tir. Afin d'obtenir un état comparatif, on disposa à bâbord un tube ordinaire en acier, et à tribord un tube Whitehead à cuiller.

Des billots M reposant simplement sur les passavants sont réunis ensemble par une traverse appuyée sur le dôme de l'arrière. Cet ensemble est maintenu par les formes mêmes du torpilleur. D'autres billots N, posés aussi sur les passavants, débordent de quelques centimètres pour permettre le pointage des tubes; ils sont tenus en dedans par des cornières en fer, et à la partie débordante par deux petites consoles. Sur ces billots glissent les patins qui supportent les tubes.

Les massifs qui reçoivent la cheville-ouvrière, sont rendus solidaires par une lame en tôle de 20^{mm} d'épaisseur passant dans les mains de fer qui servent à hisser le torpilleur. L'axe de rotation présente ainsi une fixité et une solidité complètes. Des colliers en deux parties servent à tenir le tube au roulis, et à empêcher l'arrière de se soulever quand la torpille sort du tube. Deux glissières volantes G reçoivent les torpilles, et permettent une introduction très facile par deux hommes. Avec ces installations, les tubes peuvent prendre deux positions : l'une dans l'axe du torpilleur, c'est la position de chargement et de navigation; l'autre, qui est la position de tir, donne une inclinaison de 17° au tube à cuiller et de 14° à l'autre tube.

Une série d'expériences a été entreprise à l'effet d'étudier le système.

Afin de voir si l'installation adoptée pour l'affût pourrait résister au tir, on introduisit dans les tubes deux torpilles en bois. La charge était formée de 100 grammes de poudre comprimée; les torpilles furent lancées au repos, et aucune fatigue ne fut constatée dans les divers organes. Le même succès a été obtenu en lançant les torpilles à une vitesse de 11 nœuds.

Pour constater si le torpilleur, avec ses tubes en position de tir, conservait sa qualité de navigation, on lança à grande vitesse, en mettant toute la bande d'un bord et de l'autre; et les inclinaisons furent insignifiantes.

Enfin, pour vérifier la justesse du tir, on procéda à plusieurs lancements sur but fixe et sur but mobile avec table de visée. Les coups tirés avec le tube à cuiller furent très justes. Les autres, soumis à une déviation initiale variable avec la vitesse

du torpilleur, ont été beaucoup moins précis; à 11 nœuds, la déviation latérale initiale était d'environ 14 à 15°.

L'avantage est au tube à cuiller. En effet, le torpilleur peut, au moment de l'attaque, être forcé de modifier sa vitesse. Avec le tube ordinaire, il faudra tenir compte de ce changement d'allure, et déplacer en conséquence l'alidade de pointage dans un moment peu favorable à des opérations de ce genre. Au contraire, avec le tube à cuiller la visée ne varie pas, puisqu'il n'y a pas de déviation initiale.

De ces expériences on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Les installations en vue offrent les garanties de solidité désirables; et elles conservent au torpilleur, en les améliorant, toutes ses qualités de navigation.

2° La grande facilité d'introduction des torpilles permet un grand nombre de tirs en peu de temps.

3° Les tirs en tube à cuiller sont de beaucoup supérieurs aux tirs en tube ordinaire. L'élévation des tubes au-dessus de l'eau à cette partie du torpilleur les met à l'abri de la mer. La mise de feu par l'électricité est aussi commode que pour les tubes dans l'eau, et n'exige la présence de personne sur le pont du torpilleur. Le pointage en dehors de l'axe simplifie beaucoup l'attaque du torpilleur. Ce dernier a la facilité de rectifier au dernier moment une attaque mal engagée; il a la certitude de pouvoir tirer en passant à contre-bord à toute vitesse; c'est le mode de combat le plus efficace par sa soudaineté, et jusqu'à ce jour nos torpilleurs ne pouvaient en faire usage. En outre, l'ennemi est dans l'impossibilité de juger s'il est ou non dans le rayon d'attaque du torpilleur; et par conséquent il ne peut manœuvrer de façon à l'éviter. Enfin, l'avant parfaitement dégagé permet l'installation d'un appareil porte-torpille.

Les dispositions décrites ci-dessus adoptées avec deux tubes à cuiller en acier pesant environ 300^{kg} et susceptibles de lancer des torpilles de 3^m,75 et de 4^m,40, indiquent une solution qui ne tardera pas à se généraliser à bord de tous les torpilleurs.

§ 17. **Lancements sous l'eau : systèmes adoptés par plusieurs puissances étrangères.** — 1° *Tirs dans l'axe.* — Les lancements sous l'eau sont relativement faciles. Aussi, plusieurs puissances ont-elles armé des cuirassés ainsi que

des navires de petites dimensions de tubes sous-marins télescopiques, destinés à lancer des torpilles automobiles parallèlement à l'axe du bâtiment au moyen de l'air comprimé.

Les Italiens, les Russes et les Autrichiens ont, paraît-il, parfaitement résolu cette question avec des tubes placés à 3^m sous l'eau.

La planche V, tome II, figure 1, montre l'installation des tubes sur les cuirassés italiens : *Andrea Doria*, *Ruggiero Lauria*, *Giovani Morosini*, et sur deux béliers-torpilleurs : *Etna* et *Vesuvio*.

Les Russes ont plusieurs bâtiments disposés d'une façon à peu près semblable, le *Pierre-le-Grand* entre autres.

Les Autrichiens possèdent aussi quelques navires munis de tubes sous-marins. La figure 2 montre le dispositif employé sur la canonnière le *Sechund*. Le tube télescopique, placé à 2^m sous l'eau environ, lance la torpille au moyen d'une chasse d'eau.

Tous les tubes sous-marins, lançant parallèlement à l'axe, sont munis d'un capot de fermeture étanche et d'une vanne également étanche, qui se ferment quand on introduit la torpille dans le tube.

2° *Tirs par le travers*. — Les Anglais sont arrivés à faire des tirs sous l'eau par le travers. Le *Polyphemus* possède quatre appareils destinés à ce genre de tirs (à 3^m de profondeur).

Les premiers essais effectués ont été entrepris avec des tubes accompagnés chacun d'une cuiller pleine que l'on faisait saillir en dehors de la muraille au moment du tir. Elle avait la forme d'un demi-cylindre, qui, tenu rigidement sur l'A de la torpille, devait la protéger à sa sortie du navire. Quand on a fait des lancements à 13 nœuds avec cet appareil, la torpille est venue se coller sur la cuiller, et y est restée ; il a fallu renoncer à ce procédé.

On a alors imaginé de tenir la torpille sous l'eau par son centre de pression latérale. Un T a été placé sur les torpilles : à bâbord pour celles qui sont lancées à tribord, et réciproquement. La cuiller pleine a été évidée ; on en a fait une cuiller-carcasse, qui est munie à sa partie longitudinale milieu d'une rainure servant de guide au T de la torpille. Lorsque celle-ci sort du tube, elle reçoit l'impulsion des filets d'eau ; mais étant tenue par son centre de pression latérale, elle reste droite. A l'instant où la queue déborde le tube de lancement, le T sort de la rainure de la cuiller ; et la torpille se trouve libre dans de bonnes conditions.

Dans ce système, on pousse d'abord la cuiller, et on la met en place hors du bâtiment. La torpille est ensuite chassée à l'aide

d'un piston appuyant sur son *R*, et mû par l'air comprimé. Un arrêt placé sur le tube met en marche la machine de la torpille avant qu'elle n'ait quitté le tube, comme cela se pratique pour les lancements au-dessus de l'eau.

Les tirs du *Polyphemus* ont, paraît-il, donné de très bons résultats; mais comme ces appareils sont très compliqués, on ne semble pas, pour le moment du moins, vouloir faire des installations semblables sur d'autres navires.

§ 18. **Tube sous-marin, système Whitehead, pour le lancement des torpilles par le travers.** — M. Whitehead a réalisé de la façon suivante un tube destiné au lancement des torpilles par le travers et en dessous de l'eau à bord des croiseurs italiens (Pl. V, tome II, fig. 3).

La torpille porte à son centre de gravité un T qui coulisse dans une cuiller extérieure au bâtiment. Ce T est placé sur le côté de la torpille qui se trouve à l'*A* du navire, ainsi que nous l'avons vu dans l'installation du *Polyphemus*. Mais ici le tube contient la cuiller, et celle-ci renferme elle-même la torpille qui est fixée par le T. Le tout est chassé à l'aide d'une crémaillère et d'un pignon porté par la cuiller, et actionné par un moteur à air comprimé; le mouvement de sortie de la cuiller est très rapide.

Pendant le trajet de cette pièce, et avant que la torpille ne soit sortie tout à fait du bâtiment, un premier arrêt situé sur le tube met en marche la machine de la torpille (Il est d'ailleurs bien entendu que le registre *rr* du tube étant ouvert, l'eau a pénétré dans le tube et entoure la torpille). Au moment où la torpille est arrivée à 0^m,25 environ du bord, un second arrêt placé sur le tube ouvre, à l'aide d'un renvoi de mouvement, les petites portes *a, a, a*, qui donnent à l'eau libre accès autour de la torpille; en même temps cet arrêt dégage le T. La torpille continue sa marche par l'effet de sa machine motrice et par suite de l'impulsion que lui a communiquée la chasse de la cuiller. L'action du même arrêt renverse en même temps le sens de la marche du moteur à air comprimé, qui ramène alors la cuiller à l'intérieur du navire.

Sans les ouvertures *a, a, a*, il se formerait derrière la cuiller, par suite du sens de la marche du bâtiment, une sorte de vide dont l'appel dévierait la torpille. Les cuillers anglaises, comme nous l'avons vu, sont ouvertes, et le choc de l'eau fatigue la tor-

pille; c'est pour l'éviter que M. Whitehead a pratiqué de petites portes qui ne s'ouvrent qu'au moment où la torpille va devenir libre; cette disposition est, du reste, assez compliquée.

Le système de lancement de M. Whitehead est plus rapide que celui des Anglais; il dispense de présenter d'abord la cuiller hors du bâtiment; il supprime l'action qu'exerce le piston sur l'*A* de la torpille, et qui produit une fatigue sur cette partie.

Le tube a une section carrée, pour que la cuiller soit guidée et ne tourne pas sur elle-même dans son mouvement de sortie. La cuiller n'a que deux côtés pleins; les faces du haut et du bas sont percées de trous pour le passage de l'eau; mais ces ouvertures ne sont pas munies de clapets, car dans ces sens l'eau ne produit pas de choc, et il n'est par nécessaire de protéger la torpille.

C'est sur un des trois bâtiments du type *Vésuve* que l'on a fait l'essai de ce système. Le bateau porte sur l'*A* deux tubes de ce genre. En outre, il existe dans l'eau un tube sous-marin fixe.

CRITIQUE ET TIRS DE LA TORPILLE WHITEHEAD

§ 19. Défauts de détail de la torpille Whitehead.

— La torpille Whitehead est certes un appareil fort ingénieux. Le problème d'une torpille automobile offrait des difficultés qui, au premier abord, semblaient insurmontables; et son inventeur l'a résolu d'une façon fort remarquable. Mais la solution n'est pas parfaite; et il faut reconnaître que l'engin tel qu'il est fabriqué à Fiume présente encore bien des défauts.

D'abord la torpille Whitehead est trop un instrument *de précision*. Les régulateurs et les tiges de transmission doivent être ajustés et réglés d'une manière presque mathématique. C'est par fractions de millimètre que l'on compte la course des divers organes. Dans un atelier on arrive à cette exactitude; et si la torpille pouvait être conservée longtemps à bord dans l'état où elle est livrée, l'inconvénient n'aurait que peu de gravité. Mais, placée dans les tubes des torpilleurs pendant un temps assez long, elle s'oxyde; le servo-moteur, qui est l'âme de la torpille, se *gomme*; les gaines qui contiennent les tringles de transmission se salissent, et ce défaut est encore aggravé par leur longueur.

La torpille exige donc des soins continuels de démontage et de réglage, qu'on ne peut confier qu'à un personnel tout à fait spé-

cial et nombreux. Il faut compter aussi que toutes ces difficultés, déjà assez sérieuses en temps de paix, s'exagèreront singulièrement en temps de guerre.

Au point de vue de la nature même de chaque organe, il y a beaucoup à dire. Nous avons déjà mentionné au § 870, tome I, les inconvénients de l'ouverture brusque de la soupape de prise d'air quand l'hélice est encore dans son tube de lancement. Mais il faut ajouter à ce défaut bien des imperfections dans les autres parties du mécanisme. Tout esprit ingénieux les trouvera facilement, et pourra tenter des combinaisons pour y remédier. Mais ceux qui voudront reconstituer à fond la torpille Whitehead devront, en tout état de cause, bien se rappeler qu'il y a loin de l'idée d'un mécanisme à sa parfaite réalisation pratique. Ce n'est, en principe, qu'à la longue et quand le tour de main propre à chaque organe est acquis par des ouvriers spéciaux, qu'un atelier parvient à réussir un engin quelconque dont les dessins lui sont donnés.

§ 20. Défauts d'ensemble de la torpille Whitehead.

— La torpille Whitehead telle qu'on la construit aujourd'hui n'offre pas un fort rendement, c'est-à-dire que, eu égard à son poids, elle n'a pas assez de vitesse, et ne porte pas une charge explosive suffisante. En effet, elle pèse 400^{kg}, elle a 5^m,75 de long sur 0^m,380 de diamètre; et sa charge atteint seulement 40^{kg}, c'est-à-dire 1/10 de son poids. Sa vitesse est de 24 nœuds (12^m par seconde environ), et sa course 600^m.

La vitesse est la question capitale. Mettons, en effet, de côté le cas d'un navire au mouillage, qui peut se préserver par des filets; et supposons la torpille lancée, avec une vitesse de 24 nœuds, à une distance de 400^m d'un vaisseau en marche. Le temps nécessaire pour franchir cette distance sera 33^s, ce qui peut suffire au bâtiment attaqué pour se garer par un changement de direction. En outre, la pratique démontre que sur un torpilleur les écarts de visée atteignent 5° au minimum, ce qui représente une erreur de 32^m à la distance de 400^m.

Ces chiffres prouvent quelle est l'importance de la vitesse d'une torpille. Pour l'augmenter, même dans de faibles proportions, en conservant les dimensions des modèles actuels, il faudrait accroître beaucoup la force motrice, à cause de la résistance de l'eau. Il semble donc que la solution du problème consisterait à réduire

la course de l'engin, ce qui amènerait une diminution du réservoir d'air, et, par suite, du poids et de la longueur de la torpille. Les avis sont partagés à cet égard; car la longueur de la torpille assure la stabilité de sa trajectoire. Dans de pareilles questions l'expérience seule peut décider, et jusqu'à présent on ne peut pas se baser sur des faits assez précis. Aussi, en exposant les considérations de ce paragraphe et du précédent, nous n'avons eu qu'un but : faire ressortir les imperfections de l'engin, et montrer que, malgré toutes ses qualités, il ne répond pas encore absolument au programme à remplir que l'on peut formuler ainsi : *Simplicité de manœuvre; entretien facile; rendement maximum de charge explosive et de vitesse.*

§ 21. **Tirs de torpilles Whitehead.** — Pour bien apprécier la valeur de la torpille Whitehead, au moins sous le rapport des touchés, il faut connaître un grand nombre de ses tirs tant à bord de navires quelconques qu'à bord de torpilleurs.

Au point de vue des bâtiments lanceurs, le nombre des touchés est moyennement le même, quel que soit le bateau. Le genre de lancement, à la poudre ou à l'air comprimé, n'influence pas non plus les résultats du tir. Les Anglais obtiennent de très bons tirs avec le lancement à l'air comprimé, qu'ils ont porté à un haut degré de perfection.

On peut estimer que, dans toutes les grandes marines où on a formé aujourd'hui d'excellents officiers et matelots torpilleurs, le nombre des touchés très probable est de 60 p. 100.

Seulement, en temps de guerre, eu égard au moins bon entretien des torpilles et plus encore à l'émotion des combattants et à la lame qui sera en général plus grosse que dans les tirs d'exercice, on devra hardiment réduire à 30 p. 100 le nombre des touchés. Ce n'est pas tout; il faut compter qu'une partie des touchés sera inefficace, soit par suite d'un mauvais fonctionnement de la pointe percutante, soit en raison de la détérioration de la charge explosive. Tout bien considéré, on ne saurait espérer plus de 20 p. 100 de coups réussis.

Quant aux effets destructeurs que produiront ces coups, ils seront eux-mêmes soumis à une foule d'aléas; l'expérience d'explosion citée § 31 ci-après pourra fournir quelques indications sur ce point particulier.

PROTECTION DES NAVIRES CONTRE LES TORPILLES MOBILES

§ 22. **Procédés indépendants du navire.** — Connaissant les torpilles mobiles et leurs moyens d'attaque, nous allons examiner comment un navire peut s'en garantir.

En semant autour de lui des torpilles électro-automatiques, le vaisseau au mouillage se constitue une défense ; mais il s'en faut de beaucoup qu'elle soit absolue, et l'on a dû chercher un moyen de protection plus efficace.

On avait songé primitivement à entourer le bâtiment d'une ceinture de dromes, empêchant l'assaillant d'arriver jusqu'au contact de la carène, et le forçant à rester exposé dans un certain rayon à l'artillerie et à la mousqueterie du navire. Mais les dromes ne remplissent pas d'une manière satisfaisante les conditions du programme. L'exemple du bélier confédéré l'*Albermale*, coulé derrière une ligne de défense de cette nature, en est une preuve. Le lieutenant Cusling, de la marine fédérale, ayant à attaquer le vaisseau ennemi avec une torpille portée, commença par précipiter son bateau contre la ligne de défense, avant de développer sa hampe. Quand l'obstacle fut franchi, il poussa sa torpille au poste de combat, et attaqua directement les flancs de l'*Albermale*, qui coula.

Dans ces derniers temps, on a proposé l'emploi d'une ceinture avertisseur, composée de plusieurs bouts de cordes métalliques soutenues par des morceaux de liège. Entre les bouts consécutifs, on fixe des bouées retenues à leurs postes respectifs par des chaînes et des ancres. Les bouées renferment des matières éclairantes, telles que le phosphore de calcium, qui s'enflamment lorsqu'une portion de la ceinture est tendue par le choc de l'assaillant.

§ 23. **Filets Bullivan.** — En principe, on a recours présentement à des filets métalliques qui assurent aux navires une protection plus efficace. Nous allons décrire les filets Bullivan, tels qu'ils se rencontrent sur divers grands bâtiments (Pl. VI, tome II).

Les filets, dont le navire est complètement entouré, sont soutenus à l'aide de câbles, nommés *filères d'envergure*, fixés sur des bras ou *tangons* ; ceux-ci sont reliés au bâtiment par des sup-

ports autour desquels ils peuvent pivoter, de façon à être ramenés le long de ses flancs. Dans cette dernière position, les tangons sont dits *rentrés*; lorsqu'ils occupent leur position effective pour soutenir le filet, ils sont dits *croisés*.

En tous cas, ils sont au nombre de onze de chaque côté du navire. Leur longueur est d'environ 7^m, sauf pour les deux de l'avant et celui de l'arrière dont la longueur atteint 9^m, afin de faciliter l'amarrage du filet du haut même du navire sans envoyer des hommes dehors, et afin aussi de ne pas gêner le jeu de l'hélice.

Les tangons rentrés forment, du côté de l'arrière, un angle de 7° avec l'horizon; sauf les deux de l'arrière qu'on oriente suivant les formes du navire de la façon la plus commode, et les deux de l'avant qu'on relève de manière à éviter tout trainage du filet et à dégager les chaînes des ancres.

Les dispositions sont, bien entendu, symétriques pour les deux bords.

Chaque targon est soutenu à l'aide de trois balancines en câble de fil de fer, dont les points d'attache contre le bord se trouvent choisis, pour chaque navire, de façon à dégager les sabords des canons. Ces balancines sont établies à poste fixe sur le targon et sur la muraille; mais sur chacune d'elles est un ridoir servant à lui donner la tension voulue. La balancine d'avant, étant destinée à être larguée lorsque le targon est rentré, porte une amarre *m* (fig. 2, vue 1), qui l'empêche de trainer dans l'eau tout en lui laissant le mou nécessaire. Cette amarre sert encore à ramener la balancine en place lors du branlebas de combat. A cette manœuvre, les trois balancines soutiennent le targon et doivent être tendues; la collerette qui se trouve à l'extrémité du targon est élevée au-dessus du niveau de l'eau de 0^m,75 environ. Lorsqu'au contraire le targon est rentré, la balancine milieu en supporte seule le poids.

La figure 2 représente le targon dans les différentes positions que nous venons d'indiquer :

- a* est le targon,
- h*₁ la balancine d'avant,
- h*₂ celle du milieu,
- h*₃ celle d'arrière.

Le ridoir du milieu a environ 0^m,80 de course, tandis que ceux des balancines extrêmes ont à peine 0^m,25.

La pièce C est le support du targon; la collerette F porte sept

anneaux : trois pour les balancines, deux pour les filières d'envergure et deux pour les poulies de cargue.

Les tangons sont parfois en bois, mais le plus souvent en fer. Ils portent à chaque extrémité des armatures semblables aux ferrures des bouts de vergue. L'une de ces armatures est terminée par un anneau G, dans lequel passe la *garde*; c'est un câble en fil de fer servant à protéger le filet contre les chocs des canots ou des torpilleurs. Il se fixe à l'avant par un crochet pris dans un anneau, et se raidit à l'arrière au moyen d'un filin passé dans l'œil qui termine les deux bouts de la garde. L'autre armature, celle qui est destinée à relier le targon au navire, porte une chape (fig. 3), dont le mâle est formé par le tourillon *h* (fig. 5) autour duquel le targon oscille; le targon et le tourillon sont réunis par un boulon. Cette disposition permet de faire varier, dans une mesure du reste assez restreinte, l'immersion du filet, et de rentrer le targon en lui faisant faire avec les flancs du bâtiment l'angle de 6° signalé plus haut.

Les supports de tangons sont en tôle de 14^{mm} d'épaisseur, et se trouvent renforcés par des cornières *k*. Chaque support est muni de deux anneaux N, sur lesquels sont accrochées les poulies qui servent à carguer ou à larguer les filets. L'une de ces poulies fait palan avec un réa relié aux cargues, et l'autre fait renvoi du garant sur le pont pour la manœuvre. Les anneaux N servent en même temps d'écrous aux boulons P qui maintiennent l'écartement des flasques de support.

La collerette fixée au bout du targon porte les deux poulies de cargue à deux réas, placées de chaque côté. Dans chaque poulie passe en deux fois un petit câble en fil de fer galvanisé. Les deux bouts de ce câble sont amarrés au filet, l'un à 1^m,55 du targon, l'autre à 4^m,65 dans le sens horizontal. Préalablement ils vont à la partie inférieure du filet, après avoir passé successivement dans tous les anneaux qui se trouvent sur les verticales distantes de 1^m,55 et de 4^m,65 du targon. Ils gagnent de là des poulies fixées à la filière d'envergure, pour passer dans celle des deux poulies à deux réas du targon qui leur correspond; ils suivent ensuite ce dernier sur une partie de sa longueur, où ils traversent un anneau pris dans un bout de câble portant à son autre extrémité le réa désigné à la fin de l'alinéa précédent.

La même disposition existe de chaque côté du targon; et les

deux câbles de cargue se réunissent dans le même anneau, d'où ils sont manœuvrés du pont.

Les filets (fig. 1) sont formés d'anneaux en fil de fer galvanisé comportant 12 brins de 2^{mm} de diamètre. Le diamètre des anneaux est de 18^{cm}; ils sont reliés entre eux par des bagues présentant 2^{cm} de diamètre à l'intérieur et 4^{cm} à l'extérieur. Les filets sont réunis entre eux par des maillons de rattaché (fig. 6).

Il existe deux filets entre chaque paire de tangons.

Un petit câble de transfilage est fixé à une extrémité de la filière d'envergure; il passe ensuite dans chaque anneau supérieur du filet, en faisant successivement un tour sur cette filière; enfin il est attaché à l'anneau de la filière d'envergure.

§ 24. **Manœuvre des filets Sullivan** (Pl. VI, tome II, figure 8). — Il y a d'abord à les mettre en place, ce qui exige qu'on croise les tangons. Pour cette opération qui est la même pour les deux bords du bâtiment, examinons seulement un côté.

Un palan relie l'extrémité de la corne de beaupré à la collerette du premier tangon de l'avant; à l'aide de ce palan on amène le tangon à faire un angle bien moindre que 90° avec le plan diamétral du bâtiment. Un deuxième palan relie la collerette du premier tangon de tribord au premier tangon de bâbord; en agissant sur ce palan on les rapproche; on amène ensuite respectivement les tangons 2, 10 et 11 dans leurs positions effectives. Cela fait, les filières d'envergure avec les filets sont mis en place au moyen de ras ou d'embarcations. Puis à l'aide d'un palan venant de l'avant et frappé sur la collerette du tangon 3, on croise tous les tangons intermédiaires. On accroche alors les balancines avant, et on met en place les mailles de rattaché pour fermer le contour du filet.

Lorsque les filets ont déjà été mis en place antérieurement, ils restent cargués le long du bord; et alors il suffit de larguer les cargues après le croisement des tangons.

Pour rentrer les tangons, on commence par relever les filets au moyen de leurs cargues, après les avoir séparés en A à l'avant et en B à l'arrière. On décroche le filet de l'avant ainsi que la garde; on agit sur un palan qui se trouve frappé sur l'avant-dernier tangon à sa collerette, et sur le navire sous le balcon de l'arrière. La même disposition existe de chaque bord.

Un autre palan réunissant les collerettes des tangons de l'ar-

rière sert à faciliter la manœuvre; de plus, lorsque les tangons sont ramenés le long des flancs du navire et qu'il ne reste plus qu'à les y fixer, ce dernier palan sert à donner aux tangons de l'arrière leur position définitive de rentrée. Dans ce but, le garant du palan fixé aux extrémités des tangons dont nous venons de parler, passe dans une poulie placée sur un montant de tente, et de là sur le pont, d'où il est manœuvré par l'équipage. Une disposition analogue existe pour ramener les tangons de l'avant à leur poste de rentrée.

D'ailleurs, on frappe souvent de petits palans sur tous les autres tangons pour faciliter leur rabattement contre la muraille, lorsque, dans cette dernière opération, on remarque des points morts.

Une fois tout l'appareil ramené le long du bord, on envoie des hommes pour terminer le cargage général; on finit de relever les filets avec des amarres; et pour empêcher les tangons de bouger au roulis, on les fixe au navire de la manière suivante :

Un coussinet en bois ou en fer (fig. 4), fixé au navire, reçoit chaque tangon dans une cavité arrondie. Deux poignées servent à amarrer le tangon, et à le tenir appuyé contre la muraille à l'aide d'un bout de filin.

Par tous les temps (vent debout, de travers, etc.), le système se comporte bien; et les manœuvres de sortie et de rentrée des filets s'effectuent dans des conditions satisfaisantes. Il faut environ 20 minutes pour larguer les filets et croiser les tangons. La manœuvre inverse prend à peu près le même temps.

§ 25. Dimensions et poids des filets Bullivan. — Voici quelques indications sur les dimensions et les poids de ces appareils concernant un grand cuirassé :

Les deux filets soutenus par chaque filière d'envergure sont respectivement carrés. Ils présentent ensemble 12^m,40 de longueur et 6^m,20 de profondeur; leur surface totale est 76^{mc},88, et leur poids 331^{kg}. Ce dernier chiffre comprend les mailles de rattaché des deux filets.

Entre les 11 tangons d'un bord sont 10 filets semblables formant un poids total de 3.310^{kg}, soit 6.620^{kg} pour les deux bords. La superficie pour un bord est de 768^{mc},80, 1^{mc} de filet pèse donc 4^{kg},305. Ne sont pas compris dans ces chiffres les filets de

l'avant et de l'arrière. Le premier a 5^m,30, le second 7^m,70 de longueur; la profondeur reste la même :

Filet AB	Poids 210 ^{kg} ,26	Surface 46 ^{mc} ,74
Filet A'	— 141 ^{kg} ,29	— 32 ^{mc} ,86
Soit en plus.	— 351 ^{kg} ,55	— 79 ^{mc} ,60

Le poids total du filet est donc 6.971^{kg},55 pour une surface de 1.617^{mc},20.

Les poids des divers appareils sont les suivants :

Balancines	870 ^{kg}
Tangons	5.500
Filières d'envergure	519
Cargues et palans	649
Poulies simples	210
Poulies doubles	195
22 supports de tangons pesant en moyenne 42 ^{kg}	924
	8.867 ^{kg}

Une nouvelle installation comporte un support à chaque balancine-milieu pesant en moyenne 36^{kg}, ce qui représente un poids de 792^{kg} à ajouter aux chiffres précédents.

EXPÉRIENCES D'EXPLOSIONS DE TORPILLES

§ 26. **Efficacité des torpilles au point de vue explosif. Dynamomètres d'explosion.** — L'efficacité en vue a donné lieu à de nombreuses contestations; et il faut reconnaître que la lumière est loin d'être faite d'une manière complète sur ce sujet, qui est à l'ordre du jour dans tous les pays.

C'est que la question est fort complexe. La pratique seule fournirait des bases certaines. Malheureusement, dans les expériences que l'on peut entreprendre, il est impossible de réaliser toutes les conditions qui se présenteraient dans un combat naval.

Nous croyons intéressant de citer quelques essais qui ont été faits sur des explosions de torpilles. Notre intention n'est pas de démontrer l'effet destructeur de tel ou tel modèle, mais de donner quelques idées générales sur l'emploi de ces engins.

Les expériences que nous rapportons montrent l'influence d'une explosion sur la carène d'un navire et l'effet qu'elle produit sur les torpilles mouillées dans le voisinage. Les résultats va-

rient avec la masse et le mode de construction du navire, avec le poids de la matière explosive, la place qu'occupe la torpille par rapport au vaisseau, sa distance au fond et au niveau de la mer. Chacun de ces éléments joue un rôle particulier ; et quelques exemples en démontreront l'importance mieux que toutes les théories que l'on peut émettre sur ce sujet.

En tous cas, il importe d'avoir de bons instruments de mesure pour apprécier les pressions d'écrasement et de brisement produites par les pressions ; ils reposent sur le principe des *Crushers* (§ 2, tome I). Nous citerons en particulier les appareils suivants :

Dynamomètre simple à écrasement de plomb. — Le dynamomètre simple (Pl. VI, tome II, fig. 9) se compose d'un cylindre en fer A, dans l'axe duquel a été alésée une chambre cylindrique se fermant par un piston évidé B en fer de 50^{mm} de diamètre. Au fond de la chambre et en dessous du piston sont pratiqués deux logements cylindriques *cd* parfaitement centrés, ayant 3^{mm} de profondeur et 2^{cm} de diamètre.

Pour se servir de l'appareil, on y introduit un cylindre de plomb P, de 2^{cm} de diamètre sur 55^{mm} de longueur, dont les deux extrémités viennent s'engager dans les logements cylindriques du fond et du piston ; il se trouve donc parfaitement centré et solidement tenu.

Le piston de l'appareil est recouvert d'un diaphragme *ef* en caoutchouc vulcanisé de 3^{mm} d'épaisseur. L'étanchéité de la chambre cylindrique est assurée par la compression de ce diaphragme entre la collerette extérieure du dynamomètre et une rondelle *gh* en fer évidée en son centre ; cette compression s'effectue au moyen de 4 pinces en fer à vis K, qui, placées sur deux diamètres perpendiculaires, s'engagent sur la collerette extérieure et sur le dessous de la rondelle métallique.

Un piton M à œil de fer, fixé extérieurement sur le fond du cylindre, sert à suspendre l'appareil à une bouée.

Il est facile de comprendre comment des instruments de ce genre placés dans l'eau à une certaine distance du centre d'une explosion pourront donner une évaluation du travail déterminé par cette explosion au point où ils se trouvent.

Dans une explosion qui a lieu au sein de l'eau, il y a production presque instantanée d'une énorme quantité de gaz qui, comprimant l'eau ambiante, lancent dans toute la masse liquide une succession

ininterrompue d'ondes comprimées élémentaires; leur réunion constitue une onde comprimée, qui, se transformant de couche en couche, atteint les différents dynamomètres les uns après les autres d'après leur distance.

L'onde comprimée, en passant sur le piston de chaque appareil, développe un travail qui se traduit par l'écrasement du plomb.

Si S est la surface du piston d'un appareil situé à une distance d du centre d'explosion, t le travail recueilli sur cette surface, on aura pour le travail total fourni par l'explosion à la distance d sur la surface d'une sphère ayant cette distance pour rayon :

$$T_d = \frac{4t\pi d^2}{S}.$$

En comparant le travail T_d au travail T disponible dans la quantité de substance explosive employée, on obtient le rapport $\frac{T_d}{T}$ de l'effet utile à l'effet théorique, rapport qui constitue ce que l'on peut appeler le rendement à la distance d .

Or T est connu, car c'est le produit du poids de la charge par l'énergie potentielle d'un kilogramme de la substance employée, à savoir d'après le § 73, tome I :

Poudre de guerre	296	tonneaux-mètres par Kg.
Coton-poudre	456	—
Nitroglycérine	671	—
Par conséquent dynamite à x p. 100. . . .	$\frac{671 \times x}{100}$	—

De son côté, T_d est donné par l'écrasement du cylindre de plomb. Si on a eu soin d'établir préalablement une courbe des écrasements de cylindres de plomb identiques, il suffira de rapporter à cette courbe les écrasements obtenus dans l'explosion; et on aura les valeurs cherchées.

Dynamomètre triple à écrasement de plomb. — Ce dynamomètre (Pl. VI, tome II, fig. 10) se compose de trois chambres cylindriques d'écrasement E; ces chambres sont disposées perpendiculairement autour d'une chambre centrale F également cylindrique, jouant le rôle de chambre à air, et avec laquelle elles communiquent par quatre ouverture I, I,...

Chaque chambre d'écrasement se ferme par un piston B de 50^{mm} de diamètre, qui appuie sur la tête du cylindre de plomb P soumis à l'écrasement, et qui porte en t un trou pour tire-fond.

La base de P repose sur une enclume en acier N vissée sur le fond de la chambre.

L'enclume N et le piston B portent chacun en saillie un tenon S arrondi, qui s'engage dans un logement pratiqué au centre de la base correspondante du cylindre de plomb; les tenons servent à centrer le cylindre et à l'immobiliser dans la position voulue.

Le piston doit avoir un jeu de $1/10$ de millimètre au moins, pour qu'il ne puisse être gêné dans son mouvement par la contraction que détermine la compression des parois au moment de l'explosion. La tête du piston est légèrement en saillie sur la base du cylindre de plomb; elle est recouverte d'un diaphragme *ef* en caoutchouc vulcanisé de $2^{\text{mm}},5$ d'épaisseur; l'étanchéité du joint est obtenue à l'aide d'une rondelle métallique évidée en bronze *gh*, sur laquelle appuie un écrou à chapeau K, qui comprime les rebords du diaphragme contre la tranche extérieure de la chambre d'écrasement.

La chambre à air centrale est fermée à l'une des extrémités par un boulon fileté Q avec tête à 6 pans; à l'autre, par un bouchon fileté avec piton M destiné à suspendre l'appareil pour les expériences.

Cette chambre a pour but, en augmentant le volume d'air que les pistons compriment lors de l'explosion, de diminuer la résistance qu'ils éprouvent à s'enfoncer par suite de cette compression.

Cylindres de plomb. — Les plombs qui servent dans ces dynamomètres sont pris dans des barres droites en plomb bien pur, amenées par étirage au diamètre de $19^{\text{mm}},9$. On coupe les cylindres à $52^{\text{mm}},5$ de hauteur; puis on les comprime au moyen d'une presse hydraulique dans une matrice, de manière à faire disparaître les soufflures qui peuvent exister dans le métal. Ils subissent ensuite quelques opérations de détail, qui les ramènent exactement aux dimensions et à la forme voulue, c'est-à-dire à des cylindres de 50^{mm} de hauteur sur 20^{mm} de diamètre.

Les dynamomètres triples sont accompagnés d'un approvisionnement des cylindres de plomb dont voici la table de tarage :

Table de tarage des cylindres de plomb.

Écrasement (en millimètres).	Travail d'écrasement (kilogr.-mètres).	Écrasement (en millimètres).	Travail d'écrasement (kilogr.-mètres).
1	1,00	20	34,34
5	5,50	25	48,94
10	13,10	30	66,34
15	22,50		

Dynamomètre triple à cylindre de cuivre. — Le dynamomètre triple à cylindre de cuivre (Pl. VI, tome II, fig. 11) ne diffère du dynamomètre triple à écrasement de plomb que par les dimensions de l'enclume N et du cylindre de cuivre P.

On admet que les écrasements des cylindres de cuivre peuvent mieux mesurer les pressions brusquement produites, comme celles qui sont développées par l'explosion des poudres. Le tarage de ces cylindres s'effectue habituellement en exerçant sur eux des pressions connues appliquées sans choc.

Les cylindres de cuivre ont 13^{mm} de longueur sur 8^{mm} de diamètre ; ils sont pris sur des barres de cuivre rouge étirées à la filière, recuites au four, puis trempées.

La face inférieure du piston B ne porte pas de teton ; elle est plane. L'enclume H a une hauteur de 51^{mm}. Un évidement cylindrique de 4^{mm} de profondeur est pratiqué sur sa face supérieure ; cet évidement reçoit une couronne de caoutchouc de 5^{mm} d'épaisseur, dans laquelle s'engage la base du cylindre de cuivre, qui se trouve ainsi centré dans l'appareil.

Le tableau ci-après, relatif à des cylindres de cuivre donne, en kilogrammes, les pressions totales qui correspondent à un écrasement produit par un piston de 5^{cm} de diamètre, comme celui des dynamomètres sous-marins.

Table de tarage des cylindres de cuivre.

Écrasements en millimètres.	Pressions totales en kilogrammes sur une surface de 19 ^{cm²} ,64.	Écrasements en millimètres.	Pressions totales en kilogrammes sur une surface de 19 ^{cm²} ,64.
0,1	108	5,0	2.866
1,0	853	6,0	3.390
2,0	1.500	7,0	4.071
3,0	2.042	8,0	4.969
4,0	2.480		

§ 27. 1° Explosion d'une torpille chargée de 400^{kg}

contre une corvette. — Une expérience a été faite pour vérifier, sur un navire de 17^m de large, l'efficacité d'une ligne de torpilles distantes l'une de l'autre de 30^m, au travers une passe.

Pour être dans les conditions voulues, la torpille destinée à faire explosion a été placée à 6^m,50 de la verticale à la muraille du bâtiment. En outre, une torpille a été mouillée à 30^m de la torpille d'explosion, pour voir si le mode de fermeture fait avec un mélange de suif et de céruse peut résister à la commotion.

Enfin quatre bœufs et quatre moutons ont été embarqués sur le navire, afin d'étudier sur ces animaux l'effet de l'explosion.

La torpille a été chargée par les procédés ordinaires d'environ 440^{kg} de fulmicoton.

Le pont et le bordé extérieur ont été visités et calfatés; les hublots ont été tamponnés. On a mis dans l'intérieur, tant en caisses à eau qu'en barriques vides, la quantité nécessaire pour faire un volume de 530^{mcub} représentant, en eau de mer, le déplacement de 544 tonneaux, afin de faire flotter le bâtiment après l'explosion en cas d'avaries graves.

Les condenseurs et les tuyaux de prise d'eau et de décharge de l'appareil moteur ont été remplis comme en marche.

Des dynamomètres d'écrasement, dans le genre des *crushers* (§ 2, tome I), mais avec trois cylindres à écraser disposés en éventail, ont été suspendus dans des positions et à des immersions calculées en supposant que la torpille avait une immersion de 28^m,50 au moment de l'explosion.

Dès que l'explosion s'est produite, l'arrière du bâtiment s'est enfoncé; puis une masse d'eau considérable a été soulevée, du milieu de laquelle a jailli une gerbe d'eau et de fumée.

On a remarqué que le vaisseau avait la muraille de bâbord fendue du haut en bas, un peu sur l'avant de l'endroit par le travers duquel avait été mouillée la torpille. Le pont était soulevé en cette partie. L'eau est montée presque jusqu'à fleur du pont; les caisses à eau et les barriques placées à l'avance dans le navire l'ont empêché de sombrer. Le bâtiment a été littéralement cassé en deux.

Le coup a porté sur l'avant de la machine, à l'emplacement des chaudières, où il n'y avait ni baux ni épontilles, où, par conséquent, la coque a dû fléchir sous l'effort de la pression extérieure.

La torpille d'essai, placée à 30^m, ne présentait à l'extérieur

aucune déformation. On a remarqué seulement que les écrous du couvercle se dévissaient très facilement, bien qu'ils eussent été serrés à force. Il est probable que sous l'effet de l'explosion, la rondelle de plomb s'était un peu aplatie de manière à décoller les écrous. La charge de fulmicoton était en parfait état.

Les résultats de cette expérience peuvent être formulés de la manière suivante :

1° L'explosion d'une torpille de 440^{kg} située à une distance minimum de 6^m,50 de la muraille du navire, sur un fond de 29^m, a fait éprouver à ce bâtiment une avarie majeure à la suite de laquelle il aurait immédiatement sombré.

2° Les résultats observés sur les dynamomètres permettent de supposer qu'il eût été mis hors de combat à une distance de la verticale de la torpille qui aurait pu dépasser 10^m.

3° L'appareil moteur ne semble pas avoir éprouvé d'avaries majeures ; il est probable qu'elles auraient été plus graves si la torpille avait éclaté par le travers même de la machine.

4° Une torpille de fond en tôle de 400^{kg}, fermée avec un mélange de suif et de blanc de céruse et placée à 30^m de la torpille d'explosion, n'a pas souffert de la commotion.

5° Quelques-uns des animaux placés à bord ayant été blessés, on peut en conclure que, dans ces conditions, une partie de l'équipage d'un bâtiment franchissant la ligne et atteint par une torpille serait mise hors de combat.

6° Une ligne formée par des torpilles de 400^{kg} placées à 30^m l'une de l'autre, barre efficacement une passe.

§ 28. **2° Explosion d'une torpille chargée de 700^{kg} contre un transport.** — L'expérience a été faite avec une torpille de 700^{kg} par un fond de 40^m. Le programme était conçu comme il suit :

L'écartement prévu entre les torpilles des lignes de défense étant 30^m, et la largeur probable du bâtiment attaquant étant 17^m, la torpille d'explosion fut placée à 6^m,50 de la tangente verticale à la muraille du navire ; et cette torpille se trouvait à tribord exactement par le travers d'une partie de la carène qui avait été munie d'une double coque. En outre, six autres torpilles de même espèce, de capacité égale, chargées et amorcées, furent disposées aux distances respectives de 30, 30, 32, 35, 40, 45^m.

pour étudier sur elles l'effet de l'explosion. A bâbord se trouvaient les torpilles 30, 35, 45 (ces chiffres représentant les distances à la torpille d'explosion). A tribord étaient placées les torpilles 30, 32, 40.

Plusieurs animaux vivants avaient été embarqués à bord du navire, afin de constater l'effet produit sur eux par la secousse.

Pour se rapprocher des conditions de la pratique autant que possible, les amarres retenant le bâtiment à l'arrière étaient tenues par des bosses, qui devaient être coupées quelques secondes avant l'explosion avec des cartouches de fulmicoton enflammées électriquement.

Le navire avait 11^m,20 de largeur au fort et 70^m,80 de longueur entre perpendiculaires ; la portion renforcée avait 10^m,50 ; sa partie *N* était à 47^m,60 de l'étrave, sa partie *R* à 12^m,50 du puits de l'hélice ; l'axe de cette portion était donc à 52^m,85 de l'étrave et à 17^m,75 du puits de l'hélice. Elle se trouvait formée par un double fond en tôle d'acier de 0^m,009 d'épaisseur placé parallèlement à la muraille de tribord et à 1^m d'elle depuis la partie inférieure du bâtiment jusqu'à la hauteur du dessous des barrots de la batterie. Le dessus de ces barrots était recouvert en outre d'un bordé en bois de 0^m,06 d'épaisseur. La tôle, dans la partie de la carène soumise à l'explosion, possédait une épaisseur de 0^m,014 ; le double fond était consolidé par trois parties de lisses en tôle formant cloisons.

La carène était divisée par des cloisons latitudinales en cinq compartiments étanches :

La 1 ^{re}	se trouvait à	12 ^m ,50	de la perpendiculaire <i>N</i> .
2 ^e	—	21 ,35	—
3 ^e	—	46 ,90	—
4 ^e	—	57 ,80	—

Des futailles avaient été embarquées et représentaient une poussée d'environ 175 tonnes. 29 tirants allant de la quille au pont supérieur, dans le troisième compartiment, consolidaient le fond.

Le tirant d'eau du bâtiment, avec les futailles embarquées, était de 3^m,60 *R*, et 2^m,10 *N* ; soit en moyenne 2^m,85 correspondant à un déplacement de 1.039 tonnes.

La fermeture des torpilles d'épreuve avait été exécutée en prenant les précautions suivantes : sur la collerette de la partie supérieure du cylindre, sur celle de la porte de charge, sur la rondelle

en plomb, un mélange par parties égales de suif et de blanc de céruse avait été appliqué à chaud avec un pinceau. Les boulons de serrage avaient été trempés dans ce mélange, et les trous avaient reçu un fil de caret enduit de la même composition. Sur chaque rondelle on avait disposé un fil de caret.

La torpille d'explosion était installée pour recevoir un circuit se fermant par la mer; elle contenait 756^{kg} de fulmicoton.

L'explosion a été instantanée. Une dénivellation montant jusqu'à la hauteur des sabords s'est produite surtout par tribord et vers l'arrière. La carène a paru légèrement soulevée l'arrière sur bâbord; il n'y a pas eu de gerbe.

Le bâtiment faisait un peu d'eau. L'examen de la coque à sec dans le bassin a montré les résultats suivants : 200 rivets à changer, dont 60 à bâbord et le reste à tribord; dans la chambre des machines était un trou de 50^{mm} sur 30^{mm} à une tôle amincie par l'usure. Dans cette même chambre, la boîte en fonte des prises d'eau était cassée, une tubulure en fonte pour l'aspiration de la pompe de cale se trouvait guillotinée. Les tôles du gouvernail et de l'étambot *R* se trouvaient crevées sur une hauteur de 1^m environ des deux côtés. L'arbre de l'hélice avait été ébranlé, ce qui avait causé la rupture ou le jeu des boulons du presse-étoupe *R*. Par le travers de la cloison qui limite sur l'*A* le caisson renforcé, il existait un fort enfoncement de la coque depuis la quille jusqu'à la hauteur de la 3^e virure et sur une longueur de 4^m environ dans le sens de l'arrière. Au ras de cette cloison, au-dessus de la machine, le bordé des œuvres mortes était fendu jusqu'au faux pont (2 virures à bâbord, 1 à tribord). Le calfatage du pont au-dessus du compartiment étanche avait été ébranlé et permettait à l'eau de pluie de filtrer. On avait aussi remarqué un ébranlement général dans toutes les menuiseries, claire-voies, grues, cabestan, etc.

Les animaux embarqués présentaient, après l'explosion, une physionomie hébétée; mais leur état de santé n'avait été nullement altéré.

Les avaries produites sur les torpilles d'épreuve ont été à peu près les mêmes pour chacune d'elles, quelle que fût la distance à laquelle elle se trouvait. Les effets de l'explosion ont affecté surtout les portes de charge, qui ont été enfoncées sans être détruites complètement. Quelques boulons ont été cassés, ce qui tend à prouver qu'une seule rangée n'est pas suffisante pour

maintenir une adhésion parfaite entre la collerette de la torpille et la porte de charge. Les cylindres ont été enfoncés dans quelques torpilles, mais n'ont présenté d'avaries sérieuses que sur la partie qui se raccorde avec le fond.

En résumé, il résulte de cette expérience qu'une charge de 750^{kg} de fulmicoton est trop faible pour produire, par des immersions de 40^m, la rupture d'une carène renforcée dans un rayon d'action de 6^m,50.

En second lieu, le modèle des torpilles en tôle, dites de 700^{kg}, ne peut supporter l'explosion d'une torpille voisine de même capacité placée à une distance de 30^m. Il faut pourtant remarquer que cette conclusion ne doit s'appliquer qu'à la porte de charge, à la collerette de la torpille et au raccordement du fond avec le cylindre.

§ 29. 3° Explosion d'un groupe de trois torpilles chargées chacune de 400^{kg} contre le même bâtiment.

— Une nouvelle expérience a été faite contre le même navire par l'explosion d'un groupe de trois torpilles de 400^{kg}. Le programme était conçu comme il suit :

Les torpilles étaient disposées suivant un triangle équilatéral ayant 12^m de côté, et placées toutes les trois sous la carène du navire, de façon que l'une d'elles fût au-dessous de la partie renforcée de cette carène.

Elles étaient mouillées sur un fond de 49^m,50 de hauteur, deux à tribord et une à bâbord.

Le navire était solidement fixé, évité au courant au moyen d'ancres empennelées et de quatre amarres ; et, comme dans l'expérience ci-dessus, les amarres de l'arrière étaient tenues par des bosses destinées à être coupées au moment de l'explosion.

Les conditions dans lesquelles se trouvait la coque étaient celles que nous avons décrites dans l'expérience du paragraphe précédent.

Trois torpilles d'épreuve étaient mouillées sur l'arrière du bâtiment dans le sens du courant, à 40, 55, 70^m du centre de l'explosion. Elles avaient été chargées suivant le mode réglementaire ; et la fermeture était faite avec un mélange de suif et de blanc de céruse, comme dans les autres expériences.

L'explosion a eu lieu instantanément ; les effets de la commo-

tion ont été vivement ressentis jusqu'à 600^m. La mer a été soulevée à la moitié de la hauteur du bâtiment sur une longueur qui dépassait un peu l'*R* et l'*A*. On a constaté que le navire était cassé tribord et bâbord sur l'avant de la cloison antérieure de la partie renforcée, et qu'il faisait de l'eau. Le pont des gaillards avait été démoli au-dessus du centre de l'explosion; le cabestan et une grue étaient brisés.

Dix lattes en tôle servant de tirants entre le pont des gaillards et la batterie ont été cassées, et les rivets des extrémités cisailés. Un barrot s'est brisé; une courbe sous les barrots de la batterie a été démolie. Une quarantaine de rivets ont été cisailés dans la bauquière et la gouttière aux environs de la cassure du bâtiment. Cette rupture s'est produite à bâbord et tribord depuis la fente qui s'était amorcée lors de la première expérience jusqu'à la 5^e virure de bordé à partir de la quille. Les fentes amorcées dans les préceintes et les virures supérieures se sont ouvertes complètement. Enfin les bordages du pont ont été arrachés par le travers de la cassure.

Les tuyaux de décharge en fonte étaient cassés près des pinces qui les fixent aux condenseurs. La machine se trouvait complètement dénivelée; et les condenseurs n'adhéraient plus aux carlingues. La tubulure en fonte de la caisse d'aspiration de la pompe de cale *A* était brisée; le tuyau de refoulement de la pompe de cale *R* était complètement arraché à côté de la pince de la boîte à clapets. Le bâti milieu servant au palier de l'arbre à manivelles se montrait cassé à la jonction avec le condenseur. Le bâti faisant partie du condenseur *A*, où sont fixées les pompes alimentaires et de cale, était rompu par le milieu. Les bâtis du petit-cheval se trouvaient brisés du côté du cylindre à vapeur.

Il est certain qu'avec sa cassure, le navire eût été hors d'état de naviguer; et les deux parties auraient fini par se séparer. Mais il faut remarquer que la section où s'était produite la rupture, déjà faible en elle-même par suite de l'existence des sabbords et de trous percés dans la muraille, avait été beaucoup affaiblie par des fentes dues à la première expérience. Aussi est-il difficile de dire ce que la dernière explosion aurait produit sur le navire si sa coque avait été en parfait état.

Les avaries de l'appareil moteur semblent *à priori* plus probantes; mais on peut se demander si elles résultent directement

de l'explosion, ou si elles sont la conséquence de la dislocation de la carène, et si elles auraient eu lieu sur une coque en bon état. Il est difficile de résoudre cette question; quoi qu'il en soit, on peut tirer de cette expérience quelques conclusions assez certaines sur l'effet qu'une semblable explosion aurait pu produire dans un cuirassé.

Par suite de la plus grande valeur du tirant d'eau, la coque serait de 5^m plus rapprochée du centre d'explosion, et la masse du navire étant bien plus considérable, l'effet se trouverait augmenté en conséquence. Mais comme la coque offrirait une résistance bien plus grande, l'accident pourrait n'être pas assez grave pour compromettre son existence.

D'un autre côté, l'appareil moteur subirait presque certainement des avaries, qui, sans détruire la machine, la mettraient momentanément hors d'état de fonctionner. Ainsi, des pièces importantes du tuyautage et des bâtis se briseraient, en produisant des voies d'eau difficiles à étancher et des dénivellations auxquelles on ne pourrait remédier sur le moment.

Il existe encore, en dehors de la machine, certains organes très délicats, tels que les appareils hydrauliques destinés aux manœuvres des pièces et des tourelles, et qui auraient fort à souffrir d'une pareille commotion. En admettant donc que la coque résistât, il est très probable qu'il se produirait dans tout le mécanisme du bord des dérangements, qui, sans être irrémédiables, ôteraient pour quelque temps au navire sa liberté d'action.

Sur les torpilles d'épreuve, on a fait les remarques suivantes :

Celle qui était située à 40^m du centre d'explosion a eu onze boulons cassés et son couvercle gondolé; elle faisait un peu d'eau.

Sur les deux autres, on n'a constaté aucune avarie. On a remarqué seulement un léger décollement de la porte de charge. Tous les boulons étaient en place, et on pouvait les resserrer légèrement; l'intérieur était en parfait état. Les trois carcasses ont été soumises à l'atelier à une pression d'eau de 5^{kg} par centimètre carré pendant 5 minutes sans qu'on ait pu constater aucune fuite.

La conclusion qu'on peut tirer de là, c'est qu'une simple rangée de boulons ne paraît pas suffisante pour maintenir une cohésion absolue entre la collerette de la torpille et la porte de charge.

Quatorze dynamomètres d'écrasement à trois blocs avaient été placés au-dessus des torpilles d'explosion à différentes distances du fond. Douze de ces appareils étaient garnis avec deux blocs de plomb et un de cuivre, et les deux autres avec trois blocs de plomb. Cinq dynamomètres étaient disposés au-dessus de la torpille tribord *R*, cinq au-dessus de la torpille tribord *A*, et quatre au-dessus de la torpille de bâbord. Les résultats observés sont consignés dans le tableau suivant :

HAUTEUR au-dessus du fond	PLOMBES Longueur restante sur 30 millim.		MOYENNE	ÉCRASE- MENT des plombs	TRAVAIL d'écrase- ment des p'ombs	LONGUEUR restante des cuivres sur 13mm.	ÉCRASE- MENT des cuivres	PRESSION par cent. carré donnée par les cuivres
mèt.	millim.	millim.	millim.	millim.	kgm.	millim.	millim.	kg.
48	43,90	43,63	43,77	6,23	6,980	9,95	3,05	103,366
47	41,43	40,23	41,40	8,60	10,720	8,75	4,25	131,121
46	40,80	40,50	40,45	9,55	12,330	"	"	"
45	41,15	42,40	41,75	8,25	10,420	9,35	3,45	117,045
44	40,70	41,80	41,25	8,75	10,970	9,85	3,15	107,763
43	39,90	40,26	40,08	9,92	13,060	"	"	"
42	39,80	40,10	39,95	10,05	13,190	9,95	3,05	103,366
41	39,60	38,75	39,15	10,85	14,540	9,80	3,20	108,936
40	39,50	38,95	39,22	10,78	14,420	9,70	3,30	111,282
39	38,20	37,55	37,87	12,13	16,900	9,25	3,75	121,380
38	39,85	39,30	39,57	10,43	13,630	10,10	2,90	101,592
37	39,40	38,85	39,12	10,88	14,590	10,45	2,55	92,361
36	37,80	38,50	38,10	11,85	16,380	11,70	1,30	53,958
35	37,60	37,80	37,70	12,30	17,220	10,10	2,90	101,592

§ 30. 4° **Explosions de torpilles Whitehead contre un cuirassé.** — L'expérience a été faite pour étudier les effets produits par des charges de fulmicoton sec placées aux distances de 9, 8, 7, 6, 5^m de la coque, à l'immersion de 3^m. Les charges étaient contenues dans des cônes fixés à des cylindres creux en tôle de 3^m de long représentant une torpille Whitehead. Chaque torpille contenait 55^{kg},45 de fulmicoton avec une charge amorce de 0^{kg},576, soit en tout 56^{kg},026. Un compartiment rempli d'eau, simulant l'espace libre réservé au mécanisme d'immersion, séparait l'arrière du cylindre d'avec la charge explosive. La pointe de chaque appareil était disposée horizontalement. Ces torpilles étaient supportées par des tangons installés à faux frais et répartis comme il suit :

2	par le travers du mât de misaine :	1 à bâbord, 1 à tribord ;
2	—	du grand mât id. id.
1	—	du mât d'artimon, à bâbord.

Les explosions ont été produites successivement, en commençant par la torpille située à 9^m.

Chaque explosion a produit une gerbe assez élevée dont une notable partie est retombée sur le pont. Le navire a été secoué assez violemment ; mais les avaries n'ont pas été considérables.

La partie bâbord, qui avait reçu trois explosions, était à peu près intacte ; par le travers des mâts, quelques virures de cuivre se trouvaient en partie déclouées, mais restaient parfaitement appliquées. Sur le côté de tribord, qui n'avait supporté que deux explosions, les dégâts étaient plus notables, mais sans importance. L'espace compris entre le mât de misaine et le grand mât présentait dans le doublage en cuivre quatre déchirures ; sur toute cette partie, les bordages étaient intacts ; les coutures seules étaient ouvertes dans les deux déchirures arrière ; l'étaupe avait craché, et quelques chevilles étaient un peu ressorties. Dans la déchirure arrière il existait une voie d'eau peu grave, dont la présence n'avait pas été constatée avant la quatrième explosion. Un behrens débitant 6.000 litres à l'heure avait suffi pour la franchir.

A l'intérieur, on a constaté quelques dégâts sans importance. Des menuiseries, des claires-voies, ont été déplacées. Quelques prises d'eau ont pris un peu de jeu. Mais, en résumé, aucune des avaries subies par le bâtiment n'aurait pu compromettre sa navigabilité.

Pour chaque torpille un dynamomètre d'écrasement avait été placé à 4^m de la pointe à la même immersion que la charge. Un second dynamomètre, suspendu le long des flancs du navire, se trouvait précisément à la distance horizontale de chaque pointe à la ligne de flottaison. On doit compter que le centre d'action de la torpille, correspondant à peu près à son centre de gravité, était situé à 4^m,40 de la première série de dynamomètres, et aux distances de 9^m,40, 8^m,40, 7^m,40, 6^m,40, 5^m,40 de la seconde série.

Les résultats observés sont contenus dans le tableau ci-après :

Ce tableau montre que, pour chaque expérience, le rendement à la plus grande distance est le plus fort. Quand on opère en eau libre, c'est-à-dire par grand fond et sans navire ni digue ou rivage à portée, l'inverse se produit ; dans ce cas les rendements décrois-

NUMÉROS des torpilles	DISTANCES	ÉCRASEMENTS		TRAVAUX correspon- dants	RENDEMENT	OBSERVATIONS
		obtenus	conservés			
1	mèt.	millim. 32,3	millim. 32,3	kgm. 55,5	0,41	Vis-à-vis du maître- couple.
	4,40	31,4				
		30,6				
		14,0	14,0	20,5	0,47	
	9,40	14,1				
2		12,7				Bâbord devant.
		26,7				
	4,40	27,6	27,6	37,6	0,30	
		27,6				
		15,9				
3	8,40	16,2	16,0	24,6	0,46	Tribord, entre arrière et milieu.
		15,8				
	4,40	Dynamomètre perdu.				
		19,3				
	7,40	19,8				
4		21,9	21,9	39,6	0,56	Tribord, entre avant et milieu.
	4,40	Dynamomètre perdu.				
		29,1	29,8	64,56	0,62	
	6,40	29,8				
		28,3	29,2	63,3	0,33	
5	4,40	29,2				Bâbord derrière.
		27,0				
		27,2	27,7	57,9	0,44	
	5,40	26,5				
		27,7				

sent, toutes choses égales d'ailleurs, quand la distance augmente. Ce fait a déjà été constaté dans des expériences antérieures. Il résulte de ces observations que le voisinage d'un obstacle important augmente l'effet d'une explosion sur les enregistreurs voisins. L'obstacle produit une réflexion d'ondes condensées qui multiplie l'action.

Il est probable que la masse d'eau contenue dans le compartiment simulant l'emplacement des régulateurs d'immersion a contribué à augmenter le rendement.

Les efforts supportés par la carène, calculés d'après les dynamomètres voisins pour chaque explosion, sont indiqués dans le tableau suivant :

NUMÉROS des torpilles	DISTANCE du centre d'explosion au point le plus voisin sur la muraille	TRAVAIL par centimètre carré	OBSERVATIONS
1	10 ^m ,00 (*)	0 ^{kg} ^m ,8	(*) Les nombres de cette colonne sont déduits d'une manière suffisam- ment approchée des trois coupes en travers du bâtiment.
2	9 ,60	1 ,4	
3	9 ,20	1 ,3	
4	7 ,40	2 ,4	
5	8 ,20	1 ,3	

§ 31. 5° **Expériences avec des torpilles Whitehead faites en Angleterre contre le cuirassé la « Résistance ».** — Des expériences multiples ont été entreprises à Portsmouth avec des torpilles Whitehead ; nous nous bornerons à citer la suivante, qui offre un intérêt tout particulier. Il s'agissait d'attaquer le vieux cuirassé la *Résistance* avec une vraie torpille Whitehead explosant en contact parfait avec le navire. On espérait tirer de cet essai d'amples informations, non seulement sur l'effet de la torpille, mais encore sur l'influence protectrice des doubles fonds et des cloisons étanches comme moyens de localiser les voies d'eau.

Le navire était dans les conditions les plus défavorables, sans filets de protection, mouillé par petits fonds, et une torpille chargée de 42^{kg} de fulmicoton était collée contre le milieu de la carène sur son flanc de bâbord. Elle se trouvait supportée par un espar et submergée à 2^m,40 de la surface de l'eau juste au-dessus de la contre-torpille. Mais quoique la *Résistance* ait subi de graves avaries, les résultats obtenus ont été inférieurs à ceux que l'on avait espérés.

La gerbe d'eau fut assez forte sans présenter rien d'anormal. La *Résistance* s'inclina légèrement sur tribord, puis revint sur bâbord, eut quelques légers mouvements de roulis, et s'arrêta en donnant un peu de bande sur bâbord. La contre-quille avait été enlevée sur une longueur de 6^m ; au-dessous les tôles étaient très dentelées ; plusieurs couples étaient brisés ou repoussés vers l'intérieur, les déchirures allant jusqu'à la cuirasse. Il existait encore plusieurs trous en quelques points de la carène.

A l'intérieur toutes les claires-voies étaient brisées, les soutes à charbon avaient été si secouées que l'approvisionnement était

dispersé suivant toutes les directions. Dans cette partie, on reconnut que la carlingue avait été brisée sur une longueur de 6^m, et que les tôles du fond inférieur avaient été renfoncées bien au-dessus de la carlingue. Quatre feuilles de la carène, remontant jusqu'à la cuirasse, avaient été repoussées aussi en dedans et offraient des déchirures. On pouvait donc supposer que la charge de charbon avait servi à augmenter l'effet destructeur, en emmagasinant toute l'énergie de l'explosion et la transmettant à la coque intérieure dans toutes les parties submergées.

Le fait capital à signaler, c'est que les cloisons étanches sont restées intactes ; et, en localisant l'arrivée de l'eau dans un seul compartiment, elles ont permis au navire de rester à flot, de telle sorte qu'il eût pu continuer à se servir de son artillerie.

Cette expérience semble aussi démontrer que la puissance destructive de la torpille Whitehead a été peut-être exagérée. En effet, elle ne peut traverser les filets de protection en acier ; et quand elle explose à leur contact, son effet est nul à la distance de 7^m,50. Les essais que nous venons de citer, faits dans les conditions les plus favorables à l'attaque, n'ont pas donné de résultats très satisfaisants. Il faut noter que la fixité imposée à la torpille ne lui permettait pas de rebondir avant l'explosion. Pour réaliser toutes les conditions de la pratique, il faudrait étudier l'effet d'une torpille Whitehead lancée à toute vitesse contre un navire ; il serait intéressant aussi de connaître l'effet produit sur les chaudières et le tuyautage d'un bâtiment en marche avec la pression ordinaire.

De nouvelles expériences ont été tentées sur le même navire muni de filets Sullivan. Les deux tangons les plus près du point d'attaque ont été violemment arrachés de leurs points d'attache, et le filet qu'ils soutenaient a coulé avec une simple déchirure. Pour ce qui est du bâtiment, la commotion fut assez forte pour réouvrir les avaries réparées du précédent essai.

§ 32. 6° **Deuxième série d'expériences contre la « Résistance »**. — De nouvelles expériences ont été faites récemment contre la *Résistance*, dans la crique de Fareham, à Portsmouth. Le programme a été arrêté et exécuté par les officiers du *Vernon*, bâtiment école des torpilles.

Il s'agissait d'abord de constater, pour le cas d'attaque par

torpilles ordinaires, la valeur des derniers perfectionnements apportés par M. Bullivan à ses filets d'acier et à leur mode de suspension; de voir ensuite ce qui résulterait de l'explosion, dans ces filets protecteurs, d'une charge exceptionnellement forte de coton-poudre, 100^{kg} environ, comme celle que les torpilles russes sont réputées pouvoir porter. Enfin, on voulait renouveler l'épreuve antérieure, en disposant les choses autrement, pour reconnaître l'effet produit par une torpille ordinaire qui, par suite de la déchirure ou du déplacement du filet protecteur, viendrait faire explosion contre la carène du bâtiment.

La première des nouvelles expériences a eu lieu dans les conditions suivantes :

L'attaque par torpille fut ordonnée au moment de la plus haute mer. Le bateau torpilleur *Vesuvius* fit le tour du bâtiment, et quand il se trouva à environ 58^m de distance, il lança sa torpille au-dessous de l'eau. La charge était de 39^{kg},45. La torpille était réglée pour une profondeur de 3^m. Elle atteignit le filet au milieu de sa hauteur et fit explosion immédiatement au-dessous du tangon central. Le filet fut largement déchiré; mais ni la coque, ni même les tangons n'éprouvèrent la moindre avarie.

Une seconde expérience eut lieu le lendemain, mais ne fut pas plus heureuse. On avait remplacé le filet déchiré par un vieux filet de cordage, toujours supporté par les nouveaux tangons Bullivan. Des cylindres, contenant la charge de 100^{kg} environ, étaient suspendus à la filière, à une profondeur de 6^m et à 9^m du bâtiment, dont la cale était particulièrement visée. L'explosion s'obtint par l'électricité; elle fut formidable, et on ressentit la secousse jusque dans l'Arsenal. Mais la *Résistance* ne parut pas avoir rien éprouvé, quoiqu'elle n'eût pas plus de 2^m d'eau sous la quille. On pouvait présumer cette immunité de la carène d'après les résultats des essais précédents. Mais on a été fort étonné de voir que les tangons et tout leur attirail étaient restés intacts.

Dans la troisième expérience, il s'agissait de faire éclater sous les flancs de la *Résistance* une torpille ayant même charge qu'en ces essais, soit 42^{kg}, à 6^m au-dessous de la flottaison, mais dans des conditions un peu différentes. Les soutes à charbon n'étaient pas remplies, comme dans le premier essai.

La charge fut placée à tribord, attachée par l'avant et par l'arrière dans le voisinage des chaudières; elle fut enflammée

électriquement par un torpilleur. L'arrière du bâtiment fut fortement soulevé; puis la *Résistance* retomba sur tribord avec une inclinaison de 8 à 10°, touchant le fond, quoique la mer ne fût pas encore basse.

On reconnut que l'explosion n'avait pas seulement disloqué le double fond, mais qu'elle avait atteint aussi le compartiment qui contenait les soutes à charbon, que les cloisons étanches et leurs portes étaient défoncées, et que l'eau entraînait en abondance par de nombreuses crevasses. Le dommage était si grand qu'on n'essaya pas d'épuiser l'eau.

§ 33. 7° **Expériences contre le « Polyphemus ».** — Récemment aussi des expériences avec des torpilles Whitehead ont été faites à Malte contre le *Polyphemus*. Dans la première série, trois torpilles ont été lancées d'un canot mouillé droit devant le *Polyphemus* qui s'avancait sur lui. Aucune de ces torpilles n'a atteint le bâtiment; et l'on n'a pas pu résoudre la question de savoir si l'eau mise en mouvement par le navire en marche faisait dévier les torpilles de la direction qui leur avait été donnée.

Dans la deuxième série d'expériences, trois autres torpilles ont été lancées contre le *Polyphemus* présentant le travers et marchant à la vitesse de 16 nœuds. La première a passé devant, la seconde derrière, la troisième a atteint le bâtiment un peu en arrière du maître-bau. On n'a pas remarqué que le remous ait modifié la marche des torpilles. L'opinion générale des officiers présents paraît avoir été défavorable à l'emploi des torpilles sur le bâtiment à la mer, vu le temps considérable employé pour lancer six torpilles et le maigre résultat obtenu, quoique les conditions fussent aussi bonnes que possible. L'artillerie, dans le même espace de temps, aurait sans doute produit bien plus d'effet.

On voit que la question des torpilles est encore loin d'être résolue d'une manière définitive; et dans cette lutte gigantesque engagée depuis longtemps entre le cuirassé et la torpille, il est difficile de prévoir à qui restera l'avantage.

T. II. 1^{RE} P^{IE}. — CHAPITRE II

CHARGEMENT D'AIR DES TORPILLES WHITEHEAD

POMPES DE COMPRESSION

§ 34. **Notions préliminaires.** — Les pompes de compression sont destinées à refouler dans des réservoirs servant d'*accumulateurs* de l'air à haute tension, que l'on distribue ensuite suivant les besoins, soit pour préparer et charger les torpilles automobiles, soit pour les chasser hors des tubes de lancement, si on n'emploie pas la poudre.

Elles sont mues généralement par des machines à vapeur, et comportent plusieurs corps de pompe, dans lesquels l'air puisé à l'atmosphère se comprime successivement avant de passer aux accumulateurs.

Cette compression donnant lieu à un dégagement considérable de chaleur, ces appareils possèdent une *circulation d'eau froide* destinée à refroidir le gaz comprimé, ainsi que toutes les pièces avec lesquelles il est en contact et qu'il tend à échauffer.

De plus, on laisse arriver au-dessus de la soupape d'aspiration du premier cylindre, en petite quantité, de l'eau douce et de l'huile de poisson, qui, se mélangeant avec l'air, servent à lubrifier les surfaces frottantes et empêchent le raccornissement des garnitures du piston en cuir ou en gaïac.

Afin d'obtenir un meilleur refroidissement, on oblige l'air à traverser, à sa sortie du dernier corps de pompe, un serpentín plongé dans l'eau de circulation. De là, cet air se rend dans un tube vertical appelé *colonne de purge* et passe enfin à l'*accumulateur*, après s'être débarrassé de l'excès d'eau douce et de l'huile

entraînée, que l'on expulse à l'aide d'une soupape de purge fixée à la partie inférieure de la colonne.

§ 35. Classification des pompes de compression.

— Les pompes de compression employées dans la Marine sont de plusieurs systèmes :

1° La *pompe Whitehead*, à trois ou quatre cylindres à simple effet. Elle n'est en usage qu'à terre, et est connue sous le nom de *pompe Claparède*.

2° La *pompe Brotherood grand modèle*, qui comprend deux corps de pompe à double effet, et qui est délivrée aux grands bâtiments. Cette pompe comporte quelquefois un grand cylindre auxiliaire, qui en augmente la puissance et le rendement.

3° La *pompe Brotherood petit modèle*, composée également de deux corps de pompe à double effet et délivrée à bord de quelques bateaux torpilleurs.

4° La *pompe Brotherood à deux ou trois cylindres indépendants* munis chacun d'un piston à triple effet. Elle a été mise en service à terre et sur quelques bâtiments.

5° La *pompe Thirion*, semblable en principe à la précédente et n'en différant que par l'agencement des organes.

6° La *pompe Mékarski*, à quatre cylindres à simple effet et d'un mode tout à fait particulier. Elle est actuellement à l'essai.

1° POMPE CLAPARÈDE

§ 36. **Données générales.** — D'après les conditions du marché, ces pompes doivent débiter par heure 750 litres d'air à la pression de 100 atmosphères ou 625 litres à 120 atmosphères.

Le nombre de tours correspondant à ce débit doit être par minute égal à 125.

En service courant, l'allure peut être descendue à 100 tours par minute.

Ces pompes peuvent marcher avec une pression de 1^{atm},5 à la chaudière, mais il est préférable de tenir la tension à 2^{atm} au minimum.

Au régime du marché, elles dépensent environ 95^{kg} de charbon

de bonne qualité par heure en comprimant à 100^{atm} , et 120^{kg} en comprimant à 120^{atm} .

§ 37. **Description.** — La pompe Claparède est représentée Pl. VII, tome II, fig. 1 ; en voici la légende :

A_1, A_2, A_3, A_4 (vue 1) corps de pompe, dont les axes sont parallèles et situés dans le même plan. Les diamètres extérieurs sont $0^{\text{m}},315, 0^{\text{m}},152, 0^{\text{m}},088, 0^{\text{m}},052$. La course commune des pistons est de $0^{\text{m}},140$.

B arbre qui conduit les pistons des pompes par l'intermédiaire des bielles a . Les manivelles de cet arbre sont toutes dans le même plan, mais alternativement opposées, suivant un diamètre, de sorte que les pistons 1 et 3 étant au point mort haut, par exemple, les pistons 2 et 4 sont au point mort bas.

C, C cylindres à vapeur, dont les pistons conduisent l'arbre B au moyen des bielles b , articulées sur les boutons de manivelles F qui sont calées à 90° l'une de l'autre et fixées sur les volants E ; ils ont une masse assez considérable nécessitée par l'arrivée en même temps au point mort de tous les pistons des pompes. Diamètre des pistons à vapeur $0^{\text{m}},30$; course $0^{\text{m}},30$. Introduction de $0,8$ de la course. Le nombre de tours prévu est 120 avec une pression de régime à la chaudière ; le travail maximum qu'il peut supporter vaut environ 70 chevaux.

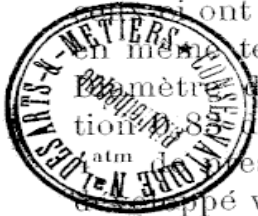
D, D boîtes des tiroirs. Les tiroirs sont en coquille et mus par les boutons excentrés H, placés en porte-à-faux à l'extrémité des bras coudés G venus de forge avec les boutons F.

I bâti inférieur comprenant les paliers de l'arbre B. C'est sur ce bâti que s'appuient les colonnes de fer d qui supportent les cylindres à vapeur et à air.

e, e glissières plates servant de guides aux coulisseaux des tiges des pistons à vapeur et à air.

P pompe de circulation. Elle prend l'eau à la mer ou dans des caisses à eau, et la refoule dans les compartiments O, où elle entoure les cylindres à air et le serpentin h , dans lequel se rend l'air comprimé à sa sortie du cylindre A_4 ; elle s'écoule ensuite dehors. Diamètre du piston $0^{\text{m}},054$; course $0^{\text{m}},140$.

P_1 pompe d'injection à l'eau de mer ou à l'eau douce. Diamètre du piston $0^{\text{m}},030$; course $0^{\text{m}},140$. Le tuyau de refoulement de cette pompe vient aboutir en g au-dessus de la soupape d'aspira-



tion K de la pompe à air A_1 . Cette soupape est formée d'un disque en caoutchouc. (L'eau douce est préférable pour l'injection; et quand la circulation se fait à l'eau de mer, on peut opérer l'injection au moyen d'une caisse à eau douce placée plus haut que la pompe et munie d'un tuyau débouchant au-dessus de la soupape K. On règle la section de ce tuyau au moyen d'un robinet.)

S_1, S_2, S_3, S_4 soupapes qui établissent ou interceptent la communication entre deux cylindres à air voisins et entre le petit cylindre A_4 et le serpentín h .

l tuyau de raccord du serpentín h avec la boîte a (vue 2), sur laquelle se trouve la soupape de sûreté n . Le tuyau l se raccorde en b' sur la boîte a , et un manomètre est placé en c . De la boîte a part le tuyau m , qui conduit l'air au purgeur; au-dessus de Z (vue 2 *bis*) est une soupape m' de retenue de l'air comprimé. Elle a pour but, en cas d'avarie, d'isoler l'accumulateur; l'air comprimé ne pouvant plus alors revenir sur la pompe, on peut faire la visite des soupapes, des cuirs des pistons, et les autres travaux de réparation.

M (vue 1) colonne de purge formée d'un tube vertical en acier. Hauteur $1^m,60$; diamètre intérieur $0^m,12$; volume 21^{lit} . Le tuyau m plonge à l'intérieur de ce tube et débouche à environ $0^m,20$ de la partie inférieure. L'air s'y débarrasse de l'eau qu'il tient en suspension, et s'échappe à la partie supérieure du tube par le tuyau r qui le conduit dans l'accumulateur t . On purge fréquemment le tube de l'eau qui s'y dépose, en ouvrant la soupape ou le robinet x placé tout à fait à la partie basse de cet organe. Un embranchement q du tuyau m va aboutir à un manomètre fixé sur le haut de l'épurateur.

Les pistons des pompes d'injection et de circulation sont conduits directement, comme on le voit vue 3, par un bras b' en bronze venu de fonte avec la partie arrière du coulisseau de la tige du piston à air le plus rapproché de chacune de ces pompes.

Les vues 4, 4 *bis* montrent le mode d'installation des garnitures en cuir embouti des pistons à air. Pour les pistons 1, 2 et 3, la tige est rivée sur le piston, et la garniture en cuir c' est pincée entre une collerette et la rondelle métallique u . La jonction s'opère au moyen de six boulons pour le piston 1, de quatre boulons pour le piston 2, et de trois pour le piston 3. Dans le piston 4, la rondelle métallique u , dont le diamètre est beaucoup plus

faible, est vissée sur le piston et munie d'une goupille-frein g .

La vue 5 donne une coupe dans la boîte à soupapes des pompes à eau froide, et a pour légende : P piston; y compartiment dans lequel débouche le tuyau d'aspiration; o soupape d'aspiration; o' soupape de refoulement; X vis-butoir de la soupape o . On règle, au moyen de cette vis, la course de la soupape d'aspiration et, par suite, le débit de la pompe.

Quand le piston A_1 (vue 1) descend, l'air à la pression atmosphérique s'introduit par la soupape K dans le cylindre correspondant. Pendant la montée du piston A_1 , la soupape K se ferme, et l'air du cylindre A_1 se rend dans le cylindre A_2 (le piston de ce cylindre descendant alors), en soulevant la soupape S_1 . Lorsque le piston A_1 est arrivé de nouveau à son point mort haut, l'air que renfermait son cylindre occupe alors le volume total du cylindre A_2 (dont le piston est arrivé au point mort bas), ayant subi une première période de compression.

Du cylindre A_2 l'air est refoulé dans le cylindre A_3 , puis dans le cylindre A_4 , dont le piston en montant chasse l'air, qui ouvre la soupape S_4 , et pénètre dans le serpentin h .

A la sortie du serpentin, l'air arrive à la boîte a , et va de là remplir les colonnes de purge et l'accumulateur.

Pendant le fonctionnement des pompes à air, la pompe de circulation refoule constamment l'eau refroidissante dans les compartiments O. En même temps, la pompe d'injection envoie par le tuyau g le filet d'eau qui se mélange à l'air aspiré. Cette eau est ensuite déversée dans la cale par la soupape placée au bas de la colonne de purge.

§ 38. **Accumulateurs.** — Les accumulateurs se composent de tubes en acier t, t (fig. 1, vues 1 et 7) ayant leurs axes parallèles, et communiquant entre eux à l'aide de petites tubulures de raccord r', r' .

Ce mode de construction permet d'avoir des réservoirs d'une grande résistance, que l'on peut charger en toute sécurité à 120^{atm} et même au delà.

Ces tubes, au nombre de quinze, sont disposés suivant trois rangées verticales de cinq tubes. Ils présentent les dimensions suivantes :

Diamètre extérieur. 136^{mm}

Diamètre intérieur	120 ^{mm}
Longueur	2 mètres.
Volume intérieur	23 litres.

Le volume total de l'accumulateur est donc de 345^{lit.}

Une calotte en acier embouti est vissée sur chaque bout des tubes, et le joint, préalablement étamé et soudé, est assuré par un bourrelet d'étain.

Les tubulures de raccord r' (vue 7), en acier sont filetées en sens inverse à leurs extrémités; et elles comportent, au milieu de leur longueur, un renfort de métal taillé à six pans pour recevoir la clef de serrage.

En vissant chacune de ces pièces dans les extrémités des deux tubes que l'on veut réunir, on les rapproche de façon à les faire porter énergiquement contre les faces du renfort à six pans. L'étanchéité de ces jonctions est assurée au moyen de rondelles en plomb placées entre les tubes et les deux côtés de ce renfort (1).

On a souvent obtenu d'excellents résultats en remplaçant ces rondelles de plomb par des rondelles de cuivre.

Le raccordement des tubes entre eux ne se fait qu'à une de leurs extrémités, horizontalement pour la rangée inférieure et dans le sens vertical pour les autres.

Les tubes sont maintenus à l'écartement voulu à l'aide de pièces de bois dans lesquelles ils s'encastrent, et qui sont tenues elles-mêmes par des cadres en fer plat fixés au sol ou sur le pont du bâtiment.

(1) Dans tous les cas, il est indispensable, pour le succès de l'opération, de décaper à la lime douce les surfaces à joindre, d'aviver les deux faces des rondelles, et de laver les unes et les autres avec de l'essence de térébenthine avant de les enduire de blanc de céruse.

Les mains de l'opérateur doivent être exemptes de toute trace d'huile ou de matières grasses, qui compromettraient la bonne tenue des joints si leurs surfaces en étaient atteintes.

Lorsque les accumulateurs perdent au point qu'il est indispensable de les étancher, on est souvent conduit à les démonter en entier. On pourra éviter ce gros travail en avivant à la lime le pourtour des jonctions défectueuses, et en refoulant au préalable les rondelles sur elles-mêmes à l'aide d'un matoir. Après avoir resserré ensuite la tubulure de raccord avec une trévière frappée sur la clef de serrage, on lavera les parties mises à nu avec de l'essence de térébenthine; et on rousturera le tout avec plusieurs tours de luzin enduit de blanc de céruse.

Il est entendu que, pour cette opération, l'accumulateur doit être vide.

Pratiquée sur des accumulateurs qui perdaient jusqu'à 35 atmosphères par vingt-quatre heures, elle a procuré une étanchéité suffisante pour réduire, et cela pendant des années, la perte à 5 atmosphères par vingt-quatre heures, en tenant la charge à 120 atmosphères.

Les trois tubes inférieurs de l'accumulateur communiquent avec un petit tube transversal t' (vue 6) muni d'une soupape de purge, à travers laquelle on peut faire échapper l'eau et l'huile qui peuvent se trouver mélangées à l'air au moment où il arrive dans ce récipient.

Chaque pompe de compression est, de plus, accompagnée de deux colonnes de purge de mêmes dimensions et de même volume que les tubes de l'accumulateur fourni avec la pompe. Le volume total dans lequel celle-ci refoule l'air atteint ainsi 400^{lit}, en comprenant dans ce chiffre le volume des colonnes de purge, celui du serpentin, du tuyautage et de la petite tubulure de purge de l'accumulateur.

2° POMPE BROTHEROOD (GRAND MODÈLE)

§ 39. **Données générales.** — Construite pour fournir par heure 750^{lit} d'air comprimé à 100^{atm}, ou 625^{lit} à 120^{atm}, elle procure ce débit en donnant 275 tours par minute, et en dépensant de 95 à 120^{kg} de charbon de bonne qualité suivant le mode de compression.

En service courant, il est bon de ne pas lui faire dépasser 220 tours par minute.

Elle travaille avec une pression de 1^{atm},75 à la chaudière; mais il vaut mieux porter la tension à 2^{atm},25, au minimum.

§ 40. **Description.** — (Pl. VII, tome II, fig. 2).

C, C cylindres à vapeur au nombre de deux, et d'un diamètre égal à 324^{mm}. Leurs pistons P, P ont une course de 203^{mm} et arrivent ensemble aux mêmes points morts;

D, D boîtes des tiroirs qui sont en coquille.

B arbre conduit par les pistons à vapeur à l'aide des bielles b, b ; ses deux manivelles sont dans le même plan et du même côté.

E volant indispensable pour le franchissement des points morts qui sont communs à toutes les pièces du système. Ce volant sert aussi de vireur. Il porte sur son pourtour une gorge dentée dans laquelle on engage un levier qui prend appui sur un renfort g' du bâti. Un linguet g empêche le volant de revenir sur lui-même lorsqu'on reprend le levier de manœuvre. Ce linguet

est d'une grande utilité pour maintenir la machine dans la position que l'on désire, malgré la tendance des pièces à descendre sous l'action de leur poids.

G traverse portant à ses extrémités des douilles dans lesquelles sont fixés les tiges des pistons à vapeur et les tourillons d'articulation des pieds des bielles b, b . Cette traverse est guidée par les coulisseaux Q, Q; elle porte en son milieu deux bras en croix sur lesquels sont attelés les pistons des pompes à air, dont le mouvement devient ainsi le même que celui des pistons à vapeur.

H, H excentriques qui conduisent les tiroirs par leurs bielles a .

I bâti inférieur ou plaque de fondation, comprenant les paliers de l'arbre de couche, et servant d'appui aux supports en fonte d, d qui soutiennent les cylindres à vapeur et les corps de pompe. Ces supports forment en même temps glissières à leur partie supérieure et servent de guides aux coulisseaux de la traverse G.

R modérateur diminuant la section d'arrivée de la vapeur, lorsque la machine tend à s'emporter. Le tuyau venant de la chaudière se fixe en Z (vue 4) sur la boîte du modérateur qui communique, par ailleurs, avec le tuyau F conduisant la vapeur dans les deux boîtes à tiroirs.

Ce modérateur se compose de deux boîtes cylindriques r, r_1 , ajustées à frottement doux l'une dans l'autre et portant chacune six orifices. Dans les conditions ordinaires, les orifices des deux boîtes sont exactement en regard les uns des autres.

Le système est animé d'un mouvement de rotation, que lui donne l'arbre B (vue 1) par l'intermédiaire d'une courroie placée sur les deux poulies W, W'. L'arbre de la boîte r_1 (vue 4) porte à son extrémité une partie carrée qui s'ajuste dans un petit manchon V muni de deux adents en plan incliné. L'arbre de la boîte r est foré sur sa longueur pour donner passage à l'arbre qui précède; à son extrémité, par le travers du manchon V, se trouve fixée une boîte 1 dans laquelle est pratiquée une rainure rectangulaire servant de glissière à deux coulisseaux 2 et 3, dont les extrémités en regard portent des encoches pour loger les adents du manchon V. Ces coulisseaux sont maintenus en prise à l'aide des vis 4, 4, sur lesquelles sont enroulés des ressorts en hélice. La tension de ces ressorts est calculée de telle sorte qu'elle surpasse l'action de la force centrifuge exercée sur les coulisseaux

tant qu'on n'a pas atteint la vitesse de régime. Lorsque, par une diminution de la résistance à vaincre, la machine tend à s'emporter, les coulissexs s'écartent de l'arbre en faisant tourner, par rapport à la boîte r , le manchon V et la boîte r_1 qui lui est reliée. Les orifices des deux boîtes cylindriques cessant alors d'être en regard, ne laissent à la vapeur qu'un passage moindre, et l'empêchent même d'affluer momentanément, si la machine s'emporte. La tension des ressorts des vis 4,4 se règle en serrant plus ou moins ces dernières dans les écrous 5,5 que l'on contre-tient à l'aide d'une clef à tenons. Les orifices 7,7 laissent passer la vapeur sur l'arrière des cylindres r, r_1 , afin de diminuer leur frottement sur le bout du manchon 6; enfin 8 est un presse-étoupe ordinaire.

A_1, A_2 corps des pompes à air.

C, C_1 pistons des pompes à air. Chaque piston C ou C_1 est vissé avec sa tige T. La tige est d'un diamètre très grand eu égard à celui du piston proprement dit. La jonction de ces deux parties doit être rendue absolument étanche.

Chacun des pistons est muni d'une soupape s'ouvrant de haut en bas, et permettant à l'air qui occupe le haut du cylindre de passer, pendant la montée du piston, dans l'espace annulaire qui existe entre la tige et le cylindre. La figure 2, vue 2, fait voir le mode d'installation des garnitures des pistons (en cuir pour le grand, en gailac pour le petit) et des presse-étoupes de leurs tiges. Sur quelques navires, on a remplacé les garnitures en gailac du petit piston, qui cassaient fréquemment, par des garnitures en laiton mou dont la tenue est excellente.

La pompe qui nous occupe fonctionne de la manière suivante :

Lorsque le grand piston T descend, la soupape d'aspiration K s'ouvre, et le cylindre A_1 se remplit d'air à la pression atmosphérique. Pendant que le piston remonte, l'air introduit se comprime en refermant la soupape K et en ouvrant la soupape S, qui se trouve dans le piston. L'air passe ainsi dans l'espace annulaire P d'un volume plus petit que celui du cylindre, et où il se comprime à $2^{\text{atm}}, 7$.

Le piston T descendant de nouveau, la soupape S se referme, et l'air est refoulé dans le petit cylindre dont le piston descend aussi, après avoir ouvert la soupape S_2 de communication entre les deux cylindres. Le volume du petit cylindre étant plus faible

que l'espace annulaire P , l'air subit une deuxième période de compression, et se trouve porté à $5^{\text{atm}},5$.

Pendant la montée du piston T , la soupape S_2 étant refermée, l'air du petit cylindre ouvre la soupape S_1 , et se rend dans l'espace annulaire p , où il subit une troisième période de compression qui l'amène à $22^{\text{atm}},3$.

Enfin, les pistons descendant de nouveau, la soupape S_1 se ferme, et l'air qui remplit l'espace p se rend, en soulevant la soupape S_3 , dans le serpentín tubulaire h qui communique avec les colonnes de purge et les accumulateurs.

Sur le tuyau l (vue 1), qui conduit l'air comprimé du serpentín aux colonnes de purge, on a disposé une boîte L munie à sa partie inférieure d'une soupape de retenue S_4 et d'une soupape de sûreté n_1 à sa partie supérieure. Un robinet de dégagement fixé sur le côté de cette boîte permet de laisser échapper dans l'atmosphère l'air comprimé, lorsqu'on veut décharger les pistons de la pression qu'ils ont à supporter.

Les diamètres des pistons des pompes et de leurs tiges sont :

Pour le grand cylindre.	$0^{\text{m}},178$	et	$0^{\text{m}},140$
Pour le petit cylindre	$0^{\text{m}},076$	et	$0^{\text{m}},066$

Leur course est commune et égale à celle des pistons à vapeur, $0^{\text{m}},203$.

Le tuyau du serpentín a $0^{\text{m}},018$ de diamètre extérieur et $0^{\text{m}},013$ de diamètre intérieur.

La circulation d'eau froide s'opère comme il suit :

L'eau, prise à la mer ou dans une caisse spéciale, arrive par le tuyau i (vue 2) dans le compartiment m de la boîte à clapets M . Cette dernière est surmontée de deux tubes J,J sur lesquels glissent les tiges des pistons à air. Deux autres tubes j,j , d'un plus faible diamètre, sont placés concentriquement à l'intérieur des premiers, et le haut de chaque espace annulaire ainsi formé est bouché par un anneau métallique, qui sert aussi à maintenir les tubes à leur écartement. Dans le voisinage de ces anneaux, les tubes J,J sont criblés, sur tout leur pourtour, de petits orifices par lesquels l'eau de circulation peut passer à l'intérieur des tiges des pistons.

Supposons les pistons à leur point mort bas. Quand ils montent, l'espace libre formé par les compartiments q et f de la boîte M , par les tubes et l'intérieur des tiges des pistons à air, se trouve

augmenté du volume de la portion des tubes J,J qui sort de ces tiges. Il se produit une dépression au-dessus du clapet d'aspiration c , qui s'ouvre et laisse passer l'eau de circulation.

Lorsque les pistons descendent, le clapet c se referme par la compression de l'eau, qui soulève en même temps le clapet c_1 et se rend dans le compartiment m_1 , après avoir traversé les tubes j,j et le compartiment f . Ensuite l'eau s'élève graduellement dans la colonne N_1 , débouche dans la bêche, où elle entoure les corps de pompe et le serpentín, et enfin s'écoule à l'extérieur par la colonne N et le tuyau de sortie z_1 branché vers le bas de cette colonne. Ce tuyau et celui qui sert à l'arrivée de l'eau sont munis chacun d'un robinet pour régler l'écoulement.

Afin de prévenir la rupture de la bêche O au cas où le robinet de sortie serait fermé, cette bêche a été munie d'une soupape de sûreté n (vue 2) qui sert en même temps d'avertisseur par l'eau qu'elle crache. Cette soupape s'opposerait aussi à une trop grande accumulation d'air comprimé, s'il se produisait des fêlures ou des fuites au serpentín. Elle ne laisserait alors sortir que de l'air.

L'huile destinée au graissage des cylindres et des pistons est fournie goutte à goutte par un godet graisseur ordinaire fixé au-dessus de la soupape d'aspiration de l'air dans l'atmosphère.

Un tuyau y (vue 2) prend l'eau à la partie supérieure de la bêche lorsque celle-ci est traversée par de l'eau douce; sinon ce tuyau communique avec une caisse de pareille eau, ayant de faibles dimensions et fixée dans les environs et plus haut que la pompe. Un robinet porté par ce tuyau sert à régler l'écoulement de l'eau que l'on fait déboucher au-dessus de la soupape d'aspiration K . Une crépine u ménagée sur cette soupape diminue les chances d'introduction dans les corps de pompe de matières étrangères, qui pourraient détériorer les surfaces frottantes ou gêner le mouvement des soupapes.

§ 41. **Colonnes de purge et accumulateur.** — Les pompes du présent système possèdent une ou deux colonnes de purge disposées verticalement, et servant d'intermédiaires entre elles et les accumulateurs.

Ces derniers, en nombre égal aux pompes, se composent de 30 tubes, disposés en six rangées de cinq, et dont les dimensions sont :

Longueur	1 ^m ,90
Diamètre extérieur	0 ^m ,076
Diamètre intérieur	0 ^m ,060

Leur volume total est de 160 litres.

Les colonnes de purge ont les mêmes dimensions et le même volume que dans le système Claparède (23 litres).

Les tubes des accumulateurs Brotherood communiquent entre eux (fig. 2, vues 6 et 7) au moyen d'un tuyau coudé fixé sur chaque bout des tubes par une bride serrée par deux vis et pressant une rondelle de plomb interposée.

Les tubes inférieurs de chaque rangée débouchent dans un tube transversal muni d'une soupape de purge; et les tubes supérieurs sont en communication avec un autre tube transversal, dans lequel déverse le tuyau qui vient de la colonne de purge.

De même que les accumulateurs Claparède, ceux-ci ont leurs tubes maintenus à l'écartement voulu, au moyen de pièces de bois, dans lesquelles ils s'encastrent, et qui sont tenues elles-mêmes par des cadres en fer plat fixés sur le sol ou sur le pont du bâtiment.

§ 42. **Cylindre auxiliaire.** — La soupape d'aspiration *k* du grand cylindre à air ne se ferme pas immédiatement au moment où commence la montée du piston T, et elle laisse échapper dans l'atmosphère une certaine quantité de l'air qui était entré dans le corps de pompe pendant la descente du piston. Il en résulte, pour le rendement de la pompe, un abaissement sensible, que M. Brotherood a atténué en plaçant au-dessus du grand cylindre à air un autre cylindre A (fig. 2, vue 3), qu'il nomme *cylindre auxiliaire*, et dont le diamètre est de 0^m,219.

La soupape K se trouve alors placée à la partie supérieure du cylindre A. Le piston qui se meut dans ce cylindre est formé de trois pièces principales : deux d'entre elles, B et S', solidement reliées l'une à l'autre à l'aide d'un emboitage fileté et de six vis-freins, forment le corps du piston, qui porte, au milieu de sa hauteur, une partie cylindrique *b* munie de cannelures. Sur cette partie cylindrique est emmanchée la troisième pièce C, qui présente 3^{mm} de jeu entre le rebord de S' taillé en forme de soupape et une collerette *c* que porte B à sa partie inférieure.

Quand le piston descend, la soupape S' s'appuie sur C , et la communication est interceptée entre le dessus et le dessous du piston. Lorsque celui-ci monte, C porte sur la collerette e , et son écartement d'avec la soupape S' permet à l'air de passer du dessus au-dessous du piston par les cannelures.

Le corps du piston est muni d'une garniture de cuir embouti fixée sur la pièce C au moyen de la rondelle D serrée par huit vis 2; et sa tige est vissée dans le piston T dont il suit le mouvement. Une soupape M , sur laquelle est adapté un ressort à boudin, s'ouvre lorsque les pistons descendent, pour permettre à l'air qui est au-dessous du piston du cylindre auxiliaire de se rendre dans le cylindre A_1 , en passant par les orifices a_1 , l'intérieur de la tige E et les trous O .

En somme, quand le piston du cylindre auxiliaire descend, l'air arrive par la soupape K , et remplit le cylindre A à la pression atmosphérique. Pendant la montée, la soupape S' s'ouvre, et l'air passe du dessus au dessous du piston. A la descente suivante, l'air étant comprimé sous le piston auxiliaire, soulève la soupape M et se rend dans le cylindre A_1 , où il se comprime faiblement encore.

Une soupape de sûreté placée en N sert au dégagement de l'eau d'injection en excès, et indique par son fonctionnement si le cylindre auxiliaire travaille trop, à la suite d'un dérangement survenu à la garniture de cuir du piston et à sa soupape.

L'adoption du cylindre auxiliaire a augmenté la puissance et a changé le régime de la pompe.

Si l'on veut marcher sans ce cylindre, on le démonte très facilement, et on visse la soupape K à la partie supérieure du cylindre A_1 .

Les pressions successives de l'air, à son passage dans les divers cylindres, sont :

- 1 atmosphère à son entrée dans le cylindre auxiliaire,
- 1^{atm},035 en passant au-dessous du piston de ce cylindre,
- 1^{atm},6 en entrant dans le cylindre A_1 ,
- 4 atmosphères lors de son passage à la partie inférieure de ce cylindre,
- 8^{atm},3 à son introduction dans le petit cylindre,
- 33^{atm},8 au bas de ce petit cylindre.

La pompe en vue, munie du cylindre auxiliaire, peut fournir par heure 1.000 litres d'air à 100 atmosphères, ou son équivalent, en donnant 245 tours par minute. Elle dépense alors 120^{kg} de

charbon par heure en comprimant à 100 atmosphères, et 160^{kg} en comprimant à 120 atmosphères. En service courant, il convient de ne pas lui faire dépasser 195 tours par minute.

Elle fonctionne avec 2^{atm},5 de pression à la chaudière, où il est préférable de tenir la tension à 3 atmosphères au minimum.

§ 43. **Avaries et dérangements.** — Sans cylindre auxiliaire, la pompe Brotherood est sujette à des avaries et à des dérangements assez fréquents, qui peuvent être classés en quatre sortes :

1° Il y a emportement plus ou moins brusque de l'appareil, chaque fois qu'il se produit un dérangement à la soupape d'aspiration; à la soupape du grand piston; à la garniture de cuir du grand piston; ou des rayures sur le cylindre; ou des fuites par la jonction du corps du piston avec sa tige. Dans ce dernier cas, il y a en même temps, ainsi qu'on le verra (4°), échauffement du piston.

2° Il y a ralentissement ou arrêt brusque du système, lorsqu'il se produit une avarie à la soupape intermédiaire; à la soupape du petit piston; aux garnitures de gaïac ou de métal de ce piston; à la soupape d'arrivée d'air au serpentín; à la surface du cylindre; à la jonction du corps du piston sur sa tige. (En pareil cas, il y a encore échauffement du piston.)

3° L'air s'échappe en partie au dehors, et la machine s'accélère, comme dans le premier cas, lorsqu'il se produit des fêlures dans les cylindres et les pistons (ce qui est rare), et lorsque les joints des cylindres, ainsi que les presse-étoupes des tiges ne sont plus étanches.

4° Les pompes s'échauffent fortement et risquent de gripper, lorsque la circulation d'eau froide est empêchée, soit par manque d'eau, soit par des fuites se déclarant aux jonctions des corps de pistons sur leurs tiges.

Le manque d'eau provient d'un dérangement des clapets, de l'obstruction du tuyautage, ou de la fermeture des robinets d'aspiration et de refoulement. (La fermeture du robinet de sortie ou l'obstruction du tuyau de refoulement donne lieu à des crachements d'eau par la soupape de sûreté de la bêche.)

Les fuites à travers les jonctions des corps de piston sur leurs tiges laissent passer, pendant la marche, l'air déjà comprimé des

cylindres dans l'intérieur des pistons. L'eau se trouve chassée, les pistons chauffent, et leurs garnitures ne tardent pas à se détériorer.

Pendant le repos, au contraire, l'eau s'infiltre dans les cylindres à air, qu'elle remplit, et qui courent le risque d'être défoncés à une nouvelle mise en marche lorsqu'on néglige, au préalable, de faire virer la machine de plusieurs tours.

5° *Avaries du cylindre auxiliaire.* — Ces avaries consistent dans la détérioration des garnitures du piston et des soupapes. Elles sont toujours accompagnées de crachements par la soupape de sûreté. En même temps la machine tourne par saccades à une allure plus grande qu'à l'ordinaire. Le même effet se produit quand la garniture du grand piston vient à se déchirer ou que la soupape de ce dernier est dérangée.

3° POMPE BROTHEROOD (PETIT MODÈLE)

§ 44. **Données générales.** — Cette pompe peut comprimer 375^{lit} d'air à 100^{atm} par heure, en travaillant à raison de 250 tours par minute.

Elle dépense 60^{kg} de charbon de bonne qualité par heure.

Elle marche à 1^{atm},75 de pression à la chaudière ; mais pour la régularité du fonctionnement, il vaut mieux se tenir à 2^{atm},25 au minimum.

En service courant, l'allure peut être maintenue à 200 tours par minute.

§ 45. **Description.** — La planche VII, tome II, figure 3, représente une pompe Brotherhood, petit modèle, d'une puissance égale à la moitié de celle que fournit le type qui a été décrit précédemment.

Comme dans ce dernier modèle, la traverse G est au-dessous des cylindres à vapeur ; l'arbre B est, au contraire, placé en dessus. Les bielles *b, b* passent dans des évidements situés entre les cylindres à vapeur C et les corps de pompe. La boîte à clapets M, dans laquelle circule l'eau, est fixée sur la plaque de fondation I, au lieu d'être suspendue aux corps de pompe.

Ce modèle ne présente aucune autre particularité. L'agencement des pistons à air est tout à fait semblable à celui du grand modèle.

4° POMPE BROTHEROOD A CYLINDRES INDÉPENDANTS

§ 46. **Données générales.** — Les machines de ce genre se composent, suivant le modèle, de deux ou trois pompes à air à triple effet, mues chacune par un cylindre à vapeur et renfermées dans une enveloppe commune constituant la bâche. Les cylindres à vapeur et les corps de pompe sont juxtaposés et assemblés sur le même bâti.

Les pompes à trois cylindres à air sont faites pour débiter, par heure, 750^{lit} d'air à 100^{atm}, ou l'équivalent; et celles à deux cylindres doivent fournir dans le même temps 500^{lit} à 100^{atm}. Le nombre de tours par minute s'élève, dans ces conditions, à 275 pour l'un et l'autre type. La dépense atteint 100 à 125^{kg} de charbon par heure, suivant que la compression a lieu à 100 ou à 125^{atm}.

La pompe à deux cylindres à air consomme dans les mêmes circonstances de 65 à 80^{kg} de charbon. La pression à la chaudière peut être descendue jusqu'à 3^{kg},5; mais il est préférable de la tenir à 4^{kg}.

En service courant, on peut se tenir à la vitesse de 220 tours par minute.

§ 47. **Description** (Pl. VIII, tome II, fig. 1). — Le piston de chacun des corps de pompe à air est mû directement par une machine à vapeur à pilon dont le piston est traversé de part en part par sa tige.

La partie supérieure de cette tige est clavetée sur la tige du piston à air; sa partie inférieure, par l'intermédiaire d'une bielle directe, conduit un arbre à manivelles calées à 90° dans les machines à deux cylindres et à 120° dans celles à trois. A l'une des extrémités de cet arbre est fixé un volant pouvant servir de vireur, à l'autre un modérateur à force centrifuge. Les tiroirs sont en coquille, et reçoivent leur mouvement d'un excentrique claveté sur l'arbre.

Les cylindres à vapeur sont venus du même jet de fonte.

Le registre de vapeur R est relié à l'extrémité supérieure d'un levier L, dont l'extrémité inférieure oscille autour d'un axe fixé au bâti de la machine. Un ressort maintient ce levier appliqué

contre un butoir, qui pénètre entre les deux blocs de métal A, A du modérateur. Quand la machine s'emporte, ce butoir est repoussé à l'extérieur par l'intermédiaire de deux mouvements à sonnette actionnés par les deux blocs A qui s'écartent de l'axe de rotation. Le levier est donc chassé en entraînant le registre de vapeur qui se ferme de plus en plus; et la vitesse de la machine va en diminuant, jusqu'à ce que le ressort ait ramené tout le système à sa première position. Pour régler le modérateur, il suffit de donner au ressort une tension convenable. On le règle pour un nombre de tours un peu supérieur à celui de régime.

Comme la résistance de la pompe va en augmentant à mesure que la pression de l'air monte, on ouvre de plus en plus la prise de vapeur placée près du registre R, pour que la rotation soit régulière.

Diamètre des cylindres à vapeur.	0 ^m ,228
Course des pistons	0 ^m ,102
Introduction.	0,85 de la course.

Les corps de pompe et les pistons sont en bronze; les garnitures sont en cuir embouti. Voici la légende de l'appareil :

a piston à air d'un diamètre de 152^{mm}, muni d'une garniture en cuir appelée *garniture supérieure*; un ressort est placé sous cette dernière pour la faire porter sur les parois du cylindre.

A'', A'' soupapes du piston s'ouvrant de haut en bas, pour permettre à l'air de passer de la face supérieure à la face inférieure du piston.

P' tige de piston de 127^{mm} de diamètre, traversant un renfort de métal E ménagé à l'intérieur du cylindre; ce renfort est muni d'une garniture appelée *garniture inférieure*. La partie inférieure de la tige reçoit une garniture F appelée *garniture godet*, comprimée dans une rondelle-écrou G. Pour empêcher cette rondelle de se desserrer, on la maintient par une vis vissée dans la clavette E' qui réunit la tige P à la tige supérieure du piston à vapeur.

La tige P' est évidée pour recevoir l'eau de circulation. Elle est traversée à la partie supérieure et au centre par le tube-pompe de circulation t'; deux garnitures b, b appelées *garnitures à chapeau*, pressées par des rondelles-écrou, assurent l'étanchéité du tube-pompe.

C cylindre à air alésé suivant trois diamètres différents; le petit, qui correspond au tube E, se trouve à peu près au milieu de la hauteur. Ce cylindre est emmanché dans la bache M sur laquelle il est fixé au moyen de goujons M', M'; l'étanchéité du joint supérieur est assurée au moyen d'une lanière de caoutchouc *d*, et celle du joint inférieur au moyen d'une lanière de toile caoutchoutée.

La bache est divisée, à l'aide de cloisons percées de trous, en autant de compartiments qu'il y a de cylindres, et chacun de ces compartiments contient un serpentín K; elle est munie à sa partie supérieure de deux soupapes de sûreté O, et à sa partie inférieure d'un robinet de purge.

Le cylindre à air est renforcé par des nervures extérieures dans lesquelles sont logées :

1° Les soupapes B, B, qui, s'ouvrant de haut en bas, mettent en communication les espaces annulaires H et I;

2° La soupape *r'*, qui, s'ouvrant de bas en haut, met en communication l'espace annulaire I et le serpentín K.

La partie supérieure du cylindre est fermée par un couvercle U maintenu par quatre prisonniers avec écrous. Ce couvercle est muni des organes suivants :

1° La soupape atmosphérique S, qui est formée par une couronne circulaire sur laquelle sont fixées deux tiges verticales servant de guides ;

2° La soupape annulaire de refoulement *s'* de la pompe de circulation ;

3° Deux tubes concentriques *t*, *t'* constituant la pompe de circulation ;

4° Une tubulure T, sur laquelle se raccorde le tuyau d'arrivée de l'eau de circulation ;

5° Deux réservoirs d'air R', R', destinés à amortir les chocs de l'eau de circulation ;

6° Une petite soupape de sûreté D ;

7° Un godet graisseur mobile Z, avec deux soupapes à vis permettant de régler la dépense d'huile.

La partie supérieure du couvercle U est évidée en forme de godet cylindrique; une crépine très fine empêche les corps étrangers de pénétrer dans le cylindre.

Le fonctionnement de ces pompes est semblable à celui des

pompes Brotherood déjà décrites. Les flèches indiquent le chemin suivi par l'air pour se rendre au serpentin et de là à l'accumulateur. A sa sortie de la bêche, le serpentin se raccorde à une tubulure munie de deux soupapes superposées : la soupape de sûreté N, et la soupape de retenue J, qui empêche la déperdition de l'air de l'accumulateur dans le cas de rupture du serpentin.

Les flèches indiquent la marche de l'eau de circulation qui, après avoir traversé le piston et la bêche, est évacuée par une tubulure unique.

§ 48. **Fonctionnement.** — La figure théorique, Pl. IX, tome II, fig. 5, montre le passage de l'air dans les corps de pompe.

Lorsque le piston descend, le dessus du piston du cylindre A se remplit d'air à la pression atmosphérique, qui pénètre par la soupape S.

Quand le piston remonte, cette soupape se ferme; et l'air passe dans l'espace annulaire intermédiaire A_2 , à travers le conduit p_1 muni d'une soupape s'ouvrant de haut en bas. Le piston redescendant encore, l'air se comprime, ferme la soupape du conduit p_2 , et passe dans l'espace annulaire inférieur A_3 à travers le conduit p_3 muni également d'une soupape s'ouvrant de haut en bas.

Enfin, le piston remontant, cette dernière soupape se ferme; l'air comprimé est envoyé au serpentin, et de là à l'accumulateur à travers le conduit p_4 muni d'une soupape s'ouvrant de bas en haut. En plein régime, les pressions successives que l'on obtient sont :

En A_1 de 1^{atm} à $3^{atm},31$
 En A_2 de $3^{atm},31$ à $22^{atm},4$
 En A_3 de $22^{atm},4$ à la pression de l'accumulateur.

5° POMPE THIRION

§ 49. **Données générales.** — Ainsi que la précédente, cette pompe est à corps indépendants, au nombre de un, deux ou trois, suivant le type. Lorsqu'elle comporte plusieurs corps, ceux-ci sont juxtaposés; et leur ensemble est relié à un bâti commun supportant tout le système.

Par cylindrée, ces pompes doivent débiter l'équivalent de 250^{lit} d'air à 100^{atm} par heure.

Le nombre de tours par minute que nécessite ce débit est de 275.

La pression à la chaudière doit atteindre 5^{atm},5 au minimum, et 6^{atm} pour avoir un fonctionnement assuré.

La dépense de charbon, par corps de pompe, semble devoir être de 30^{kg} par heure, en comprimant à 100^{atm}, et de 40^{kg} par heure, en comprimant à 120^{atm}.

En service courant, on peut ne marcher qu'à 220 tours.

§ 50. **Description.** — Les organes étant les mêmes pour chaque corps de pompe, il suffit de décrire ceux de la pompe à un seul corps pour connaître en même temps la disposition des pompes à deux ou trois corps. (Pl. VIII, tome II, fig. 2.)

P piston compresseur.

P' piston du cylindre à vapeur.

A 1^{re} chambre de compression.

B 2^e — — —

C 3^e — — —

D soupape annulaire d'aspiration.

E, E soupapes entre la 1^{re} et la 2^e chambre de compression (il y a deux jeux symétriques de ces soupapes dans chaque piston).

F, F soupapes entre la 2^e et la 3^e chambre de compression (deux symétriques, à 90° des précédentes, dans chaque piston).

G soupape de refoulement sur la 3^e chambre.

H serpentín plongé dans l'eau de circulation.

I soupape de retenue à la sortie de l'appareil.

K soupape de sûreté maintenue par un ressort.

L soupape de décharge.

M couronne en cuir pour garniture du corps supérieur.

N couronne en cuir pour garniture du piston.

O cuir de Brahma pour garniture inférieure.

R pompe de circulation aspirant à la mer ou dans une caisse spéciale.

R' refoulement d'eau froide.

S tube de circulation de l'eau à l'intérieur du piston P.

T réservoir d'eau pour rafraîchir le corps de pompe supérieur.

U réservoir d'eau pour rafraîchir le corps de pompe inférieur et le serpentín.

V sortie de l'eau.

X soupape de sûreté sur le réservoir d'eau.

a boîte à huile.

b robinet graisseur de la pompe (il y en a deux par corps).

c robinet à deux branches pour donner de l'eau douce goutte à goutte sur la toile métallique placée au-dessus de la soupape d'aspiration D de la première chambre à air.

Le robinet *c* doit être mis en communication avec un réservoir d'une faible contenance, la quantité d'eau maximum pour chaque charge d'un réservoir de 150 litres étant de $\frac{1}{4}$ de litre.

Colonne de purge et accumulateur.

l colonne de purge.

m arrivée de l'air comprimé envoyé par la pompe.

o robinet de purge.

p, p, p, p tubes réunis formant réservoir d'air ou accumulateur.

r robinet d'arrivée d'air à l'accumulateur.

q, q, q, q coudes réunissant les tubes.

t tampon de décharge de l'accumulateur.

S manomètre indicateur de la pression dans l'accumulateur.

Il est indispensable, pour le labrifiage, d'employer seulement de l'huile fine qui n'encrasse pas les pièces et ne sèche pas lorsque la machine est arrêtée. Il faut faire usage de l'huile de poisson pour les corps de compression. Dès que la machine fonctionne, on ouvre les graisseurs *b, b*, pour donner de l'huile goutte à goutte à la pompe; on ouvre également le robinet *c*, pour amener de l'eau douce goutte à goutte. L'huile et l'eau tombent sur la toile métallique qui sert de crépine, et entrent dans la pompe.

On s'assure que la pompe de circulation fonctionne bien, en ouvrant un petit robinet qui est au-dessus de l'arrivée de l'eau froide R'.

Les irrégularités proviennent : 1° du dérangement des soupapes, soit parce que des huiles ou des corps étrangers obstruent leur ouverture, soit par détérioration des ressorts qui les appuient sur leur siège; 2° des garnitures de cuir qui sont usées

et laissent passer l'air d'une chambre dans l'autre. Il suffit d'enlever le chapeau supérieur de la pompe, qui est tenu par huit écrous, pour pouvoir visiter la soupape d'aspiration D et les soupapes E, F logées dans le piston. Les douilles qui contiennent celles-ci sont vissées à bloc, et se dévissent facilement au moyen de clefs à bout carré livrées avec les accessoires de la pompe. Les soupapes G, K, I peuvent être visitées sans aucun démontage de l'appareil. Le piston compresseur P se sort en démontant la clavette Z qui relie la pompe au piston à vapeur P'.

La garniture de cuir M est composée d'un cuir découpé à plat que l'on élargit sur champ avec un mandrin. Elle se pose tout simplement dans son encastrement. La garniture N est une couronne de cuir maintenue sur son encastrement par un écrou vissé sur le piston. Le cuir O est également maintenu par un écrou à vis.

Toutes les rondelles pour joints de la pompe sont en papier huilé.

Avant de remonter le piston, il faut s'assurer que les ressorts des soupapes et les garnitures de cuir sont en bon état. Cependant, si la pompe travaille régulièrement et si elle est employée en service journalier, il suffit de la faire marcher lentement et à vide pendant une demi-minute, en ouvrant la soupape de décharge L pour qu'elle se trouve suffisamment nettoyée.

6° POMPE MÉKARSKI

§ 51. **Données générales.** — Cet appareil nouveau a été construit pour débiter par heure 1.200 litres d'air comprimé à 100^{atm} , ou l'équivalent. Il doit donner 180 tours par minute, en dépensant 150^{kg} de charbon de bonne qualité par heure lorsqu'on comprimera à 100^{atm} , et 200^{kg} lorsqu'on comprimera à 120^{atm} .

La pression à la chaudière pourra suffire à $2^{\text{kg}},25$, mais il sera préférable de la tenir à $2^{\text{kg}},75$.

§ 52. **Description.** — Cette pompe (Pl. IX, tome II, fig. 10)

se compose d'une machine à vapeur à deux cylindres, d'une pompe de compression d'air à quatre corps groupés deux à deux, et d'une pompe spéciale pour la circulation de l'eau destinée au refroidissement.

Les cylindres à vapeur et les deux groupes de pompes à air sont supportés par des bâtis fixés sur la même plaque de fondation.

Voici la légende de l'appareil :

C, C cylindres à vapeur.

B₁ bâtis formant glissières et servant de support aux cylindres.

T, T tiroirs, mus chacun par deux excentriques manœuvrés par une mise en train.

La marche à volonté dans un sens ou dans l'autre est employée pour changer périodiquement les portages des pièces mobiles, et pour égaliser leur usure dans tous les sens.

P, P pistons à vapeur de 0^m,300 de diamètre et de 0^m,245 de course.

B, B bielles.

M, M manivelles des pistons à vapeur montées à 90° l'une de l'autre sur l'arbre de couche.

A arbre de couche à quatre manivelles, muni d'un volant V servant de vireur.

P' plaque de fondation comportant six paliers pour les portées de l'arbre de couche.

A₁, A₂ cylindres à air du premier groupe.

A₃, A₄ cylindres à air du deuxième groupe.

Leurs diamètres sont, dans l'ordre ci-dessus : 0^m,300, 0^m,168, 0^m,102 et 0^m,057.

La course commune de leurs pistons est de 0^m,185.

m manivelle de commande des cylindres du 1^{er} groupe.

m' manivelle de commande du 2^e groupe.

Ces manivelles sont montées à 90° l'une de l'autre, et la première correspond à la bissectrice de l'angle formé par les manivelle M, M des cylindres à vapeur.

b, b' bielles de commande des pompes.

R₁, R₂, R₃ réservoirs intermédiaires entre le 1^{er} et le 2^e cylindre, le 2^e et le 3^e, le 3^e et le 4^e.

K₁ et S₁, K₂ et S₂, K₃ et S₃, K₄ et S₄ soupapes d'aspiration et de refoulement des cylindres à air.

La soupape K₁ aspire dans l'atmosphère, et S₄ refoule dans

l'accumulateur. A l'aide d'ouvertures et de tuyaux particuliers, le dessus du premier corps communique constamment avec l'atmosphère; le dessous du deuxième corps avec le réservoir R_1 ; le dessus du troisième avec le réservoir R_2 , et le dessous du quatrième avec le réservoir R_3 .

e excentrique de commande de la pompe à circulation d'eau froide.

C_1 corps de cette pompe.

p_1 piston plongeur.

b_1 boîte à clapets.

a tuyau d'aspiration.

r tuyau de refoulement. Ce tuyau aboutit à des espaces ménagés autour des 2^e, 3^e et 4^e corps de pompes à air. Le premier corps dont le travail est peu considérable, se refroidit par rayonnement.

S conduit de sortie de l'eau après le 4^e cylindre.

§ 53. **Fonctionnement.** — Pour expliquer le jeu de cette pompe, il y a lieu de remarquer que :

1^o En fonctionnement normal, les corps de pompe doivent débiter chacun le même poids d'air :

v_1, v_2, v_3, v_4 étant leurs volumes respectifs;

p_1, p_2, p_3, p_4 la pression de l'air qu'ils renferment à l'origine du refoulement ou à la fin de l'aspiration; on doit avoir, en supposant la température constante

$$v_1 \times 1^{\text{at}} = v_2 p_2 = v_3 p_3 = v_4 p_4.$$

Les volumes étant connus, les pressions ci-dessus atteignent les valeurs :

$$p_1 = 1^{\text{at}}, \quad p_2 = 3^{\text{at}}, 19, \quad p_3 = 8^{\text{at}}, 65 \quad \text{et} \quad p_4 = 27^{\text{at}}, 7.$$

2^o A cause de la communication constante d'un côté de chaque corps, soit avec l'atmosphère, soit avec l'un des réservoirs intermédiaires, toutes les fois qu'il y a aspiration dans ces corps, le travail est nul, la pression étant la même à chaque instant sur les deux faces de leurs pistons.

3^o Lorsque le refoulement a lieu, il y a dans les réservoirs une légère dépression qui correspond au volume engendré par le piston du côté opposé au refoulement.

A l'origine du mouvement, les cylindres, les réservoirs inter-

médiaires et l'accumulateur sont pleins d'air à la pression atmosphérique. Aux premiers coups de piston, la pression augmente à la fois dans ces derniers espaces jusqu'à ce qu'elle atteigne, pour chacun d'eux, les valeurs p_2 , p_3 et p_4 précédemment trouvées.

Une fois atteintes, ces valeurs ne sont pas dépassées dans les réservoirs intermédiaires; le dernier corps seul continue à refouler dans les accumulateurs à des pressions croissant graduellement avec la marche.

Examinons, par suite, ce qui se passe lorsque la pression à l'accumulateur a atteint $27^{\text{atm}}, 7$.

Le corps 1 étant rempli d'air à la pression atmosphérique au-dessous du piston, lorsque ce piston descendra, il enverra cet air dans le réservoir R_1 , où il se mélangera avec celui qui y est déjà contenu; et une partie de ce mélange remplira le deuxième corps au-dessus de son piston.

Dans cette opération, le volume

$$v_1 + R_1 + v_2$$

occupé par l'air à l'origine se réduit à

$$R_1 + v_2.$$

Il y a donc compression, et la pression atteindra, ainsi qu'il est dit plus haut, $3^{\text{atm}}, 19$.

A la montée suivante, l'air contenu au-dessus du piston du deuxième corps, et qui est à $3^{\text{atm}}, 19$ de pression, sera chassé dans le réservoir R_2 , dont la pression sera augmentée. D'autre part, le bas du corps 1 se remplira encore d'air à la pression atmosphérique; et l'air contenu dans le réservoir R_1 se détendra à mesure que le piston du corps 2 se rapprochera du haut de sa course.

A leur tour, les pistons du deuxième groupe agissent. En montant, celui du troisième corps aspire dans le réservoir R_2 , et se remplit d'air à la pression de $8^{\text{atm}}, 65$.

Pendant ce temps, le piston du quatrième corps comprime et envoie de l'air à l'accumulateur.

A la descente, le piston du troisième corps déprime au-dessus de lui l'air du réservoir R_2 , et envoie dans le réservoir R celui qui est au-dessous et qui provient du réservoir R_2 .

Une partie de ce mélange passe dans le haut du quatrième corps ; de telle sorte que les volumes composants qui, à l'origine, étaient $v_3 + R_3 + v_4$, ne sont plus à la fin de la course que $R_3 + v_4$.

Le troisième corps a donc produit une nouvelle compression pendant que le haut du cylindre 4 s'est rempli. La pression finale atteint, ainsi qu'il a été dit, $27^{\text{atm}}, 7$.

Enfin, à la montée suivante, le piston du quatrième corps forme, au-dessous de lui, une dépression dans le réservoir R_3 , et comprime l'air situé au-dessus jusqu'à ce qu'il passe dans la colonne de purge et de là à l'accumulateur, ce qui se produit lorsque la pression atteint une valeur égale ou supérieure à celle de ces récipients, et, dans tous les cas, nécessaire pour provoquer l'ouverture de la soupape S_4 .

En résumé, lorsque l'aspiration a lieu dans chaque corps, les pistons sont, à chaque instant, soumis sur leurs deux faces, à la même pression ; pendant cette période, il n'y a donc production d'aucun travail.

Pendant le refoulement, l'air pénètre d'abord dans un réservoir avant de passer dans le corps de pompe suivant, ce qui permet d'éviter les chocs, tout en diminuant la fatigue que subissent les pompes des autres systèmes qui ne possèdent pas de réservoirs intermédiaires.

Des manomètres montés sur chaque réservoir intermédiaire et sur l'accumulateur permettent de contrôler à tout instant le bon fonctionnement des divers corps de pompe.

NOTE COMMUNE AUX DIVERSES POMPES

§ 54. **Rendement organique.** — Les données générales qui ont été indiquées pour toutes les pompes que nous venons de décrire se rapportent à un état normal. Si elles se dérèglent, leur rendement diminue, et en même temps la dépense de charbon par heure augmente, ainsi que la pression nécessaire à la chaudière. Il est donc important de savoir, à un moment donné, si la pompe est dans de bonnes conditions pratiques ; et pour cela, il suffit de déterminer la valeur du rendement organique.

A cet effet, on note le temps et le nombre de tours nécessaires

pour faire monter la pression à l'accumulateur d'une certaine quantité; on multiplie le volume du cylindre d'aspiration par le nombre de tours, afin d'avoir le volume *théorique* offert par le piston à l'air atmosphérique. On multiplie, d'un autre côté, le volume de l'accumulateur (augmenté de celui des colonnes de purge et du serpentin) par l'accroissement de pression observé, ce qui donne le volume qu'occuperait dans l'atmosphère l'air *réellement* comprimé. On divise le dernier produit par le premier; le quotient n'est autre que le rendement organique demandé.

Exemple. — Il a fallu 35 minutes pour que, à raison de 200 tours par minute, une pompe Brotherood à 3 cylindres indépendants ait fait monter la pression de 80 atmosphères dans un espace de 400 litres formé par l'accumulateur, les colonnes de purge et le serpentin; quel est le rendement organique?

Le nombre total de tours est de $200 \times 35 = 7.000$. La pompe ayant un volume d'aspiration égal à $1^{\text{lit}},85 \times 3 = 5^{\text{lit}},55$ par tour (voir le tableau ci-après), le volume *théorique* pendant la durée de l'expérience sera

$$5,55 \times 7.000 = 38.850 \text{ litres.}$$

D'un autre côté, l'air qui a été *réellement* comprimé occuperait dans l'atmosphère un volume égal à $400^{\text{lit}} \times 80 = 32.000^{\text{lit}}$.

Le rendement organique vaudra donc

$$\frac{32.000}{38.850} = 0,824.$$

§ 55. **Valeur du rendement organique.** — Avec des pompes qui se trouvent dans d'excellentes conditions, le rendement organique dépasse souvent 0,900. Un chiffre de 0,800 à 0,900 suffit pour la pratique. Au-dessous de 0,800, il y a lieu de visiter leurs organes et notamment les garnitures ainsi que les divers clapets.

Pour les différents systèmes de pompes, les volumes d'aspiration sont, par tour, égaux à :

- 10^{lit},910 pour la pompe Claparède;
- 5 ,032 pour la pompe Brotherood, grand modèle;
- 7 ,646 pour la même pompe, avec cylindre auxiliaire;
- 2 ,820 pour la pompe Brotherood, petit modèle;
- 1 ,850 par corps de pompe Brotherood, à cylindres indépendants;
- 1 ,775 par corps de pompe Thirion, à cylindres indépendants;
- 13 ,077 pour la pompe Mékarski.

Enfin, il n'est pas inutile de faire observer que les pompes de compression des divers types ont toutes été construites pour résister à un travail supérieur à celui qui est imposé par le marché. Elles peuvent donc, en cas d'urgence, dépasser le nombre de tours maximum par minute qui a été indiqué, pourvu toutefois que la chaudière qui les alimente soit capable de leur fournir la vapeur nécessaire.

THÉORIE DES POMPES DE COMPRESSION (1)

§ 56. **Mode d'action des pompes.** — Les figures théoriques 1 à 9, pl. IX, tome II, montrent, pour les divers types de pompes, le parcours de l'air depuis son entrée dans le grand cylindre d'aspiration jusqu'à sa sortie du dernier corps de pompe.

Les flèches indicatrices ont été tracées à côté des conduits qui font communiquer successivement les diverses chambres de compression entre elles. Sur ces conduits sont disposées des soupapes de retenue, non figurées, qui ne s'ouvrent que dans le sens des flèches et empêchent l'air de revenir en arrière.

Examinons d'abord ce qui se passe avec une pompe à un seul corps refoulant jusqu'à bout de course et directement dans l'accumulateur.

Au premier coup de piston (fig. 8), ce corps, de volume v_1 , et l'accumulateur V étant pleins d'air à la pression atmosphérique, le refoulement se fait dans le volume $v_1 + V$, suivant l'hyperbole équilatère ABC, qui passe par le point A, dont les coordonnées sont $p_1 = 1^{\text{atm.}}$ et v_1 , et qui a pour asymptotes l'axe des x et une parallèle MM' à l'axe des y , menée à la distance V en dehors de l'axe.

A bout de course, la pression dans l'accumulateur est OB; et pendant que le piston revient sur ses pas pour aspirer un nouveau volume v_1 d'air atmosphérique, la soupape de retenue qui sépare le corps d'avec l'accumulateur reste fermée.

(1) M. Roques, officier mécanicien de la flotte, a fait sur ce sujet une très complète étude, que nous avons consultée avec fruit.

Au coup de piston suivant, la compression se fait d'abord de A en A' dans le corps v_1 et suivant l'hyperbole équilatère AA'A"... , jusqu'au moment où la pression devient égale à celle de l'accumulateur, qui est OB.

A partir de cet instant, la compression continuant s'opère dans le volume restant du corps et dans l'accumulateur, qui communiquent entre eux par la soupape de retenue. Cette compression se fait suivant la courbe A'B'C', de même espèce que les précédentes et passant par le point A'; à la fin de la course la pression est OB'.

Aux coups de piston suivants, il se produit des effets semblables, c'est-à-dire : compression en premier lieu dans le corps jusqu'à l'ouverture de la soupape de retenue, et ensuite refoulement, jusqu'à la fin de course, du volume restant dans l'accumulateur.

La pression dans ce dernier s'élève donc de plus en plus, ainsi que la durée de la première période de compression dans le cylindre unique.

Avec des pompes à corps successifs, de volumes décroissants $v_1, v_2, v_3, v_4, \dots$, des actions semblables à celles qui précèdent ont lieu. Mais tant que la pression à l'accumulateur reste inférieure à $p_2 = p_1 \frac{v_1}{v_2}$, la compression dans le premier corps se fait en deux périodes, comme précédemment; tandis que ce corps comprime tout le temps sur lui-même, suivant la courbe AA'A"... , après que la pression à l'accumulateur a atteint et, *a fortiori*, dépassé p_2 . De même, les corps suivants comprimeront suivant la courbe précitée, lorsque la pression à l'accumulateur aura atteint :

$$p_3 = p_1 \frac{v_1}{v_3} \text{ pour le deuxième,}$$

$$p_4 = p_1 \frac{v_1}{v_4} \text{ pour le troisième, et ainsi de suite.}$$

En conséquence, si v_n représente le volume du plus petit corps ; à partir du moment où la pression à l'accumulateur sera $p_1 \frac{v_1}{v_n}$, chaque corps comprimera dans celui qui le suit de l'air à une pression constante. A la fin de leur période d'aspiration, les corps seront donc remplis d'air aux pressions de : $p_1 = 1^{\text{atm}}$

pour le premier ; p_2 pour le deuxième ; p_3 pour le troisième ; p_4 pour le quatrième, etc.

On peut arriver à cette démonstration en suivant une marche différente.

Supposons des pompes à corps successifs de volumes décroissants $v_1, v_2, v_3, v_4, \dots$, en fonctionnement régulier. Lorsque chaque corps de pompe est forcé de refouler l'air dans celui qui le suit, chacun d'eux doit débiter le même poids d'air par coup de piston, ainsi que nous l'avons déjà dit à propos de la pompe Mékarski. Soient donc p_1, p_2, p_3 les pressions de l'air qu'ils renferment à l'origine du refoulement ou à la fin de l'aspiration ; on doit avoir, en supposant la température constante :

$$v_1 p_1 = v_2 p_2 = v_3 p_3 \dots = v_n p_n.$$

D'où l'on tire :

$$p_2 = \frac{v_1 p_1}{v_2},$$

$$p_3 = \frac{v_1 p_1}{v_3},$$

$$\dots \dots \dots$$

$$p_n = \frac{v_1 p_1}{v_n}.$$

Supposons que v_n représente le volume du plus petit corps ; à partir du moment où la pression dans l'accumulateur sera égale à $p_1 \frac{v_1}{v_n}$, chaque corps comprimera dans celui qui le suit à une pression constante. A la fin de leur période d'aspiration, les corps seront ainsi remplis d'air : à 1^{atm} pour le premier ; à p_2 pour le deuxième ; à p_3 pour le troisième, etc.

Ce résultat est important, parce qu'il sert à déterminer la résistance à vaincre par les pompes des divers types, et, par suite, la pression de la vapeur aux chaudières.

§ 57. **Résistance à vaincre.** — Pour établir l'équilibre dynamique des pompes de compression, il faudrait égaliser toutes les forces motrices aux résistances à vaincre, et faire intervenir les frottements et les forces d'inertie.

Comme on ne peut déterminer ces derniers effets, on les négligera, et on se contentera, pour établir l'équilibre statique, d'égaliser les efforts qui s'exercent sur les pistons des pompes à ceux

que produit la vapeur dans les cylindres moteurs. De plus, comme les cylindres à vapeur employés jusqu'ici marchent pour ainsi dire à pleine introduction (0,85 de la course), et que la résistance des pompes varie entre des valeurs extrêmes qui correspondent aux deux bouts de course, on ne calculera que ces dernières valeurs, et la pression de la vapeur sera estimée comme si l'introduction se faisait pendant toute la course.

Les résultats obtenus, quoique n'étant pas absolument exacts, suffiront pour l'étude des diverses machines.

Pompe Claparède. — Les quatre corps de cette pompe (fig. 1), ouverts à leur partie inférieure, sont disposés de telle sorte que lorsque les pistons s_1 et s_3 sont à un bout de course, les pistons s_2 et s_4 sont à l'autre bout. La course est la même pour tous, et égale à $0^m,140$. Les diamètres des cylindres successifs sont

$$0^m,315, \quad 0^m,452, \quad 0^m,088 \quad \text{et} \quad 0^m,052;$$

ce qui donne, pour les surfaces correspondantes des pistons,

$$0^{mc},077931, \quad 0^{mc},018445, \quad 0^{mc},006082 \quad \text{et} \quad 0^{mc},002124.$$

La course étant commune, les corps sont directement proportionnels aux surfaces, et les pressions sont :

$$p_1 = 1^{atm}, \quad p_2 = 4^{atm},3, \quad p_3 = 12^{atm},8, \quad p_4 = 36^{atm},60.$$

Après un certain nombre de coups de piston, lorsque la pression à l'accumulateur dépasse $36^{atm},6$, on voit qu'à la fin de la descente du piston aspirateur, le corps v_1 est plein d'air à la pression atmosphérique ; v_2 vient de comprimer à la pression p_3 dans v_3 dont le piston est en bas, et v_4 achève de refouler dans l'accumulateur sous la pression p qu'il renferme.

La résistance totale à vaincre à la fin de la descente est

$$\begin{aligned} R_d &= 10.330 [-s_1(p_1 - p_1) + s_2(p_3 - p_1) - s_3(p_3 - p_1) + s_4(p - p_1)] = \\ &= 10.330 [(p_3 - p_1)(s_2 - s_3) + s_4(p - p_1)]. \end{aligned}$$

Inversement, à la fin de la montée du piston du corps v_1 , on obtient pour la résistance totale

$$\begin{aligned} R_m &= 10.330 [s_1(p_2 - p_1) - s_2(p_2 - p_1) + s_3(p_4 - p_1) - s_4(p_4 - p_1)] = \\ &= 10.330 [(p_2 - p_1)(s_1 - s_2) + (p_4 - p_1)(s_3 - s_4)]. \end{aligned}$$

Remplaçant les lettres par leurs valeurs, on obtient :

$$R_m = 2.039^{ks} + 1.456^{ks} = 3.495^{ks};$$

et

$$R_d = 1.471^{ks} + 2.195^{ks} p, \text{ soit } \begin{cases} 3.227^{ks} \text{ pour } p = 80^{atm}, \\ 3.666^{ks} \text{ pour } p = 100^{atm}, \\ 4.105^{ks} \text{ pour } p = 120^{atm}. \end{cases}$$

Si le corps v_1 eût été seul, la résistance à vaincre aurait été, à la fin de la descente, $R_d = 10.330 s_1 (p - p_1)$, et à la fin de la montée, $R_m = 10.330 s_1 (p - p_1)$, ce qui eût donné :

$$R_d = 0, \text{ et } R_m = 805^{ks} (p - p_1), \text{ soit } \begin{cases} 63.595^{ks} \text{ pour } p = 80^{atm}, \\ 79.695^{ks} \text{ pour } p = 100^{atm}, \\ 95.795^{ks} \text{ pour } p = 120^{atm}. \end{cases}$$

Les écarts de la résistance eussent été très considérables, tandis qu'ils sont à peine sensibles grâce à la multiplicité et aux dimensions des corps employés. L'effort maximum à vaincre dans ce dernier cas est vingt fois plus petit environ qu'avec un seul cylindre ; et la pression de la vapeur à envoyer aux cylindres moteurs n'a pas à atteindre des valeurs exagérées. Ainsi se justifie l'emploi des corps multiples.

Des valeurs de R_m et R_d , on peut déduire la pression P de la vapeur à envoyer aux cylindres, dont la surface totale sera exprimée par S , en posant :

$$10.330 PS = R_m \text{ ou } R_d, \quad \text{d'où} \quad P = \frac{R_m \text{ ou } R_d}{10.330 S}.$$

Le diamètre des deux cylindres à vapeur de la pompe qui nous occupe étant égal à $0^m,300$, leur surface totale sera

$$S' = 2 \times 0^{mc},070686 = 0^{mc},141372,$$

et correspondra à la surface

$$S = \frac{0^{mc},141372 \times 0,300}{0,140} = 0^{mc},302940,$$

ayant la même action que S' , avec la course $0^m,140$ des corps de pompe, au lieu de la course $0^m,300$ afférentes aux cylindres à vapeur.

En remplaçant R_m ou R_d et S par leurs valeurs, on obtiendra :

$$\text{Pour } \begin{cases} p = 80^{atm} & \dots & P = 1^{atm},117 \\ p = 100^{atm} & \dots & P = 1^{atm},171 \\ p = 120^{atm} & \dots & P = 1^{atm},312. \end{cases}$$

Cet exemple suffit pour montrer comment on peut opérer avec les pompes des autres systèmes.

§ 58. **Travail des pompes.** — La puissance des pompes de compression n'est estimée, lors des livraisons, que par leur débit, c'est-à-dire par le volume d'air qu'elles peuvent fournir à une certaine pression P , dans un temps donné.

Aux essais, le travail se fait sous *charges croissantes*, dans des accumulateurs que l'on remplit, et dans lesquels la pression augmente de plus en plus.

En service courant il n'en est pas de même; il arrive souvent que ces appareils fonctionnent sous *charges constantes*, lorsque l'air comprimé à une certaine pression P est distribué au fur et à mesure de sa production. Comme nous allons le voir, dans le premier cas le travail est plus faible que dans le second.

Les formules suivantes donnent le travail nécessaire pour la compression isothermique de l'air dans un réservoir de volume $V^{\text{m cub.}}$ depuis 1^{atm} jusqu'à P^{atm} .

Si T_a , T_e et T représentent le travail absolu, le travail extérieur et le travail utile, et si l indique un logarithme népérien, on a :

$$T_a = 10.330 \, V l \, P, \quad (1)$$

$$T_e = 10.330 \, V (P - 1), \quad (2)$$

$$T = T_a - T_e = 10.330 \, V P \left(lP - 1 + \frac{1}{P} \right). \quad (3)$$

On peut représenter graphiquement le travail des pompes sous *charges croissantes* et sous *charges constantes*. En effet, si nous supposons constant le volume V de l'accumulateur dans lequel les pompes refoulent l'air comprimé, on a :

$$dT_a = 10.330 \, V (lP + 1) \, dP, \quad (1')$$

$$dT_e = 10.330 \, V \, dP, \quad (2')$$

$$dT = 10.330 \, V \, lP \, dP. \quad (3')$$

Sur la fig. 9, portons en ordonnées les valeurs successivement croissantes de P à partir de 1^{atm} , et en abscisses les valeurs correspondantes $10.330 \, V (lP + 1)$. Prenons $OM = 10.330 \, V$, et menons MM_1 parallèle à l'axe des ordonnées.

Pour une valeur quelconque de P , celle qui correspond, par exemple, à l'ordonnée OO' , on a le *travail absolu*, dépensé pour comprimer l'air de 1^{atm} à P^{atm} dans le volume constant $V^{\text{m cub.}}$, qui est donné par la surface courbe $OO'N'MO$; le *travail extérieur* équivaut à la surface du rectangle $OO'M'M$; et le *travail utile* correspond à celle du triangle curviligne $MM'N'$.

Les formules (1), (2), (3) sont respectivement représentées par ces surfaces.

D'autre part, si α représente un accroissement élémentaire de la pression, lorsque celle-ci a pour valeur P^{atm} , le trapèze, ayant α pour hauteur et $O'N'$ pour l'une de ses bases, exprimera le *travail élémentaire absolu*; le rectangle qui correspond à α et à $O'M'$ donnera le *travail extérieur élémentaire*; et le trapèze différentiel ayant $M'N'$ pour l'une de ses bases, fournira le *travail élémentaire utilement dépensé*.

Supposons maintenant que la pompe continuant à marcher, la pression P reste stationnaire, à l'aide d'une distribution d'air convenable faite, soit à l'extérieur, soit à un autre récipient, et après que l'on aura fourni une quantité d'air égale à celle qu'il avait fallu pour amener le volume $V^{\text{m cub.}}$ à la pression P^{atm} . Dans cette hypothèse, le travail absolu à charge constante sera représenté par le rectangle $OO'N'N$; le travail dynamométrique extérieur correspondant sera donné par la surface $OO'M'M$; et le travail utile, par la surface du rectangle $MM'N'N$.

En d'autres termes, si T'_a , T'_e , T' désignent les travaux pour remplir, à travers un premier accumulateur, dont la pression est P^{atm} , un second accumulateur de volume $V^{\text{m cub.}}$, plein à l'origine d'air atmosphérique, on aura :

$$\begin{aligned} T'_a &= 10.330 \, V (1P + 1) (P - 1), & (1 \text{ bis}) \\ T'_e &= 10.330 \, V (P - 1), & (2 \text{ bis}) \\ T' &= T'_a - T'_e = 10.330 \, V \, 1P (P - 1). & (3 \text{ bis}) \end{aligned}$$

Il résulte de là que le travail sous pression constante est supérieur au travail sous charge constante nécessaire pour fournir la même quantité d'air.

Prenons comme exemple le travail qu'il faut pour remplir un réservoir de $1^{\text{m cub.}}$ plein d'air atmosphérique à l'origine, à des pressions de 25, 50, 75, 100, 125, 150 atmosphères, 1° sous charge croissante, 2° sous charge constante.

En opérant les calculs et en remplaçant dans les formules (3) et (3 bis) les lettres V et P par leurs valeurs, on trouve :

		Travail sous charge croissante.	Travail sous charge constante.
25 atmosphères		483.360 kgm	798 029 kgm
50	—	1.514.402	1.980.149
75	—	2.580.625	3.300.379
100	—	3.734.501	4.709.585
125	—	4.953 680	6.184.708
150	—	6.225.372	7.712.252

En pratique, on se sert des pompes pour faire le plein d'accumulateurs, dans lesquels on puise ensuite lorsqu'on veut charger les torpilles ou tous autres engins. Ce procédé est d'autant plus coûteux que la pression à l'accumulateur excède celle à procurer au récipient que l'on veut charger.

Trois exemples suffiront pour le démontrer :

1° Pour charger directement un réservoir de 1^{mcub.} à 75^{atm.}, il faut 2.580.625^{kgm} ;

2° Pour charger ce même réservoir en prenant l'air sous charge constante dans un accumulateur à 75^{atm.}, il faudrait 3.300.379^{kgm} ;

3° Pour opérer la même charge à l'aide d'un réservoir de 1^{mcub.} chargé à 149^{atm.}, que l'on mettrait en communication avec le premier, le travail à produire d'abord vaudrait 7.644.200^{kgm}. Après l'opération, il resterait dans l'accumulateur de l'air à 75^{atm.} représentant un travail de 2.580.625^{kgm}.

La différence $7.644.200^{\text{kgm}} - 2.580.625^{\text{kgm}} = 5.063.575^{\text{kgm}}$ exprime donc la dépense nécessaire en pareil cas.

Sur la fig. 9, la surface MM'N' représente le travail utile nécessaire pour remplir un accumulateur à 32^{atm.} ; la surface MM₁N₁N'M exprime le travail utile pour remplir le même accumulateur à 63^{atm.}.

En mettant ce dernier en communication avec un réservoir d'égal volume et plein d'air atmosphérique, la pression passe à 32^{atm.} pour les deux, lorsque l'équilibre est établi. M'M₁N', symétrique et égal à MM'N' représente donc le travail qu'il eût fallu pour remplir directement ce réservoir, tandis que M'M₁N₁N' donne le travail réellement dépensé dans l'hypothèse précitée. Il y a eu ainsi N'M₁N₁ de travail perdu avec ce mode de chargement.

En service courant, suivant la façon dont on distribuera l'air des accumulateurs, on dépensera donc plus ou moins de charbon à la chaudière.

Quand on remplit directement un accumulateur, le travail élémentaire, comme nous l'avons vu, varie sans cesse avec la pression et pour des accroissements égaux de cette dernière.

En maintenant les pompes à une allure constante, comme les accroissements de la pression par unité de temps sont égaux, leur travail par seconde, et par suite leur puissance, varient d'un moment à l'autre de leur fonctionnement. Il est peu utile de les exprimer; et il est préférable de s'en tenir à l'évaluation du travail en fonction de V et de P , ainsi qu'il a été déjà fait.

Sous *charge constante*, cas dont on se rapproche le plus souvent en pratique, le travail élémentaire est au contraire le même pour des accroissements égaux de pression, et conséquemment par unité de temps, lorsque l'allure est régulière. La puissance peut alors être exprimée, soit en fonction de l'accroissement de pression ΔP par seconde, et en fonction de P et de V , soit en fonction de P , v_1 et n , ces deux dernières lettres représentant le volume du cylindre d'aspiration et le nombre de tours par minute de la pompe.

D'après la formule (3') le travail par seconde étant ici

$$\Delta T = 10.330 V \text{ l P } \Delta P,$$

la puissance en chevaux de 75 kilogrammètres aura pour expression :

$$F = \frac{10.330}{75} V \text{ l P } \Delta P = 137,73 V \text{ l P } \Delta P.$$

D'un autre côté, $V \Delta P$ représente le volume qu'occuperait, dans l'atmosphère, l'air envoyé par seconde dans l'accumulateur, et $\frac{v_1 n}{60}$ exprime le volume égal d'air puisé par la pompe dans l'atmosphère durant le même temps.

On a donc $V \Delta P = \frac{v_1 n}{60}$, et par suite

$$F = \frac{10.330}{60 \times 75} v_1 n \text{ l P} = 2,2955 v_1 n \text{ l P}.$$

Pour les types de pompes qui ont été décrits, la puissance en chevaux de 75^{kgm} prend ainsi les valeurs suivantes, dans lesquelles les logarithmes de P sont du système décimal :

$F = 0,03767 \, n \log P$	pour la pompe Claparède;
$F = 0,02670 \, n \log P$	— Brotherood, grand modèle;
$F = 0,04041 \, n \log P$	— Brotherood, à cylindre auxiliaire;
$F = 0,01491 \, n \log P$	— Brotherood, petit modèle;
$F = 0,02934 \, n \log P$	— Brotherood, à trois cylindres indépendants;
$F = 0,01936 \, n \log P$	— Brotherood, à deux cylindres indépendants;
$F = 0,02815 \, n \log P$	— Thirion, à trois cylindres;
$F = 0,01877 \, n \log P$	— Thirion, à deux cylindres;
$F = 0,06912 \, n \log P$	— Mékarski.

§ 59. **Puissance de la chaudière.** — Il résulte d'observations et d'expériences assez nombreuses que les pompes des divers types dépensent, quand elles sont en bon état, de 6^{kg} à 7^{kg} de charbon de bonne qualité, par heure et par cheval *utilement employé*, avec les chaudières auxiliaires en usage dans la Marine. Ces chaudières doivent donc être assez puissantes pour brûler, sans perte, un minimum de charbon par heure de

$$Q = 7 F.$$

Lorsque la circulation d'eau pour refroidir l'air refoulé est assurée par un pulsomètre ou par une machine auxiliaire alimentant un réservoir, il faut ajouter à la dépense précédente celle que nécessite cette dernière machine.

Dans les colonnes 10 et 11 du tableau final, on trouvera les quantités minima que les chaudières doivent brûler, pour que les pompes puissent réaliser les conditions du marché.

Enfin, il est à remarquer que, par leur nature, les pompes de compression pourraient faire un travail plus considérable, pourvu que la chaudière fût capable de leur fournir la vapeur nécessaire.

§ 60. **Défauts inhérents aux pompes.** — La compression de l'air donne toujours lieu à une production de chaleur que l'on absorbe en partie seulement par une circulation d'eau froide. Il y a donc là consommation de travail; et dans l'établissement d'une pompe, on doit prévoir de ce chef une augmentation de puissance de la machine.

Les espaces neutres produisent aussi un excès de résistance. Cet effet est combattu en partie par l'eau et l'huile d'injection qui combtent une portion de ces espaces lorsque les pistons arrivent à bout de course.

Les pompes sont toutes sujettes à des fuites plus ou moins considérables qui augmentent avec la pression, et qui proviennent soit des garnitures, soit des soupapes.

Quand l'air s'échappe à l'extérieur, le débit diminue, et la perte de travail est plus ou moins grande suivant le rang occupé par le cylindre. Dans ce cas, la charge décroît, et les pompes n'exigent pas une plus forte pression de vapeur.

Au contraire, quand l'air peut revenir d'une chambre de compression à la précédente par des fuites intérieures, le débit reste le même, mais la charge et le travail à produire augmentent inutilement. Car, dans ce cas, les deux pompes entre lesquelles se produit la fuite doivent comprimer non seulement la quantité d'air commune aux différentes pompes, mais encore celle qui revient en arrière.

Les divers types de pompes ne sont pas également exposés à ces deux effets. Ainsi, la pompe Claparède donne facilement lieu à des fuites extérieures; et les autres pompes sont toutes exposées à des fuites intérieures. Il est à remarquer que la surcharge et l'excès de travail dont nous venons de parler sont atténués dans la pompe Mékarski par les réservoirs intermédiaires.

Aux effets que nous signalons, il faut ajouter les frottements des garnitures de cuir ou de gaïac et l'effort nécessaire pour vaincre la tension des ressorts des soupapes qui absorbent une notable proportion du travail moteur.

Malgré les volants, les variations de résistance ne peuvent être complètement détruites; la marche est donc irrégulière, et il se produit des chocs qui fatiguent les pièces et consomment du travail.

Toutes ces causes modifient le régime théorique des pompes, et occasionnent les différences que l'on peut remarquer entre les résultats des calculs et ceux que fournissent les tableaux suivants qui proviennent de nombreuses expériences.

§ 61. — Renseignements numériques sur les pompes de compression en usage dans la Marine.

DÉSIGNATION DES POMPES	DÉBIT PAR HEURE exigé d'après les conditions du marché	NOMBRE de tours par minute correspondant à ce débit		VALEURS extrêmes de la résistance (§ 57) en comprimant à 120 atmosph.	PRESSION minimum de la vapeur aux chaudières pour comprimer à 120 atmosph.	AU DÉBIT convenu DU MARCHÉ, Poissance en chevaux de 75 kgm développée en comprimant sous charge constante à	AU DÉBIT convenu DU MARCHÉ, Depense de charbon de bonne qualité par heure pour comprimer sous charge constante à
		avec un rendement égal à 1	avec un rendement égal à 0,30				
		(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1)	(2)	tours	tours	kil. kil.	atm.	ch.	kg.
Pompe Claparède.	750 ^{mm} à 100 ^{mm} ou 600 ^{mm} à 120 ^{mm}	115	128	3.495 à 4.105	1,31	2,00	43,2
Pompe Brotherhood, grand modèle	750 ^{mm} à 100 ^{mm} ou 600 ^{mm} à 120 ^{mm}	248	275	1.023 à 1.601	0,94	2,25	43,2
— à cylindre auxiliaire.	Même débit que précédemment; peut fournir un tiers en plus.	164	182	1.338 à 1.823	1,07	3,00	43,2
— petit modèle	375 ^{mm} à 400 ^{mm}	220	245	535 à 941	1,20	2,25	6,6
— à 2 cylindres indépendants.	500 ^{mm} à 100 ^{mm}	225	250	2.064 à 2.596	3,1	4,00	8,8
— à 3 cylindres indépendants.	750 ^{mm} à 100 ^{mm}	225	250	3.066 à 3.894	3,1	4,00	13,2
Pompe Thirion, à 2 cylindres	500 ^{mm} à 400 ^{mm}	234	260	846 à 3.630	5,6	6,00	8,8
— à 3 cylindres	750 ^{mm} à 400 ^{mm}	234	260	1.269 à 5.445	5,6	6,00	13,2
Pompe Mèkarski.	1200 ^{mm} à 400 ^{mm}	154	172	1.700 à 2.800	2,9	3,25	21,1
							448

T. II, 1^{RE} P^{IE}. — CHAPITRE IIIDIFFÉRENTS TYPES DE TORPILLES AUTOMOBILES
EMPLOYÉES A L'ÉTRANGER.

Pour terminer la partie de cet ouvrage qui est relative aux torpilles, il nous reste à signaler certaines dispositions récemment imaginées à l'étranger.

TORPILLES HAVEL, BERDAN ET PAULSON

§ 62. **Torpille Hawell.** — Cette torpille se maintient à une profondeur constante à l'aide d'un mécanisme en tout semblable à celui des torpilles Whitehead : un gouvernail horizontal commandé directement par un piston hydrostatique et un pendule.

Le moteur est une grande roue constituant un lourd volant, qui, avant le lancement, reçoit d'un moteur étranger un très fort mouvement de rotation.

§ 63. **Torpille Berdan.** — Dans cet engin, qui est fabriqué en Angleterre, le propulseur est une turbine actionnée par les gaz que produit la combustion d'une fusée. Deux de ces torpilles accouplées permettent, paraît-il, à l'une d'elles de passer au-dessous des filets préservateurs et d'atteindre le navire ennemi. Le gouvernement anglais prend toutes les précautions possibles pour assurer le secret de la construction de cette torpille. Les pièces en sont faites dans des villes différentes.

§ 64. **Torpille Paulson.** — Cette torpille a sa marche dirigée par des électro-aimants. La force motrice est fournie par des gaz dégagés chimiquement de matières qu'elle porte en approvisionnement. Le lancement est produit par l'explosion d'une charge de coton-poudre d'une espèce particulière, qui aurait une force double de celle du coton-poudre ordinaire et présenterait la même sécurité.

M. Paulson a voulu tenir secrets les moyens qu'il emploie pour produire la force motrice. Voici comment il règle la marche de sa torpille :

Deux batteries ont chacune un de leurs pôles en communication avec les bobines de deux séries d'électro-aimants, qui sont eux-mêmes reliés à deux broches métalliques fixées sur un disque de matière isolante. Les deux autres pôles des batteries sont en communication avec une aiguille magnétique balancée d'une construction spéciale.

Les broches métalliques sont placées de l'un et de l'autre côté de l'aiguille; et la course de la torpille étant ainsi réglée, elle est lancée et livrée à elle-même. Toute déviation de la direction qui lui a été assignée détermine un mouvement relatif de l'aiguille, qui touche alors l'une ou l'autre broche, établissant ainsi le circuit par la bobine de l'un ou de l'autre des deux aimants. Une armature appliquée au gouvernail est attirée, et par ce moyen la torpille reprend sa direction première. La profondeur d'immersion est réglée et maintenue aussi par une aiguille balancée verticale.

Une autre qualité de cette torpille, c'est qu'elle peut être attirée vers un bâtiment en fer, en dehors de sa direction primitive, par une autre aiguille balancée.

La torpille est construite avec une sorte de papier d'une nature rigide et fibreuse; on peut la lancer soit du rivage, soit d'un bateau.

M. Paulson affirme qu'un engin de cette nature ayant 16 pieds (4^m,87) de long et 14 pouces (35^{cm}) de diamètre ne doit pas coûter plus de 3.750 francs.

TORPILLE AMÉRICAINE HAIGH ET WOOD, ANCIENNE TORPILLE LAY
PERFECTIONNÉE PAR PATRICK

§ 65. **Disposition générale.** — Cette torpille est mise en mouvement par l'acide carbonique liquide; elle est constamment reliée à la terre par un conducteur électrique qui permet de la diriger. Le courant envoyé du poste d'observation sert à manœuvrer le gouvernail; il est employé encore à produire la mise en marche et le stoppage de la machine motrice et enfin à provoquer l'explosion de la charge.

La torpille est représentée Planche X, tome II. Elle a la forme d'un bateau-cigare (fig. 1 et 2), long de 12^m,45, et présentant à son fort un diamètre de 0^m,559.

Elle est maintenue à l'immersion moyenne d'environ 1^m par un flotteur, également en forme de cigare, rendu insubmersible à l'aide d'un bourrage de noir de fumée, et relié au corps de la torpille par deux bras rigides, auxquels sont fixés les pavillons ou fanaux de direction de l'engin.

La maîtresse section du flotteur est sur l'arrière de celle de la torpille, de façon à faire déborder le flotteur de 2^m environ au delà de l'hélice, et à combattre ainsi la tendance de la torpille à lever le nez en marche. Le flotteur a 0^m,308 de diamètre au fort.

Quand la torpille est en charge, le flotteur est à moitié plongé. Dans ces conditions, le déplacement total est de 1.888^{kg}, et la surface totale immergée de 0^mc,3197.

Les coques de la torpille et du flotteur sont en cuivre.

La torpille est sectionnée en cinq tronçons réunis par des épaulements vissés. Les tronçons principaux sont eux-mêmes subdivisés par des cloisons en compartiments. Voici la légende des tronçons indiqués sur la fig. 2 :

- N° 1, A chambre de charge.
- N° 2, B chambre contenant la pile de mise de feu, le verrou de sûreté, la valve de la machine et son servo-moteur.
- N° 3, C₁ chambre du premier réchauffeur-avant.
- N° 4, C₂ chambre du deuxième réchauffeur-avant.
- N° 5, D chambre du réservoir à acide carbonique.
- N° 6, E chambre du réchauffeur-arrière.
- N° 7, F chambre du câble.
- N° 8, 9, G chambre de la machine motrice.
- N° 10, H chambre de la barre et de son servo-moteur.

Les figures 3 à 8 de la Planche représentent en détail et à grande échelle les organes des divers compartiments ; nous ne les décrirons pas tous *in extenso* ; nous n'insisterons que sur ceux qui présentent quelque particularité intéressante.

Le propulseur est constitué par une seule hélice à deux ailes.

Sur l'avant de cette hélice et au-dessus de la torpille se trouve le gouvernail.

La force motrice est fournie par de l'acide carbonique liquide emmagasiné dans un réservoir.

§ 66. **Réservoir pour l'acide carbonique** (fig. 2, 3, 4, 5). — Ce réservoir renferme 204^{kg} d'acide carbonique, dont 136^{kg} liquide, et le reste à l'état gazeux dans la partie supérieure.

Le corps du réservoir est en fer forgé et formé d'un cylindre de 12^{mm} d'épaisseur avec des calottes de 19^{mm} d'épaisseur.

Il est essayé à 126^{atm}, et fonctionne aux environs de 57^{atm}.

Il est nécessaire que le réservoir puisse être facilement maniable ; car, pour le charger d'acide carbonique liquide, il faut le placer dans un bain de glace. Sur la calotte arrière du réservoir il y a deux robinets : l'un pourvu d'un tuyau plongeur descendant jusqu'au fond du réservoir ; lorsqu'il est ouvert, il laisse arriver l'acide carbonique liquide jusqu'au tiroir ou soupape de mise en marche de la machine motrice. L'autre robinet prend l'acide carbonique gazeux pour l'envoyer au régulateur de pression commun au servo-moteur de la machine motrice et à celui du gouvernail, sans que cet acide carbonique traverse le réchauffeur.

Ces deux robinets doivent être ouverts à la main un peu avant le lancement de la torpille.

§ 67. **Compartiment du réchauffeur** (fig. 2 et 6). — Le réchauffeur a pour but de faire passer l'acide carbonique liquide à l'état gazeux en le maintenant à une pression constante. L'élévation de température nécessaire est produite par un mélange d'acide sulfurique et de chaux vive. Le réchauffeur est composé d'un cylindre en cuivre rouge avec fond soudé et couvercle faisant un joint hermétique. Il ne communique qu'avec le mât de pavillon arrière du flotteur, qui lui sert de cheminée pour le dégagement des gaz provenant de la combinaison de l'acide

et de la chaux. Ce cylindre renferme à la partie inférieure un serpentín S où circule l'acide carbonique. En haut est disposée une cuillère P destinée à opérer le mélange des deux agents chimiques. Cette cuillère, de forme demi-cylindrique, est montée sur un axe pourvu à l'extrémité avant d'un pignon qui engrène avec une vis sans fin traversant la torpille transversalement. La vis se manœuvre de l'extérieur à l'aide d'une clef mobile.

Le serpentín est formé d'une série de tubes droits dont les extrémités sont raccordées à l'aide de petits coudes ayant la forme d'un U, de manière à former un conduit unique qui commence à la soupape de mise en marche, et qui se termine à la boîte à tiroir du Brotherhood actionnant l'hélice de la torpille.

La cuillère est destinée à recevoir 4^{kg} de chaux vive concassée en menus morceaux. Afin que les vapeurs d'acide sulfurique n'agissent pas sur la chaux, on couvre la cuillère avec une bande de caoutchouc, que l'on colle avec soin sur tout le pourtour. Après cette opération, on introduit la cuillère dans le cylindre, et l'on fait le joint du couvercle du réchauffeur. Un bouchon placé à la partie supérieure du cylindre réchauffeur permet d'introduire dans ce dernier 17^{lit} d'eau douce et 24^{kg},180 d'acide sulfurique. Tant que la cuillère reste dans la position où elle a été montée, le réchauffeur ne fonctionne pas. Lorsque l'opérateur veut le mettre en action, il lui suffit de faire exécuter à la cuillère une demi-révolution, en tournant une vis sans fin de commande; le mouvement de rotation donné à la cuillère arrache la bande de caoutchouc, et la chaux tombe dans l'acide sulfurique. Pour produire cet arrachement, on glisse sous un des bords de la toile en caoutchouc une tringle en fer suspendue au cylindre-enveloppe du réchauffeur par de petites chaînes. Quand la vis sans fin entraîne la cuillère, la tringle reste fixe et retient la toile en caoutchouc. Deux minutes après, le réchauffeur est en action à la température de 300° Fahrenheit ou 148°,9 centigrades.

L'opérateur est sûr que le réchauffeur fonctionne lorsqu'il voit une légère fumée sortir par le mât de pavillon servant de cheminée. L'acide carbonique liquide du réservoir ne peut pénétrer dans le serpentín que lorsque le servo-moteur de la machine motrice lui a ouvert la voie; il passe alors à l'état gazeux, et se rend directement dans la boîte à tiroir de la machine motrice. Cette machine n'a pas de régulateur de pression.

§ 68. **Chambre du câble** (fig. 2 et 7). — Le câble forme bobine et est enroulé comme celui des pelotes de fil à coudre. Il peut être à un ou à deux conducteurs. Lorsqu'il est à un seul conducteur, sa longueur est de 1.626^m. Quand il est à deux conducteurs, sa longueur n'est plus que de 813^m. Il se déroule en dedans de la bobine à la plus légère pression exercée sur le bout.

L'extrémité extérieure du câble se fixe au commutateur placé dans la torpille, l'autre extrémité sort de la torpille par l'intérieur de l'arbre porte-hélice pour aller se fixer au manipulateur du poste de manœuvre. Là il se relie avec une pile au bichromate de potasse de 50 éléments. Des trous percés sur la carcasse de la torpille font communiquer l'intérieur de cette chambre avec la mer, de sorte que l'eau prend la place du fil, à mesure que celui-ci se déroule.

§ 69. **Compartiment de l'appareil électrique** (fig. 2 et 8). — Ce compartiment renferme :

- 1° Un commutateur et un électro-aimant manœuvrant le servo moteur de la machine motrice ;
- 2° Un commutateur pour l'électro-aimant du gouvernail ;
- 3° Le servo-moteur de la machine motrice ;
- 4° Le tiroir ou soupape de mise en marche de la machine motrice ;
- 5° Le régulateur de pression dudit servo-moteur.

Lorsque la torpille est à la mer, avec ses réchauffeurs en action et les robinets du réservoir à acide carbonique ouverts, on peut, au moyen d'une transmission électrique, mettre la machine Brotherhood en marche ou la stopper, et pousser le gouvernail à tribord ou à bâbord.

La valve qui introduit le gaz dans le Brotherhood et le mécanisme de mise en mouvement du gouvernail, sont commandés chacun par une machine auxiliaire distincte ; et c'est le tiroir de chacune de ces machines qui est actionné directement par les organes électriques. Chaque tiroir est relié à une machine magnéto-électrique ; ces deux machines magnétos sont semblables. Elles se composent chacune de deux bobines de fil isolé N, M ; et dans chaque bobine plonge un cylindre de fer doux. Les cylindres sont suspendus aux extrémités d'un fléau *f* pouvant pivoter autour de son milieu comme un

fléau de balance. Au repos, le fléau est horizontal; si l'on fait passer un premier courant dans une des bobines seulement, le piston de fer doux de cette bobine descend tant que le courant passe, et le fléau s'incline. Si l'on interrompt le premier courant pour en envoyer un second dans l'autre bobine, le fléau s'incline en sens inverse. C'est ce mouvement du fléau qui commande celui du tiroir auquel il est relié. On voit donc qu'il suffit d'envoyer le courant dans l'une ou l'autre bobine; pour cela on se sert d'un distributeur de courant ou *relai*. Chacune des paires de magnétos a son relai qui est porté par la torpille.

Le relai, représenté théoriquement fig. 8, vue 2, se compose de deux paires d'électro-aimants X, Y, dont les noyaux se font face; le sens de l'enroulement est tel que pour un courant de sens quelconque les électros X, X présentent des pôles de noms contraires à ceux des électros Y, Y; un morceau d'acier *m* fortement aimanté placé entre les deux paires d'électros et supporté par un petit ressort sera donc attiré d'un côté et repoussé de l'autre. Si on change le sens du courant passant dans les électros. Le sens de l'attraction et de la répulsion est modifié. La pièce d'acier aimanté peut donc être attirée à droite ou à gauche, suivant le sens du courant envoyé; son mouvement est limité par deux butoirs métalliques *p*, *q*. Au repos, lorsqu'aucun courant ne passe, la pièce d'acier aimanté, sous l'action du ressort, est en contact avec le butoir *p* de gauche. Les électros et la pièce d'acier sont portés par un rectangle d'ébonite aux coins duquel se trouvent quatre bornes. La borne 1 reçoit le fil de ligne qui s'enroule en sens convenable autour des quatre électro-aimants, et va ensuite à la borne 2. De là partent deux fils, l'un qui se rend au butoir de gauche *p*, l'autre qui se relie à la borne 5 d'entrée du magnéto M. La borne 6 de sortie de ce magnéto communique avec 3, qui envoie un fil à la pièce d'acier mobile *m*. De 6 part un autre fil allant à la borne 7 d'entrée du magnéto N; la borne de sortie 8 se relie au moyen de 4 avec la terre par le métal de la torpille; 4 communique aussi avec le butoir de droite *q*.

§ 70. **Manœuvre par l'opérateur du rivage.** — Examinons ce qui se passe lorsqu'on envoie un courant par le fil de ligne. Supposons que ce soit un courant négatif. A partir de

la borne 1 (fig. 8, vue 2), le courant va faire le tour des électros X, Y. Pour le courant négatif l'enroulement de ceux-ci est tel que la pièce d'acier m est attirée de façon à appuyer sur le butoir de gauche p , contre lequel son ressort la presse déjà. En sortant des électros, le courant arrive à la borne 2. Là, il trouve deux chemins : le premier passe par la borne 2, le butoir de gauche p ; de là il se rend à la borne 3 par la pièce d'acier aimanté m , puis il traverse les bornes 6, 7 et le magnéto N ; enfin, il gagne les bornes 8, 4 et la terre. Comme le pôle positif de la pile est à la terre, le courant peut se fermer, et son passage à travers le magnéto N fait plonger le piston correspondant. Voyons toutefois si le second chemin que le courant a rencontré à partir de la borne 2 ne peut pas contre-balancer l'action du magnéto N. De la borne 2, le courant peut aussi aller à la borne 5 pour entrer dans le magnéto M ; mais le premier chemin du courant l'a déjà ramené à la borne 6 ; et il se trouve ainsi aux deux bornes extrêmes du magnéto M ; celui-ci ne sera donc pas influencé, et le magnéto N agira seul.

Si maintenant on lance dans la ligne un courant positif, il arrive à la borne 1, passe à travers les électros, arrive à la borne 2, et suit le chemin que nous venons d'indiquer pour le courant négatif ; mais aussitôt que le courant a passé, et avant que le magnéto N ait eu le temps de faire plonger son cylindre de fer doux, la pièce mobile en acier m est repoussée du butoir de gauche p et attirée vers celui de droite q , contre lequel elle vient s'appliquer. Le courant est rompu au butoir de gauche ; il n'a plus à partir de la borne 2 qu'un chemin allant de 2 à 5, traversant le magnéto M, et se rendant à la borne 6. Là, il trouve deux voies pour aller à la terre, l'une, sans résistance, allant de 6 à 3, traversant la pièce d'acier aimanté m et le butoir de droite q , et par la borne 4 se rendant à la terre. L'autre chemin va de 6 à 7, traverse le magnéto N, gagne les bornes 8, 4 et la terre. Le courant prendra donc les deux routes, et passera à travers les deux magnétos ; mais le premier circuit offre peu de résistance, et presque tout le courant s'y portera. Le second présente une grande résistance (70 ohms) ; il n'y passera donc qu'une faible partie du courant. Le magnéto M sera dès lors actionné beaucoup plus énergiquement que N, et le fléau s'inclinera de son côté. Il faut admettre naturellement que le pôle négatif de la pile était à la

terre pendant que l'on mettait le positif en communication avec la ligne.

En résumé, avec un courant négatif lancé dans la ligne, le magnéto N est actionné, le fléau s'incline de son côté; avec un courant positif, c'est le magnéto M qui fonctionne. Pour envoyer à volonté dans la ligne un courant positif ou négatif, on se sert d'un commutateur ou *keyboard* placé à terre.

Ce commutateur se compose d'un cylindre d'ébonite portant sur sa surface deux lames de cuivre isolées l'une de l'autre. Ces lames, par la rotation du cylindre, peuvent être mises en communication avec deux frotteurs en cuivre. Ceux-ci communiquent l'un avec la terre, l'autre avec la ligne; le pôle positif de la pile est relié avec une des lames du cylindre, le pôle négatif avec l'autre lame. Dans une position du cylindre, la lame du pôle positif est à la ligne et la lame du pôle négatif est à la terre; en faisant tourner le cylindre de 90°, la lame positive se relie à la terre et la lame négative à la ligne. Dans la position intermédiaire, les lames du cylindre ne touchent pas les frotteurs.

Pour commander le Brotherood, il suffit de lancer le courant convenable pour ouvrir la valve, et de supprimer ensuite le courant; la valve reste ouverte, à moins qu'on ne lance dans son relai un courant contraire qui la ferme.

Pour le gouvernail, on lance le courant convenable tout le temps qu'on veut laisser la barre du même bord; quand on supprime le courant, un ressort énergique redresse la barre.

Transmission par fil unique. — La transmission peut s'opérer avec un seul fil. Dans ce cas, les magnétos restent tels que nous les avons décrits; il n'y a que les relais et le keyboard à changer.

Dans la torpille un seul relai sert pour la valve et pour le gouvernail; il permet même encore de mettre en feu, soit à volonté soit sous l'action d'un choc exercé sur le piston de l'inflammeur.

Pour expliquer théoriquement le fonctionnement de ce relai, imaginons un télégraphe à cadran placé dans la torpille. Cet appareil n'aura que cinq lettres; en face de chacune sera un contact communiquant avec l'aiguille indicatrice du cadran lorsque celle-ci se trouvera en face. Des cinq contacts partiront des fils : quatre allant aux magnétos, et le cinquième à l'inflamma-

teur. A terre, on aura un télégraphe à cadran pareil ; on fera mouvoir ces deux appareils avec dix couples, dont le courant ne pourra commander que le mouvement du cadran, et sera trop faible pour faire agir les magnétos ou mettre en feu.

Lorsque le relai se trouvera au contact voulu, on lancera un courant plus énergique ; et alors le magnéto correspondant fonctionnera, ou l'amorce partira.

En réalité, ce n'est pas un télégraphe à cadran qui est employé ; et voici quelle est la disposition adoptée : à terre est un commutateur composé essentiellement d'une roue dentée, soumise à l'action d'un ressort qu'on bande à l'aide d'un levier à rochet. Lorsqu'on presse un bouton déterminé, la roue tourne de façon qu'un nombre déterminé de dents viennent passer contre un frotteur. Un courant de dix couples est ainsi envoyé dans le relai autant de fois qu'il a passé de dents. Sous l'action de chacun de ces courants de peu de durée une armature du relai est attirée. Cette armature éprouve donc autant de mouvements qu'il passe de dents contre le frotteur dans le keyboard. Elle laisse échapper, à chaque mouvement, une dent d'une roue actionnée par un ressort, de sorte qu'à chaque position de la roue du keyboard correspond une position déterminée de la roue du relai. Celle-ci se trouve en face d'un contact correspondant à un magnéto déterminé ; il suffit ensuite de placer quarante couples de plus dans le circuit pour faire agir le magnéto.

§ 71. **Mise de feu.** — Pour mettre en feu *à volonté*, on lance un courant de soixante couples. Lorsqu'on a préalablement mis le relai en bonne position, le courant de soixante couples est assez énergique pour enflammer l'amorce à travers une résistance considérable intercalée, résistance telle qu'un courant plus faible ne peut enflammer l'amorce.

Pour le feu *au choc*, on lance un courant trop faible pour vaincre ladite résistance. Sous l'action du choc, le piston de l'inflammateur vient faire un pont électrique ; le courant n'a plus besoin de passer à travers la bobine de résistance, et l'amorce s'enflamme. Cette disposition est représentée théoriquement fig. 8, vue 3.

Les positions de la roue du keyboard sont commandées par des boutons qui laissent échapper chacun un certain nombre de

dents; un bouton spécial permet de lancer ensuite le courant énergétique qui fait agir les magnétos. Enfin, un petit commutateur envoie dans le circuit de l'inflamateur un courant faible ou fort, suivant qu'on veut faire feu à volonté ou par le choc. On peut, en pressant un bouton spécial, faire exécuter deux tours à la roue du keyboard, laquelle s'arrête à une position déterminée ainsi que celle du relai. Ce bouton sert à accorder le keyboard et le relai.

Ces deux appareils, tels qu'ils sont disposés pour un fil, sont plus simples au point de vue électrique que ceux pour deux fils. Leur fonctionnement paraît certain; mais ils offrent l'inconvénient de ne pas actionner instantanément les magnétos. Il faut, en effet, attendre, avant de lancer le courant énergétique, que les roues aient tourné de la quantité voulue. Pour la manœuvre du gouvernail cela peut avoir des inconvénients; néanmoins comme l'intervalle entre le commandement et l'exécution est restreint, trois ou quatre secondes au plus, on peut s'en servir avec succès; et ce système offre l'avantage d'avoir, sous le même volume, un câble dont la longueur est double de celle du câble à deux fils, avantage précieux dans certains cas.

§ 72. **Servo-moteur de la machine motrice** (fig. 8, vue 1, et fig. 9). — Ce servo-moteur comporte : 1° un cylindre O, dont la tige de piston T ouvre ou ferme la valve *m* de prise d'acide carbonique liquide; 2° un tiroir *t* mû par les électro-aimants N, M. Le fléau *f* actionné par les armatures, ayant un mouvement de bascule, déplace un levier droit, en le faisant osciller autour de son axe; le levier droit donne le mouvement à un levier coudé qui agit directement sur la tige *a* du tiroir, et pousse cet organe à l'un de ses bouts de course. Le gaz pénètre alors dans le cylindre O, et pousse le piston V à son point mort. Comme la valve *m* de mise en marche est fixée sur la tige T du piston, il en résulte qu'elle se meut en même temps que lui; elle est fermée lorsque le piston est à son point mort haut; elle est ouverte en grand quand le piston est à son point mort bas.

Supposons que le courant électrique arrive à un premier électro-aimant; l'armature correspondante sera attirée; et, en raison du mouvement communiqué aux leviers, le tiroir marchera de gauche à droite. L'orifice du haut étant ouvert, le gaz pénétrera

•

dans le cylindre *O*, et poussera le piston *V* à son point mort bas. Dans cette position, la valve *m* sera ouverte en grand. L'acide carbonique liquide pourra pénétrer dans le réchauffeur, passer à l'état gazeux, parcourir le serpentin, et arriver dans la boîte à tiroir du Brotherood qui se mettra aussitôt en marche.

Si l'opérateur veut stopper la machine, il dirige le courant électrique dans un second électro-aimant. L'armature est attirée; les leviers fonctionnent en sens contraire, et le tiroir *t* ouvre le bas vapeur; le gaz pénétrant dans le cylindre *O* vers le bas, pousse le piston *V* à son point mort haut, et, par suite, ferme la valve *m*. Le gaz n'arrivant plus dans le serpentin la machine stoppe.

Le tiroir *t* de ce servo-moteur offre une disposition très ingénieuse, qui permet de le manœuvrer avec un faible effort, quoiqu'il soit soumis à une pression considérable. Cet organe est fait de telle manière qu'il remplit toute la hauteur de sa boîte. Les orifices du tiroir, ainsi que ceux du cylindre, n'ont qu'un millimètre de diamètre; il en est de même de l'extrémité du tuyau d'arrivée. De la sorte la partie du dos du tiroir qui supporte la pression du gaz est réduite à sa plus simple étendue. Une gorge existe sur toute la largeur du tiroir; elle sert à l'évacuation du gaz, laquelle s'effectue dans le corps de la torpille par cinq trous d'un millimètre de diamètre, percés sur la face verticale de la boîte à tiroir. Afin que l'évacuation du gaz du cylindre puisse s'effectuer rapidement, les orifices sont au nombre de trois pour chaque extrémité de ce récipient.

La valve ou soupape de mise en marche (fig. 9, vue 2), placée sur le conduit de gaz allant du réservoir au serpentin, n'offre rien de particulier dans sa disposition. C'est une plaque pleine ou barrette, qui, en glissant, découvre ou ferme un orifice rond communiquant avec le serpentin.

§ 73. **Régulateur de pression** (fig. 4). — Ce régulateur est placé sur le tuyau de prise de gaz acide carbonique qui va directement du réservoir aux servo-moteurs. Il est commun aux deux servo-moteurs.

Il se compose d'un cylindre en bronze *h*, pourvu de deux fonds *r*, *r'*, qui lui sont vissés. Chaque fond porte une tubulure : l'une

sert à l'arrivée du gaz, l'autre à l'écoulement sous pression constante.

Ce premier cylindre en renferme un second *i*, venu de fonte avec lui. Dans celui-ci se trouve un piston *d*, dont la tige porte, à son extrémité, un clapet en cuir *n*. Un ressort à boudin maintient le piston au bas de sa course; il est calculé de manière à fléchir lorsque le gaz du premier cylindre est à la pression du réservoir à acide carbonique. Le gaz, arrivant par un orifice, remplit tout l'espace vide, et vient agir sur le piston de ce cylindre, lequel piston se déplace à mesure que la pression augmente, jusqu'à ce que le clapet en cuir *n* ferme l'orifice ci-dessus.

S'il y a dépense du gaz au régulateur, la pression diminue; le ressort réagit, entraîne le piston, et, par suite, ouvre le clapet en cuir, jusqu'à ce que la pression soit de nouveau assez forte pour comprimer le ressort et refermer le clapet.

§ 74. **Compartment de la machine motrice** (Pl. XI, tome II, fig. 1). — Le moteur est un Brotherood à transmission par engrenages. La roue clavetée sur l'arbre de la machine a 38 dents, le pignon fixé à l'arbre porte-hélice en a 19, ce qui donne un rapport de $\frac{2}{1}$.

L'évacuation du gaz qui a servi à actionner les pistons se fait directement à la mer par un conduit. Cette disposition présente un avantage et deux inconvénients.

L'avantage est que le gaz qui a servi à la propulsion, s'échappant en sens contraire de la marche, exerce une pression sur l'eau qui tend à faire avancer la torpille.

De leur côté, les inconvénients sont les suivants :

1° Le bossage qui forme le conduit d'échappement étant en saillie d'environ 35 millimètres, produit une perte de vitesse; car les filets d'eau qui glissent sur la torpille rencontrent là un obstacle.

2° L'écoulement du gaz à la partie inférieure de la torpille et sur l'avant de l'hélice, met l'eau en mouvement; et l'hélice doit perdre une partie de son rendement.

L'arbre porte-hélice est creux et dépasse l'hélice de 20 centimètres; il sert de conduit de sortie au fil conducteur de l'électricité; les 0^m,200 de tube qui dépassent l'hélice sont nécessaires pour empêcher le fil de s'engager dans le propulseur.

Nous n'entrerons pas plus amplement dans la description de la machine que le simple examen des dessins explique suffisamment.

§ 75. **Compartiment de la barre** (fig. 2). — Ce compartiment renferme :

- 1° Un électro-aimant EE' servant à manœuvrer le tiroir du servo-moteur de la barre ;
- 2° Le servo-moteur S de la barre du gouvernail ;
- 3° La barre B du gouvernail.

La disposition de l'électro-aimant et du servo-moteur de la barre du gouvernail est identique à celle qui a été décrite pour la machine motrice.

La tige de piston u est attelée à une bielle e à l'aide d'une articulation ; l'autre extrémité de la bielle est articulée avec la barre B , qui est clavetée sur la mèche en fer du gouvernail. Un ressort R (vue 3) sert à rappeler et à maintenir la barre du gouvernail dans sa position moyenne.

Dans cette position de la barre, le piston Q du servo-moteur est à mi-course. Quand l'un des électro-aimants attire l'armature, le tiroir marche vers le haut-vapeur, le piston arrive à bout de course du côté du haut-vapeur, et le gouvernail est bâbord tout. Si l'autre électro-aimant attire son armature, le tiroir et le piston viennent au point mort bas, et la barre est tribord toute.

Lorsque le piston du servo-moteur est à mi-course, le safran du gouvernail fait à tribord un angle de déviation de 3° avec le plan longitudinal de la torpille ; cette disposition a été adoptée pour corriger la déviation produite par l'hélice. L'angle de barre tribord est de 27° ; à bâbord il est de $26^\circ 1/2$.

La tige de piston de ce servo-moteur peut être allongée ou raccourcie, de manière à faire varier l'angle de déviation. Cette disposition a été prise par l'inventeur pour qu'il lui fût possible d'essayer des hélices de différentes formes.

§ 76. **Appareil servant à faire l'acide carbonique** (fig. 3). — Cet appareil se compose de deux cylindres en fonte D , D indépendants l'un de l'autre. Ils peuvent servir ensemble ou séparément.

Chaque cylindre porte dans l'intérieur une roue à palettes que l'on tourne à la main à l'aide d'un volant C. Chaque cylindre est surmonté d'un godet sphérique G, muni d'une soupape que l'on peut ouvrir ou fermer avec un volant H. Un filtre K est commun aux deux cylindres ; il est divisé en deux compartiments par une cloison verticale partant du haut et s'arrêtant à quelques centimètres du fond ; ce filtre est plein de pierre ponce concassée.

Un tuyau *ab* fait communiquer le cylindre D et le godet G avec le premier compartiment du filtre.

Un tuyau *i*, branché sur le deuxième compartiment du filtre, conduit l'acide carbonique au réservoir R de la torpille. Afin de pouvoir liquéfier l'acide carbonique, ce réservoir est placé dans une caisse O, que l'on remplit de glace pilée mélangée de sel gemme ; pendant que l'on charge le réservoir, le mélange réfrigérant doit être remué.

Pour fabriquer l'acide carbonique, on introduit, par l'orifice A, dans chaque cylindre D un mélange de 25 litres d'eau et de 27^{kg},180 de bicarbonate de soude. Par l'orifice B du godet G, on verse 14 litres d'acide sulfurique. Les orifices A et B étant fermés, on ouvre la soupape H ; l'acide sulfurique tombe alors dans le cylindre D. On agite le mélange en tournant le volant C. L'acide carbonique se dégage à la pression de 28^{kg},093 par centimètre carré ; le tuyau *ab* le conduit dans le filtre d'où il sort épuré par le tuyau *i* qui le mène au réservoir R.

Pour charger le réservoir de la torpille, il est nécessaire de recommencer huit fois cette opération ; le temps employé pour faire le chargement est de huit heures.

§ 77. **Résultats d'expériences.** — La vitesse de la torpille atteint 17^{nœuds},75. La direction en marche est très satisfaisante. La distance franchissable, limitée par la longueur du câble, est de 1.982^m en ligne droite et sans courant. Sinon, on peut compter en moyenne 1.600^m. La charge d'explosif est de 90^{kg},7, et l'immersion de 0^m,915.

L'emploi de cette torpille doit être limité à la défense des passes ou à une attaque voisine d'un centre d'opérations. Mais elle n'est pas susceptible d'entrer dans l'armement de la flotte.

TORPILLE SIMS

§ 78. **Renseignements généraux.** — Le gouvernement américain vient d'acheter et de commander un certain nombre de torpilles Sims, ce qui tend à prouver qu'il leur a reconnu quelques avantages. Nous ne pouvons fournir la description détaillée de l'engin. Nous nous bornerons aux données suivantes, d'autant que le système présente de nombreux points de ressemblance avec la torpille Lay-Patrick, que nous venons d'étudier.

La torpille Sims est formée d'une coque cylindrique en cuivre ayant 8^m,30 de longueur, 0^m,53 de diamètre et 2^{mm} d'épaisseur. Ses extrémités sont coniques, et armées d'une couverture en acier. Le poids total est 1.816^{kg}.

La torpille coulerait donc; mais elle est maintenue à 1^m,50 de la surface de l'eau par un flotteur en cuivre, auquel elle est reliée par des tirants en acier. Ce flotteur est rempli de coton, de manière à ce que, s'il est percé de balles, il puisse surnager encore en soutenant la torpille. Au-dessus du flotteur deux tiges portent des boules, permettant de surveiller de loin la marche de l'engin.

Une forte lame de fer, formant avec la verticale un angle de 60°, fait l'office d'étrave. Elle sert à ouvrir à la torpille un chemin à travers les défenses; et, dans le cas où elle ne pourrait les diviser, à la faire plonger en raison de son inclinaison. Une fois l'obstacle franchi, la torpille est ramenée à la surface par son flotteur.

C'est du rivage que se fait la manœuvre.

§ 79. **Force motrice et charge.** — La force motrice est fournie par l'électricité, au moyen de deux machines électriques, dont l'une est placée à terre et l'autre à bord.

De même que dans le système Lay-Patrick, c'est encore l'électricité qui sert à gouverner la torpille et à produire son explosion. Dans ce but, elle porte emmagasiné, dans le compartiment de l'arrière, un câble de 3.200^m pesant 635^{kg}, et contenant les conducteurs : l'un d'eux commande l'appareil de propulsion;

l'autre commande le gouvernail, qui est manœuvré par deux puissants électro-aimants. En faisant passer de terre le courant dans l'un ou l'autre des électro-aimants, on peut amener la torpille dans la direction voulue. Sa vitesse est d'environ 11 nœuds.

La charge est formée de 180^{kg} de dynamite. Dans les expériences, ces torpilles ont été mouillées devant un fort et criblées de projectiles; après plusieurs heures, elles étaient encore en état d'agir.

TORPILLE HOWELL CONSTRUITE PAR LA COMPAGNIE HOTCHKISS

Nous avons indiqué au § 62 le principe de cette torpille; bien qu'inventée en 1870, elle est restée sans emploi jusque dans ces derniers temps. De nombreux perfectionnements ayant été apportés à l'engin, la compagnie de fabrication des canons Hotchkiss a acheté le brevet pour l'exploiter. La nouvelle torpille Howell est devenue ainsi une arme sérieuse, qu'il convient d'expliquer avec une certaine étendue.

§ 80. **Description de la torpille.** — La fig. 1 ci-après montre le système.

Les dimensions habituelles de la torpille sont 8 à 12 pieds anglais (1) de longueur, et 13 à 17 pouces de diamètre maximum. Son poids total est de 325 à 650 livres (2); et sa charge explosive atteint 70 à 200 livres.

Son enveloppe est en cuivre jaune. Le volant moteur est plein, il est en acier ainsi que les arbres d'hélice. Tout le reste du mécanisme est en bronze phosphoreux.

La vue 1 est une élévation.

La vue 2 fait voir le mécanisme intérieur, après enlèvement de l'enveloppe qui reste indiquée par des traits pointillés.

a est le volant moteur, dont la puissance git dans la force vive qui y est préalablement emmagasinée. Son axe commande, par des engrenages coniques, les arbres des deux hélices; celles-ci sont

(1) Le pied anglais vaut 0^m,304.

(2) La livre anglaise vaut 0^{kg},454.

de pas contraire, afin de contre-balancer mutuellement leurs effets de déviation sur la route. Le volant joue en outre un rôle gyroscopique démontré ci-après (§§ 81 et 82).

b est la caisse des régulateurs d'immersion et de direction, dont la constitution se trouve expliquée plus loin (§ 82).

Fig. 1, vue 1^{re}.

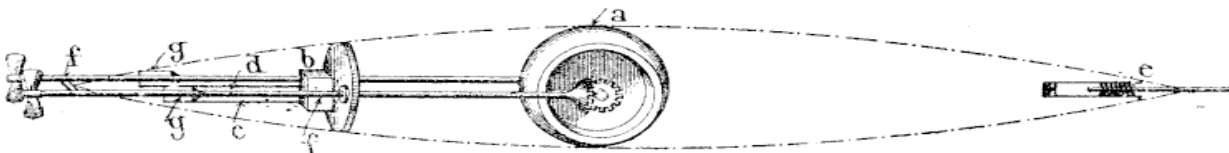


Fig. 1, vue 2^e.

e forme la pointe percutante; cette pointe est munie d'un verrou de sûreté qui ne se déclanche automatiquement qu'à une certaine distance du navire lanceur.

L'espace compris entre cette pointe percutante et le volant est occupé par la charge explosive. Derrière le volant, jusqu'à la cloison qui supporte la caisse *b*, il n'y a rien. Enfin la capacité située en arrière de cette caisse est remplie de liège.

Par ailleurs, il existe un mécanisme, enlevé sur la figure, pour stopper les hélices à une distance déterminée du lieu de lancement. Il y a aussi une disposition soit pour faire couler la torpille au bout de sa course, soit pour réenclancher en ce moment le verrou de la pointe percutante.

§ 81. Régulateurs d'immersion et de direction. —

Le premier système comporte un piston hydrostatique et un pendule, conformes à la combinaison Whitehead, et commande la tige *c* (fig. 1, vue 2), qui est reliée à un gouvernail horizontal *f*; et il fonctionne jusque pour des profondeurs de 12 yards (1).

(1) Le yard vaut 0^m,914.

Le régulateur de direction commande, par deux tiges *d*, deux gouvernails verticaux *g*. Son fonctionnement repose sur ce fait qu'en raison du rôle gyroscopique joué par le volant, tout couple qui tend à faire dévier le plan diamétral de la torpille de l'azimut de route, ne peut déterminer qu'une rotation de l'engin autour de son axe longitudinal. Dès lors, si, par suite de ce mouvement, un pendule *ad hoc* fait sentir son action sur les deux gouvernails verticaux, de façon que ceux-ci se meuvent en sens contraire de la rotation produite, ils feront rouler la torpille en sens contraire de ladite rotation, et ramèneront le plan diamétral dans une position verticale.

Les deux systèmes de régulateurs qui nous occupent ne commandent pas *directement* leurs tiges corrélatives; ils n'exercent pas à cet effet assez de puissance. La force requise pour ce travail s'obtient par une vis sans fin *f* montée sur un des arbres d'hélice, et qui engrène avec une roue dentée placée à l'intérieur de la caisse des régulateurs. Par un mécanisme à rochet, chaque régulateur dérangé de sa position d'équilibre permet au petit moteur constitué comme il vient d'être dit d'actionner un engrenage propre à chaque système de gouvernail, et entraînant la ou les tiges voulues; cette action cesse quand le régulateur reprend sa situation normale.

Nous ne décrivons pas ces mécanismes intimes; car ils peuvent changer dans leurs détails avec chaque type de torpille, le principe restant le même.

§ 82. **Volant gyroscopique.** — Le volant est plein et en acier, comme nous l'avons déjà dit. On en voit la représentation sur la figure 2. Son rayon est 5,6 à 6,6 pouces anglais, et son poids 131 à 205 livres, suivant la longueur de la torpille. Sa vitesse de rotation au départ est de 10.200 à 20.000 révolutions à la minute. L'énergie ainsi emmagasinée sous forme de force vive atteint 505.600 à 1.090.200 livres-pieds (1).

Ces excessives rotations sont obtenues au moyen d'une turbine de Clarke et Pearson, dont les ailettes sont actionnées directement par un jet de vapeur à haute pression; ou encore au moyen

(1) La livre-pied vaut 0^k^m,138.

du tourniquet Burkon à réaction de vapeur, dans le genre de l'éolypile.

L'opération peut être dirigée de façon à ne durer que 30 secondes. Le volant abandonné à lui-même continue à tourner pendant une heure.

La théorie, aujourd'hui bien connue du gyroscope, rend compte de la puissance de révolution du volant. Cette théorie repose sur

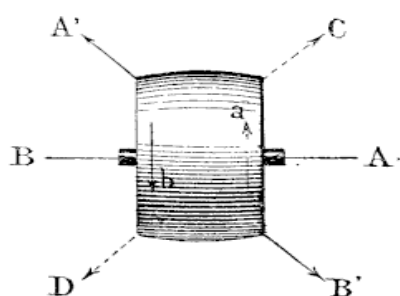


Fig. 2, vue 1°.

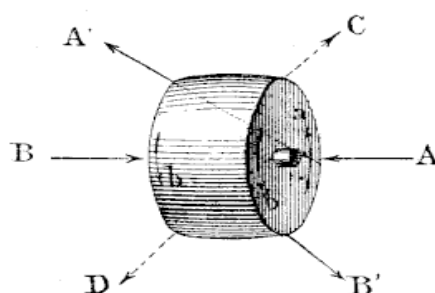


Fig. 2, vue 2°.

la composition des couples de rotation; mais il y a possibilité de donner une explication élémentaire du fait. En effet, les efforts de déviation de direction du plan perpendiculaire à l'axe du volant, peuvent être regardés comme dus à deux forces A et B respectivement appliquées aux rebords du volant dans un plan normal au premier. On peut aussi considérer la force vive du volant comme répartie sur deux masses $m = m'$ concentrées aux points d'application desdites forces, ces masses étant calculées en conséquence pour les vitesses $a = b$ de ces points, et se trouvant rigidement reliées entre elles et avec l'axe du volant. Elles tendront alors à se mouvoir comme si elles étaient soumises chacune à une force $A' = B'$, correspondant à la composition du chemin qu'elles parcouraient pendant un temps très court sous l'action de la force $A = B$, d'une part, et sous l'influence de la vitesse $a = b$, d'autre part. On voit que les deux résultantes ainsi obtenues tendent à entraîner les masses m et m' dans une direction qui ferait chavirer le volant.

Dans la torpille Howell, l'action des gouvernails verticaux donne naissance à deux forces $C = D$, qui contrecarrent l'effet

des forces $A=B$, et assurent la stabilité de route avec une grande précision.

§ 83. **Lancement et expériences.** — Pour le lancement, on suspend la torpille par son centre de gravité à un chariot, que supporte un système de rails pouvant pivoter autour d'un axe vertical, et venir se placer en dehors de la muraille du navire.

A la combinaison précédente, on peut substituer avec avantage l'emploi d'un tube. A l'arrière de ce tube sont deux petits cylindres moteurs dont les tiges viennent pousser la torpille; et en son milieu, il existe des tourillons de support, dont l'un est creux pour permettre le passage à l'arbre de la machine de mise en mouvement du volant.

Au moment du lancement, on communique au volant sa rotation au moyen d'un des appareils indiqués au § 82, qu'on débraie aussitôt que le système a acquis le nombre de tours voulu.

Quant au lancement lui-même, il s'effectue à l'aide d'un déclie.

Dans les expériences de lancement, on remplace la pointe percutante de la torpille par un appareil enregistreur des mouvements.

Toutefois, avec le système précédent, la torpille pique trop au fond, quand elle est lancée d'un peu haut; car la poussée des petits cylindres à vapeur n'est pas assez énergique eu égard à la grande vitesse de l'engin. Mieux est encore d'avoir recours à un tube à poudre, dans le genre de ceux que nous avons décrits pour la torpille Whitehead.

Les récentes expériences faites aux États-Unis ont assez bien réussi pour déterminer le gouvernement américain à faire une forte commande de torpilles Howell.

Avec la torpille de 8 pieds on a obtenu les résultats suivants :

Le volant, tournant à 6.400 tours, la vitesse moyenne a été de 18 nœuds pendant les 200 premiers yards sur un parcours total de 500 yards.

A 8.400 tours, on a obtenu un sillage moyen de 24 nœuds pendant 200 yards sur 800. A 10.000 révolutions, la vitesse de début est très grande; elle ne se régularise relativement qu'au bout de 200 yards quand la rotation a atteint 8.400 tours; et

alors, pendant les 200 yards suivants, la vitesse moyenne est, comme plus haut, de 24 nœuds.

§ 84. **Avantages et inconvénients de la torpille Howell.** — Les avantages sont :

- 1° Un moteur très simple ;
- 2° Une grande place disponible pour la charge explosive ;
- 3° La direction en azimut très assurée ;
- 4° Une extrême facilité d'évolution ; car il n'y a qu'à huiler les portages des pièces mobiles.

Les inconvénients consistent surtout dans l'installation des régulateurs, particulièrement sous le rapport de leur commande des gouvernails.

Mais en somme, le principe de l'engin est excellent ; et nul doute qu'on n'arrive à le perfectionner petit à petit, comme l'a été successivement la torpille Whitehead.

TORPILLE BRENNAN

L'adoption par le gouvernement anglais d'une torpille mobile dirigeable du bord ou du rivage accroît dans une certaine proportion l'importance des engins sous-marins dans la guerre maritime.

Bien que depuis dix ans le gouvernement russe ait consacré de grosses sommes à l'achat des plans de la torpille Lay et à la construction d'appareils de ce système, il ne semble pas que cette arme ait été définitivement adoptée. En Amérique, le pays qui s'est signalé par l'invention des systèmes les plus variés de torpilles dirigeables, aucun modèle n'a été jugé vraiment pratique jusqu'ici, bien que des essais multipliés aient été entrepris aux écoles spéciales. Au cours des dix dernières années, d'autres puissances navales ont également dirigé des expériences dans ce sens ; mais les résultats n'ont jamais justifié les promesses des inventeurs. Il était réservé à l'Angleterre de faire classer la torpille dirigeable dans le matériel indispensable pour la défense des côtes.

§ 85. **Principe de l'engin.** — Cette torpille (fig. 3 et 4),

adoptée par le gouvernement britannique sur l'avis de la Commission des torpilles, a été inventée à Melbourne, en 1876, par M. Brennan, qui a cédé à l'Angleterre le droit exclusif de construction pour la somme en apparence excessive de 2.750.000'.

Elle se distingue de toutes les autres par un mode de propulsion vraiment original. Elle se meut sous l'action du déroulement rapide de deux fils métalliques, enroulés sur des tambours situés dans le corps même de la torpille. Ces dévidoirs, reliés respectivement aux deux arbres porte-hélice, communiquent aux hélices une grande vitesse de rotation, et par conséquent déterminent la propulsion. Les deux fils métalliques se déroulent sous l'action d'une puissante machine à bobines située sur le rivage, à la station. Un grand intérêt s'est attaché à ce système dès son invention, en raison du paradoxe apparent que présente le mode de propulsion, à savoir : plus grand est l'effort qui tire la torpille en arrière, plus considérable est la vitesse en avant de cette torpille ; mais, à l'examen, on reconnaît

Fig. 3. — Coupe verticale.

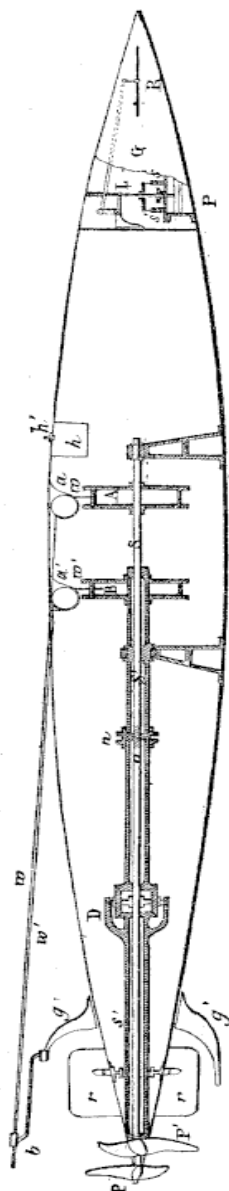
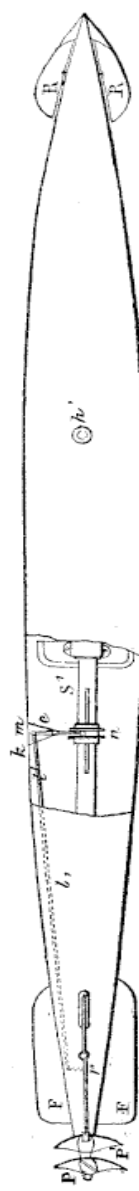


Fig. 4. Plan.



qu'au dévidage des fils à une certaine vitesse correspond pour les tambours une vitesse déterminée de révolution ; d'où rotation des hélices qui donne naissance à un effort de poussée. Si cet effort est supérieur à la traction de recul due aux fils, la torpille s'élance en avant ; et sa vitesse n'est limitée, semble-t-il, que par la résistance à la rupture des fils de déroulement.

A quatre exceptions près, les inventeurs de torpilles mobiles, en général, avaient demandé jusqu'ici la puissance motrice à la vapeur, à l'air ou à des gaz comprimés. Le système Lay-Patrick, par exemple, marche au gaz acide carbonique comprimé; celui d'Ericsson fonctionne à l'air comprimé, ainsi que le système Whitehead.

Les quatre exceptions auxquelles il vient d'être fait allusion, sont : 1° la torpille « Berdan » qui se meut sous l'action des gaz développés par la combustion de pièces d'artifices; 2° « la Sims-Edison » mise en mouvement par l'électricité que produit une machine dynamo établie sur le rivage; 3° la « Nordenfelt » actionnée également par l'électricité, mais par l'électricité engendrée dans la torpille elle-même; 4° enfin la « Howell » mue par la force vive emmagasinée dans son volant gyroscopique.

Dans le système Brennan, la manœuvre du gouvernail s'effectue aussi par un procédé absolument nouveau, intimement lié avec le mode de propulsion. Cette manœuvre s'exécute par des variations de vitesse de rotation des bobines actionnées sur le rivage par la machine motrice. En faisant varier la vitesse d'une de ces bobines, on modifie la vitesse du tambour et de l'arbre d'hélice correspondant dans la torpille, d'où résulte, par une disposition ingénieuse, le mouvement du gouvernail sur un bord ou sur l'autre. Le détail de ce mécanisme trouvera sa place dans la description générale.

Après une période de cinq années, pendant lesquelles les essais ont été poursuivis sous les yeux des ingénieurs du gouvernement anglais, ceux-ci ont conclu à l'adoption définitive de l'engin par le gouvernement. Mais dans ces derniers temps la vogue du système a diminué pour des motifs indiqués plus loin.

§ 86. Description et mode de gouvernement de la torpille Brennan. — A et B (fig. 3) sont les tambours ou dévidoirs, sur lesquels sont enroulés les fils métalliques dont le déroulement détermine l'avance de la torpille dans l'eau.

Le tambour avant A fait corps avec l'arbre moteur solide S qui entraîne l'hélice arrière. Le tambour arrière B est fixé sur l'arbre creux S' qui donne son mouvement à l'hélice avant.

Le déroulement des fils métalliques w, w' fait tourner les deux tambours dans le même sens. Les rotations des deux arbres moteurs s'effectuent donc aussi dans le même sens, mais seulement jus-

qu'au point D. A ce point, un système d'engrenages coniques (fig. 5),

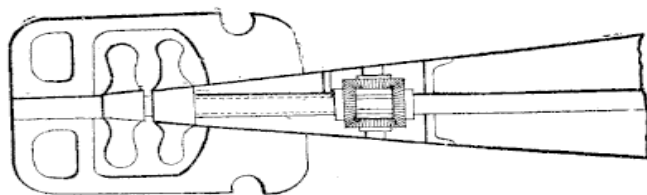


Fig. 5.

identique à celui de la torpille Whitehead, renverse le mouvement de l'arbre creux, de sorte que les deux hélices tournent en sens contraires.

A première vue, cette disposition paraît constituer une complication inutile; car si l'on n'avait en perspective que la rotation des hélices en sens inverse, ce résultat serait fourni par le déroulement même des fils, entraînant sans intermédiaire les deux tambours dans des sens différents. Mais la manœuvre du gouvernail exige que les arbres moteurs tournent dans le même sens, tandis que la stabilité de route de la torpille ne peut être obtenue que par la révolution des hélices en sens opposés.

En quittant les tambours, les fils passent sur les réas a , a' (fig. 3), sortent de la carcasse par des trous de dimensions juste suffisantes, et traversent un œil en bronze porté par le guide b articulé sur le bras g' .

L'arbre moteur plein S porte un pas de vis. En regard de ce pas de vis, une rainure longitudinale est pratiquée dans l'arbre creux S' . Un écrou ou collier n fileté intérieurement est monté sur l'arbre creux, et ses pans filetés sont ajustés dans la rainure. Le collier n porte extérieurement une gorge circulaire dans laquelle s'engagent les deux doigts métalliques d'une fourchette l (fig. 6), articulée sur une console m , fixée à la carcasse, sur le côté de la torpille.

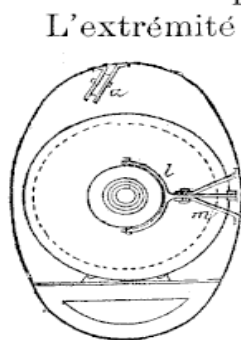


Fig. 6.

L'extrémité du levier à fourchette l s'articule en k (fig. 4) avec un deuxième levier l' , relié à son tour à la barre du gouvernail r .

On voit que tout déplacement longitudinal donné à l'extrémité du levier à fourchette, en prise avec le collier n , transmettra au gouvernail un mouvement sur un bord ou sur l'autre. Ce déplacement longitudinal du bras fourchu du levier l s'effectue de la manière suivante :

Tant que sont égales les vitesses de rotation des deux arbres moteurs S , S' , qui, jusqu'au joint D (fig. 3), ont

lieu dans le même sens, l'écrou n et le pas de vis de l'arbre plein, avec lequel il est en prise, tournent ensemble, sans aucun déplacement de l'écrou par rapport à l'arbre creux S' ; mais si les vitesses de révolution des arbres S, S' deviennent inégales, l'écrou n se vissant sous l'action de cette différence d'allure marche sur l'avant ou sur l'arrière. Ainsi, pendant la course de la torpille, l'officier qui la dirige peut, à volonté, mettre le gouvernail à droite ou à gauche en faisant varier la vitesse de l'un des tambours de la machine motrice.

La torpille Brennan peut être dirigée dans un secteur de 30 à 40 degrés tribord et bâbord; mais elle ne peut changer de route cap pour cap. Pour la ramener à la station, il est nécessaire de la remorquer.

Plusieurs procédés ont été essayés pour permettre à l'opérateur d'observer la trajectoire sous-marine. On a, par exemple, mis un flotteur à la remorque, ou frappé un pavillon sur un mât porté par la torpille; mais ni l'une ni l'autre de ces méthodes n'a donné des résultats satisfaisants : la première ne fournissant que des indications erronées, et la deuxième réduisant, dans une grande proportion, la vitesse de l'engin. L'emploi exclusif du phosphore ou de la composition pour lumière de Holmes s'est alors imposé. Au contact de l'eau, ces deux substances donnent des flammes et dégagent de la fumée dans le sillage de la torpille; le phosphore est employé pour les lancements de jour, la composition de Holmes sert pour les lancements de nuit. La substance indicatrice de la route est placée dans un compartiment h (fig. 3); pendant la course, elle est en communication avec l'eau par le trou h' (fig. 3 et 4) pratiqué immédiatement au-dessus de la boîte h .

§ 87. **Régulation d'immersion.** — Il y a d'abord deux ailerons horizontaux en acier F, F (fig. 4), qui ont pour mission d'assurer la stabilité de route de la torpille sur sa trajectoire verticale. Puis viennent deux gouvernails horizontaux R, R placés à l'avant, qui s'élèvent ou s'abaissent pour contrarier les lacets verticaux de la torpille. Ces gouvernails de proue agissent pour régler l'immersion de la Brennan, exactement comme font les gouvernails de poupe de la Whitehead, avec cette différence que, dans cette dernière, le mouvement est communiqué aux gouver-

nails par un servo-moteur à air comprimé, tandis que dans la Brennan les gouvernails horizontaux sont actionnés directement par les régulateurs. Ceux-ci se composent d'un piston hydrostatique et d'un pendule, contenus dans le compartiment G (fig. 3). Les mouvements combinés de ces deux organes sont transmis aux gouvernails R, R au moyen de leviers L. La torpille est disposée de façon à naviguer, soit à la surface, soit à une immersion de 2^m,40 à 3^m.

Il importe de remarquer que la commande *directe* du gouvernail horizontal par le régulateur d'immersion est manifestement une mauvaise combinaison. C'est probablement un des graves défauts qui ont déprécié la torpille Brennan dans ces derniers temps. L'enregistreur d'immersion a fait reconnaître pour plusieurs trajectoires des variations de profondeur beaucoup plus considérables que celles que présente la torpille Whitehead. Ce fait n'a rien qui doive surprendre; car la Brennan, plus longue et plus lourde, demande plus de temps pour retrouver son immersion, et ne peut revenir à son équilibre, quand elle l'a perdu, qu'après avoir parcouru plus de chemin.

Les dimensions de la torpille Brennan actuelle sont :

Longueur	7 ^m ,62
Diamètre horizontal au fort	0 ^m ,72
— vertical au fort	0 ^m ,91
Poids total	4.270 ^{kg}
Vitesse	17 nœuds, 4
Portée	2.400 à 3.200 ^m
Charge de coton-poudre placée dans le compartiment A . .	90 ^{kg} ,7.

§ 88. **Fils métalliques; leur enroulement.** — Le fil d'acier généralement employé pour la propulsion de la torpille Brennan offre une résistance à la rupture de 300 à 350^{kg} et pèse 9^{kg},3 environ par kilomètre.

On enroule, sur chaque tambour, une longueur de fil égale à trois fois le parcours. Ainsi, pour une portée de 3.200 mètres, on garnit chaque bobine d'une longueur de fil de 9.600^m, pesant 89^{kg}.

Les diverses opérations à accomplir pour enrouler les fils sur les tambours sont les suivantes :

1° Le fil est d'abord déroulé de la bobine sur laquelle il a été livré par le fabricant, et enroulé sur un tambour fendu, c'est-à-

dire disposé de façon à permettre de retirer la mèche quand l'opération est terminée.

2° La bobine pleine de fil et ayant un noyau creux est placée dans une caisse d'eau de chaux où on la rince avec soin. Si l'on n'en a pas besoin immédiatement, on la laisse séjourner dans l'eau pendant plusieurs heures pour maintenir le fil dans un bon état de conservation;

3° La bobine est retirée de la caisse à eau de chaux, et le fil est enroulé sur un fuseau en bois, ou plutôt sur une bobine qui a la forme d'un cône reposant sur sa base;

4° De ce fuseau, le fil est enroulé sur un cylindre avec une certaine tension nécessaire pour son enroulement final;

5° Enfin, de ce tambour, le fil passe sur la bobine de la torpille. Au cours de cette opération, on doit veiller avec soin à ce que les tours se juxtaposent exactement et qu'aucun d'eux ne puisse se coincer entre ceux de la rangée inférieure. Pour diminuer les chances d'un accident de cette sorte, les interstices sont remplis d'un mélange de cire et de paraffine.

Si, pour une raison quelconque, la torpille est stoppée avant que la totalité des fils ait été déroulée, ces fils doivent être coupés et les quatre bouts sont envoyés au fabricant pour être jonctionnés.

§ 89. **Machine motrice.** — Les tambours ont 0^m,91 de diamètre. Ils sont actionnés par deux machines à haute pression et à grande vitesse. Chaque cylindre est venu de fonte avec son bâti. Ces bâtis, très solides, sont disposés de façon à entourer les principaux organes, et à empêcher, par là même, les fils de s'engager dans les pièces en mouvement, au cas où leur rupture viendrait à se produire.

Les tambours, fous sur l'arbre, sont réunis au moyen d'un système d'engrenages tel, que leurs vitesses relatives puissent être réglées sans que l'on ait à faire varier la vitesse des machines. Cette disposition d'engrenages est la suivante : chaque tambour porte une roue d'angle venue de fonte ou chevillée avec lui. Ces roues d'angle sont réunies par deux pignons coniques, montés sur une douille à tourillons, laquelle est clavetée sur l'arbre moteur. Quand la machine est mise en marche, les deux pignons d'angle qui sont assujettis à l'arbre tournent avec lui;

par conséquent, ils entraînent les tambours à l'aide des roues d'angle avec lesquelles ils sont en prise. Dès lors, si l'on vient à faire agir le frein de l'un des tambours, sa vitesse de révolution diminue ; et, comme la vitesse d'entraînement des pignons reste constante, ces pignons prennent un mouvement propre de rotation autour de leur axe, d'où résulte un accroissement de la vitesse du deuxième tambour. Plus la vitesse de l'un diminue, plus la vitesse de l'autre augmente.

La machine peut développer une puissance de 100 chevaux indiqués.

§ 90. **Opération du lancement.** — La torpille est placée sur un chariot construit de façon à la rendre libre et à la lancer automatiquement. Lorsque le chariot est parvenu en un point donné du chemin de fer qui arrive à la mer en plan incliné, le piston hydrostatique est disposé pour l'immersion que l'on désire, et pour la vitesse à laquelle la torpille doit accomplir son parcours, vitesse qui sera réglée par la rapidité des tambours d'enroulement. Les fils venant de la torpille sont fixés à ces tambours, auxquels on fait faire une ou deux révolutions.

Le chariot porte-torpille est alors entraîné sur le chemin de fer ; et, en même temps que la torpille est lancée à l'eau, la machine motrice est mise en marche. La torpille prend sa course, et la rectitude de sa trajectoire est maintenue par les mouvements convenables donnés au gouvernail, d'après les indications que fournit à l'observateur placé sur le rivage la flamme ou la fumée laissée par l'engin dans le sillage.

Cette description de la torpille Brennan et de son mode de fonctionnement, montre que les excellents résultats fournis par cet engin sous le triple rapport de la vitesse, de la constance d'immersion et de la rectitude de trajectoire, sont dus moins à des dispositions spéciales imaginées par l'inventeur, qu'à la science consommée des officiers qui ont conduit les expériences de Chatham.

La grande vitesse de la Chatham-Brennan n'est pas seulement la conséquence de son ingénieux mode de propulsion. Les formes de la carcasse, ainsi que l'a démontré M. Froude, sont celles qui, pour les flotteurs complètement immergés, permettent d'obtenir la plus grande vitesse avec une force motrice déterminée. Ces formes seraient adoptées pour la Whitehead, sans la nécessité où l'on

est d'employer une forme cylindrique pour le réservoir à air comprimé. La perfection de la machine à enroulement, construite par MM. Yarrow et C^{ie}, contribue également à donner à la torpille une marche supérieure.

§ 91. **Comparaison de la torpille Brennan avec la torpille Whitehead et les torpilles dirigeables connues.** — La Brennan a emprunté à la Whitehead le système des deux hélices tournant en sens inverse, de manière à assurer au flotteur immergé la stabilité de route; il en est de même pour le système d'engrenages D (fig. 3 et 5), à l'aide duquel est obtenu le renversement du sens de la rotation d'une des hélices par rapport à l'autre.

La Brennan a également imité la Whitehead pour le mécanisme du piston hydrostatique et du pendule qui actionnent automatiquement les gouvernails, ainsi que pour les ailerons horizontaux fixés à l'arrière, c'est-à-dire qu'elle lui a emprunté tout le système à l'aide duquel un flotteur, complètement immergé, est susceptible d'être maintenu à une immersion constante pendant sa course.

En faisant ressortir ces faits, nous n'avons pas pour but de déprécier l'œuvre de M. Brennan, dont nous reconnaissons tout le mérite. Si l'on admet que, dans son état actuel, la torpille Chatham-Brennan est un instrument parfait et qu'elle doit être considérée comme un sérieux engin de défense, elle n'est, au bout du compte, qu'une combinaison d'inventions dues en majeure partie à un certain nombre d'inventeurs, ou mieux de perfectionneurs des détails actuels de la Whitehead.

Tout officier torpilleur connaît l'existence de divers engins analogues, qui, aussi bien que la Brennan, se trouvent sous le contrôle d'un observateur chargé de les diriger vers le but à atteindre; les gens de la partie savent même, qu'une fois lancés, la plupart de ces appareils peuvent être envoyés dans n'importe quelle direction, qu'ils peuvent même changer de route cap pour cap et être ramenés au point de départ. On a dit plus haut qu'il n'en est pas ainsi pour la nouvelle arme sous-marine en question. Il ressort donc avec évidence qu'en ce qui concerne le contrôle proprement dit de la route, le nouvel engin ne peut prétendre à aucune supériorité.

On a laissé entendre que la Brennan comportait un mécanisme secret. Or, si l'on considère la torpille en elle-même, on ne saurait voir dans quel détail il réside soit pour la construction, soit pour la manipulation. Depuis plus de dix ans, en effet, le principe de l'invention est connu.

Il est assez difficile de comparer les avantages de la Brennan à ceux des autres torpilles de la même catégorie, comme celles de Sims-Edison, de Nordenfelt, de Lay-Patrick, puisque la seule supériorité qui lui est officiellement attribuée est le contrôle de la route, et que cette propriété appartient au moins au même degré aux engins dont les noms viennent d'être cités.

On dit, il est vrai, que la Brennan marche à une vitesse d'au moins 17 nœuds ; mais il n'est pas prouvé qu'un grand parcours soit effectué à cette allure. En tout cas, des renseignements venus d'Amérique établissent que le système Patrick a fourni la même vitesse.

On allègue, d'autre part, que l'immersion de la torpille pendant sa course lui constitue un grand avantage ; mais cette prétention ne saurait être soutenue sérieusement. Le système de régulateurs d'immersion emprunté à la Whitehead peut être adapté à n'importe quelle torpille mobile aussi bien qu'à la Brennan. On dit encore que le procédé chimique auquel on a recours pour surveiller la marche, résout parfaitement la question sans altérer la vitesse. A la vérité, si la torpille est lancée d'un point donné sur un autre point fixe, ou à peu près ; si le parcours à effectuer est sensiblement en ligne droite ; si, enfin, l'observateur est situé sur une éminence, la ligne de fumée pendant le jour, ou de lumière phosphorescente pendant la nuit, qui marque le sillage de la Brennan, peut fournir un excellent repère pour assurer la direction. Mais si ces conditions ne sont pas remplies, si l'observateur n'est pas en un point élevé, ou si le bâtiment à atteindre marche rapidement, n'est-il pas absurde d'espérer que l'on guidera avec exactitude la course de la torpille au moyen de cette flamme ou de cette fumée ? Il est bien entendu qu'au cas où ce procédé serait reconnu défectueux, ce qui ne saurait manquer d'arriver tôt ou tard, on pourrait recourir à l'emploi de petits mâts de signaux fixés sur la carcasse, mais la vitesse se trouverait par là fortement réduite.

D'après les on-dit, la trajectoire verticale de la Brennan est

fort irrégulière. Les régulateurs d'immersion ne réussissent pas à prévenir des lacets accentués pour le motif que nous avons indiqué au § 87. Ce n'est, du reste, pas un mystère que l'inventeur préfère de beaucoup une course superficielle à une trajectoire immergée.

On a invoqué, en faveur de la Brennan, la modicité relative de son prix ; mais si la torpille en elle-même est peu coûteuse, la machine à tambours représente une dépense considérable.

Une très grave objection qui s'élève contre la Brennan, et les appareils de la même catégorie qui ne contiennent pas leur puissance motrice dans leur propre carcasse, réside dans l'obligation où l'on se trouve de les manœuvrer d'un point déterminé, ce qui restreint dans une grande proportion leur rayon d'action. En fait, l'adoption de la Brennan par le gouvernement anglais peut être comparée à la mise en service d'un canon pointé dans une direction fixe de préférence à un canon pouvant être pointé dans n'importe quelle direction.

En résumé, des considérations ci-dessus sur les avantages et les inconvénients de la torpille Brennan en son état actuel, il ressort, aux yeux de tout juge impartial, que les derniers l'emportent sur les premiers.

La raison pour laquelle aucun autre gouvernement n'a entrepris de fabriquer cet engin, n'est pas qu'il contient des mécanismes mystérieux, mais bien qu'il lui manque des qualités essentielles pour constituer une torpille dirigeable vraiment appropriée à la défense des ports, témoin les expériences en général mal réussies auxquelles il a donné lieu.

BOULETS-TORPILLES ET OBUS A PUISSANT EXPLOSIF

§ 92. **Principe des boulets-torpilles ; système rationnel en projet.** — Dès que les explosifs puissants ont fait leur apparition, ils ont donné naissance aussi bien à l'idée de torpilles automobiles qu'à celle de boulets-torpilles.

Le principe de ces derniers engins consiste à lancer, avec un canon *ad hoc*, des boulets de dimensions considérables, pleins de matières explosives, et destinés, en tombant très près du bâtiment ennemi, à plonger, puis à éclater à une profondeur voulue,

grâce à un système d'amorce qui s'enflamme à l'aide d'une pile dont le courant se ferme, soit par le jeu d'un piston hydrostatique réglé pour une profondeur convenue, soit par un choc violent pour le cas où le projectile atteint le navire lui-même, au lieu de tomber à côté.

La combinaison précédente offre des difficultés presque *insurmontables* dans sa réalisation pratique ; sans compter qu'on peut craindre une explosion prématurée au sein même du canon lanceur, attendu que le projectile devant être à minces parois pour contenir le plus possible de matière explosive, il y a tout à redouter des chocs énormes que peut recevoir le projectile dans l'âme, et des frottements que subit cette matière par suite du mouvement rapide de translation et de rotation du projectile. Toutefois ces dangers peuvent être évités avec l'emploi des poudres lentes nouvelles dans des pièces très longues, d'une part, et d'autre part, par le choix judicieux de l'explosif. Restent les imperfections du procédé pour déterminer l'explosion.

Le succès du régulateur d'immersion de Whitehead par piston hydrostatique et pendule, a fait surgir l'idée d'un système *rationnel* pour boulet-torpille.

Ce système aurait la forme d'une torpille avec charge explosive et pointe percutante, et munie d'un régulateur Whitehead et d'un gouvernail horizontal. Les dimensions de l'engin seraient réduites au strict nécessaire pour loger la charge et le régulateur. Il serait lancé, suivant une trajectoire tendue, par un long canon de puissant calibre, de façon à pénétrer dans l'eau avec une grande vitesse à une certaine distance du navire à attaquer. Là le degré d'immersion se réglerait automatiquement par le mécanisme Whitehead ; et le boulet viendrait frapper par sa pointe le flanc de l'ennemi avec assez de force pour enflammer l'amorce, et déterminer la déflagration de la charge explosive.

Ce programme est réalisable aujourd'hui, grâce à l'emploi de poudres lentes, et grâce aussi à la connaissance précise qu'on commence à posséder sur la manière dont se comportent les explosifs, ce qui permet de bien étudier les conditions à remplir pour éviter toute déflagration prématurée.

§ 93. **Obus Cochrane et Zalinski.** — Les obus à charge puissante d'explosif sont appelés à produire d'immenses dégâts ;

mais ils ne peuvent jouer le rôle de torpille qu'accidentellement, quand ils atteignent le navire ennemi bien au-dessous de sa flottaison, et lorsqu'en éclatant leur force explosive est augmentée par l'épaisseur de la couche d'eau. Néanmoins devant les difficultés qu'a présentées jusqu'ici la confection d'un véritable boulet-torpille, les inventeurs se sont rejetés sur les obus en question.

L'amiral Cochrane a imaginé des obus lancés par des mortiers tirant à faible charge, munis d'une fusée percutante, et destinés à tomber directement en bombe.

On peut confectionner ces obus de façon à ce qu'ils puissent surnager. Ils sont alors réunis deux à deux au moyen d'une ligne flottante, et jetés simultanément à la mer. Ils constituent ainsi des mines sous-marines capables d'arrêter un navire poursuivant, aussi bien que de devenir une protection efficace contre un abordage.

Les essais des obus Cochrane n'ont pas répondu aux espérances de l'inventeur, surtout à cause des difficultés du lancement pour éviter les explosions prématurées.

Dans le même ordre d'idées, on a obtenu des résultats remarquables, aux États-Unis, avec les obus à la dynamite du capitaine Zalinski, lancés par un canon pneumatique, et dont nous avons déjà dit un mot au § 83 du tome I.

L'inventeur a fabriqué, dans ces derniers temps, des obus du calibre de 37^{cm},6 renfermant 90^{kg} de dynamite à 75 p. 100 de nitro-glycérine; et il est arrivé à leur faire atteindre, à une distance de 1^{mille},4, un but de 45 mètres de long sur 15 mètres de large, dans la proportion de 50 p. 100 des coups tirés.

La gerbe d'eau produite aux points atteints montait jusqu'à 10 et 11 mètres.

On est même parvenu à lancer des projectiles renfermant 225^{kg} de matière explosive jusqu'à près d'un mille de distance.

En analysant les photographies des divers tirs, on arrive aux conclusions suivantes : dans le tir normal, sur un navire de moyennes dimensions visé en travers, il y aurait de un à cinq coups sur neuf qui porteraient, tant en dessus qu'en dessous de la ligne de flottaison, pour une distance de 1.800 à 2.000^m; et on obtiendrait de un à sept bons coups sur neuf pour une distance de 1.000 mètres.

Dans le tir sur un grand navire d'environ 100 mètres de long, presque tous les coups porteraient à une distance de 1.800 mètres.

Comme canon, l'invention du capitaine Zalinski ne laisse pas que d'avoir de graves inconvénients. Les très grandes pressions qu'il faut donner à l'air qui lance le projectile, exigent d'abord l'usage de métaux non poreux pour les diverses pièces de la chambre à air, et la réalisation de joints parfaitement étanches. Puis l'installation et la manœuvre du levier de tir, qui commande la valve de prise d'air, réclament beaucoup de soin. Ainsi il faut que le levier ne puisse se mouvoir qu'autant que la pièce de fermeture de culasse est bien à son poste. En second lieu, sa manœuvre doit être douce et sans à-coups, sous peine d'avoir une introduction d'air saccadée, faisant l'effet de diverses gargousses de poudre partant successivement.

D'ailleurs, on peut se demander quelle nécessité il y a de recourir aujourd'hui à un canon pneumatique, alors que l'emploi intelligent des poudres lentes actuelles se prête, aussi bien que l'air comprimé, au lancement des engins explosifs, sans craindre l'éclatement prématuré dans leur tube de lancement, ainsi que le prouve la parfaite réussite du lancement à la poudre des torpilles automobiles.

TOME II. — DEUXIÈME PARTIE

TORPILLEURS ET BATEAUX SOUS-MARINS

T^{ME} II, 2^E P^{IE}. — CHAPITRE I

TORPILLEURS

§ 94. **Différentes espèces de torpilleurs.** — Tous les bâtiments de guerre sont aujourd'hui appelés à lancer des torpilles automobiles. Mais il y a toute une catégorie de navires qui ne sont armés que de ces engins, ou tout au plus munis en outre de quelques canons soit revolvers, soit à tir rapide. Leur ensemble constitue les *torpilleurs*, dont il existe différents types.

En commençant par les plus petits, on rencontre les *torpilleurs-vedettes* ayant 18^m à 20^m de long sur 2^m de large, 12 tonnes de déplacement et 18 nœuds de vitesse. Ces bateaux ne lancent absolument que des torpilles, et sont destinés actuellement à être embarqués sur les grands cuirassés, ou à se garer dans les rades et les anfractuosités des côtes. C'est le fameux type anglais Thornicroft, qui excita, à son début, une unanime admiration. On tend à en réduire les dimensions pour l'embarquement. En tous cas, il n'est destiné qu'à agir par surprise, en profitant des circonstances favorables de temps, de mer, de fumée des canons, etc.

Viennent ensuite les *torpilleurs-autonomes* longs de 25^m, 27^m, 33^m, 35^m, larges de 3^m à 3^m,50, déplaçant 30 à 50 tonnes, atteignant 20 nœuds, et capables de caboter le long des côtes par temps maniable, tout en étant encore assez petits pour n'être

aperçus que difficilement par l'ennemi. Ils sont construits, en France, principalement par Normand et les forges et chantiers de la Méditerranée. En Angleterre, ils sortent des ateliers de Thornicroft ou de ceux de Yarrow.

On avait songé, chez nous, à affecter normalement les torpilleurs de 33^m et 35^m à une navigation de long cours, en un mot, à en faire des croiseurs *sui generis*; mais on a dû renoncer à des expériences qu'aucune autre nation maritime n'a du reste imitées, et limiter leurs services à la défense et à l'attaque près des côtes.

Toutefois des tentatives nouvelles ont été faites pour réaliser le *torpilleur de haute mer*, en allongeant le type précédent de plusieurs mètres et en exhaussant les tubes de tir. On arrive ainsi à des bateaux de 38 à 45^m de long sur 3 à 5^m de large, et déplaçant de 70 à 110 tonnes. En même temps, quelques-uns de ces navires visent des vitesses de 23 nœuds et même au delà.

Dans le même ordre d'idées, MM. Yarrow ont produit un torpilleur d'un nouveau type, et présentant quelques particularités intéressantes. C'est le plus grand torpilleur proprement dit qui ait été construit jusqu'à présent. Il a l'avantage d'être protégé dans ses parties vulnérables, y compris la machine, par une armure de 25^{mm} d'acier, ce qui paraît suffisant pour les projectiles des canons à tir rapide, vu la distance à laquelle ce navire pourra être aperçu et l'angle aigu sous lequel ces projectiles l'atteindront. Ses dimensions sont 50^m de long sur 5^m,90 de large. Il est mis en mouvement par deux hélices recevant une force motrice de 1.400 chevaux; il réalise une vitesse de 19 à 20 nœuds. L'armement consiste d'abord en deux tubes lance-torpille placés sur le pont en avant; et les torpilles sont lancées à la poudre. Au milieu du navire et en arrière, il existe encore deux plaques tournantes, sur chacune d'elles sont montés deux tubes formant l'un avec l'autre un angle aigu, et destinés à tirer sur les côtés ensemble ou séparément.

Après les torpilleurs de haute mer, on rencontre des *aviso-torpilleurs* de 60^m de long sur 10^m de large, déplaçant 300 à 400 tonnes; puis des *croiseurs-torpilleurs* de mêmes longueur et largeur, mais calant plus d'eau et atteignant un déplacement de 600 à 1.200 tonnes.

Ces derniers types de navires ne méritent le titre de torpilleurs

qu'en raison de leur armement, constitué presque uniquement de torpilles automobiles, et ne comportant que quelques canons revolvers ou à tir rapide de petit calibre. Eu égard à leurs dimensions relativement élevées, ils ne sauraient songer à attaquer sans être vus de loin. Leur principal but est même de passer à grande vitesse entre les rangs d'une escadre ennemie quelque peu dispersée, et de lancer des torpilles des deux bords à bonne distance, en courant les chances d'une manœuvre aussi audacieuse.

§ 95. **Contre-torpilleurs.** — A tous les torpilleurs, principalement à ceux de dimensions restreintes, on oppose des *contre-torpilleurs*, semblables sous tous les rapports aux torpilleurs à petit tirant d'eau, excepté pour l'armement. Afin de défendre les grands navires contre des antagonistes petits et agiles, les contre-torpilleurs sont munis exclusivement de pièces d'artillerie puissantes, quoique légères, à tir rapide et à répétition. Ils peuvent dès lors donner hardiment la chasse à leurs adversaires, dont les torpilles ne sauraient en principe les atteindre à cause de leur faible tirant d'eau. Pour augmenter l'efficacité des contre-torpilleurs, on tend à leur donner des vitesses extraordinaires de 22 à 25 nœuds.

Il est intéressant de remarquer qu'un canon à tir rapide peut théoriquement frapper 52 fois un torpilleur attaquant le navire qui le porte. Car ce canon tire 12 coups par minute; et depuis sa plus grande portée, qui est de 3.000^m, jusqu'à la distance d'environ 400^m, où le torpilleur est en mesure de lancer sa torpille, il faut à ce bateau 4 minutes 20 secondes pour parcourir 3.000^m — 400^m = 2.600^m, avec une vitesse de 20 nœuds ou 10^m à la seconde. Mais en tenant compte de toutes les circonstances extérieures qui influent sur la précision du tir, l'expérience a montré qu'il ne faut compter pour les touchés que sur le septième des coups tirés.

T^{ME} II, 2^E P^{IE}. — CHAPITRE II

BATEAUX SOUS-MARINS

PRINCIPES GÉNÉRAUX

§ 96. **Première solution rationnelle par l'amiral Bourgeois.** — Toutes les tentatives de bateaux sous-marins faites jusqu'à ces dernières années ont échoué plus ou moins misérablement. Dans les différentes combinaisons proposées, les échecs tenaient moins à des erreurs de principe qu'à l'insuccès de détails importants, que les immenses progrès de la mécanique navale permettent actuellement de réaliser sans mécompte.

« Le *Plongeur* de l'amiral Bourgeois, essayé en 1863 et décrit par l'amiral Pâris dans l'*Art naval*, présentait une solution du problème à grande échelle, rationnelle et en apparence complète. Le savant marin avait longuement étudié les conditions multiples de la navigabilité sous l'eau, à savoir : stabilité d'assiette latitudinale et longitudinale, stabilité de route aussi bien au-dessous de la mer qu'à la surface, stabilité d'immersion à diverses profondeurs, vitesse et rayon d'action appropriés au but militaire poursuivi, aération du navire immergé.

« Le *Plongeur* était en tôle et avait la forme d'un cigare aplati, de façon à restreindre sa résistance à la marche, et à le prémunir contre l'écrasement par la pression de l'eau dans les immersions profondes. Il jaugeait 450 tonnes et avait 40^m de long sur 6^m de large et 3^m de haut. Il était propulsé par une hélice, que commandait une machine mue avec de l'air comprimé à 12^{at} dans une série de réservoirs cylindriques d'un volume total de 150^{mcub}, et qui subvenaient incidemment à l'aération du bateau.

« Les moyens de descente et de remontée comprenaient des réservoirs à eau d'une capacité de 50^{mcub}, pouvant se remplir ou

se vider plus ou moins complètement à l'aide d'un petit cheval. De son côté, la stabilité d'immersion devait s'obtenir au moyen des appareils suivants : 1° un cylindre vertical à piston, communiquant par le haut avec la mer et par le bas avec les réservoirs à air, et constituant un *régulateur de profondeur* ; 2° un gouvernail horizontal double placé à l'arrière du bâtiment ; 3° des hélices de suspension.

« Aux essais, la stabilité générale ainsi que les évolutions à fleur d'eau ne laissèrent rien à désirer ; le navire atteignit une moyenne de 4 nœuds, avec un rayon d'action d'environ 8 milles, et la force de la machine varia de 70 à 10 chevaux *indiqués*. Mais l'équilibre entre deux eaux ne put jamais être obtenu ni en repos, ni en marche : le bateau ne faisait que monter ou descendre, sans qu'il fût possible de l'arrêter, pendant plus de quelques secondes, à une profondeur déterminée. Les divers appareils de stabilité d'immersion étant mus à bras manquaient de puissance, et en outre fonctionnaient trop par *à coups*.

« L'amiral Bourgeois avait bénéficié sur ses devanciers des progrès réalisés dans l'emploi de l'hélice et dans la fabrication des machines. Malheureusement on ne savait pas, à l'époque, confectionner des réservoirs en acier suffisamment légers et des pompes à compression assez puissantes pour emmagasiner couramment de l'air à 100^{at}, et décupler ainsi l'énergie motrice propre à déterminer la marche du bâtiment et son rayon d'action, et à desservir les appareils de stabilité d'immersion.

« On ignorait en outre le principe si fécond de l'*asservissement* des moteurs, que M. Joseph Farcot a le premier posé et mis en pratique dans toute son ampleur en 1868.

§ 97. **Aération des bateaux sous-marins.** — Pour l'aération de son bateau, l'amiral Bourgeois avait, avec raison, rejeté les moyens qui consistent à revivifier chimiquement l'air expiré par l'équipage ; car les matières organiques en suspension dans cet air, et qui sont plus ou moins toxiques, ne se trouvent pas détruites en général par un tel procédé. Il recourait à une pompe pneumatique qui expulsait les gaz viciés ; et les réservoirs à air comprimé remplaçaient ces gaz par un écoulement réglé à la main.

Cet écoulement peut du reste, en principe, être obtenu auto-

matiquement au moyen d'une valve commandée par un anéroïde de très grand diamètre, qui joue dès que la pression de l'endroit où se tiennent les hommes tend à tomber au-dessous d'un point convenu. Au besoin, pour avoir plus de force, on ferait mouvoir la valve par une petite machine avec *servo-moteur* attelé à l'anéroïde.

A propos de l'aération des bateaux sous-marins, il convient de signaler la buée qui se produit parfois dans le compartiment de l'équipage par le refroidissement de l'haleine qu'occasionne l'air renouvelé, en sortant trop rapidement des réservoirs. Ce phénomène peut inquiéter des hommes qui ne sont pas encore aguerris. En tous cas, il diminue la clarté de l'éclairage; mais comme son origine est connue, rien n'est plus facile que de l'éviter.

§ 98. **Moyens d'obtenir la stabilité d'immersion.** — Sans l'emploi de *servo-moteurs*, il n'y a pas de stabilité d'immersion possible; c'est là un point dont l'importance a longtemps échappé aux inventeurs de bateaux sous-marins. En d'autres termes, il faut que les divers organes qui concourent à la stabilité d'immersion soient *asservis* de façon à suivre docilement les mouvements de la main qui les commande.

Quant à ces organes eux-mêmes, ils doivent d'abord, pour les cas de repos ou de petite vitesse, comprendre des *pistons régulateurs*, jouant dans des cylindres destinés à contenir de l'eau et à s'en vider, et placés partie vers l'avant du navire, partie vers l'arrière. A ce procédé fondamental, il importe d'adjoindre à la poupe du bateau un gouvernail horizontal double destiné, dès que la vitesse s'accroît, à diriger verticalement le navire, de même que le gouvernail vertical le guide horizontalement; et, bien entendu, la mise en mouvement doit s'obtenir par une machine avec *servo-moteur*.

Ce dernier mécanisme peut être avec avantage conduit automatiquement par un piston hydrostatique à diaphragme, en contact par une de ses faces avec l'eau ambiante, et contretenu sur sa seconde face par des ressorts antagonistes plus ou moins bandés, suivant la profondeur à atteindre. Ce piston ne saurait, comme la main de l'homme, modérer ou accélérer son effet sur le *servo-moteur* du gouvernail horizontal à mesure que le bateau se rapproche ou s'éloigne du plan d'immersion convenu; et,

abandonné à lui-même, il lancerait sans cesse le navire au-dessus ou au-dessous de ce plan par bonds plus ou moins désordonnés. Mais il y a moyen de l'accoupler à un lourd pendule servant de modérateur ou d'accélérateur de son action.

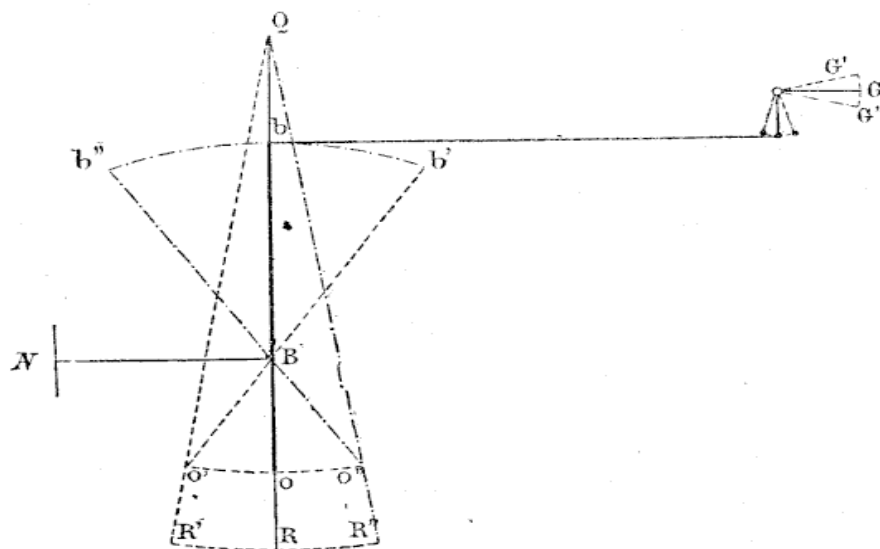


Fig. 7.

Pour cet accouplement, la tige du piston A (fig. 7) s'articule en B avec une tringle ob , dont le haut b est relié au servo-moteur du gouvernail G, et dont le bas est articulé en o avec la tige QR du pendule (tige vue sur la figure en arrière de la tringle). En balançant le pendule de QR en QR' et QR'' sans bouger le piston, la tringle oscille autour du point B, de ob en ob' et ob'' . Au contraire, en mouvant le piston sans toucher au pendule, la tringle oscille autour du point o , qui vient successivement en o' et o'' .

D'après cela, les effets simultanés du piston et du pendule seront de même sens ou de sens contraire à bord du bateau sous-marin, suivant qu'il s'éloignera ou se rapprochera de son plan d'immersion, aussi bien proue en bas que proue en haut; et son centre de gravité décrira ainsi des lacets verticaux très aplatis et presque insensibles à très grande vitesse, en réalisant un équilibre dynamique d'immersion très stable.

L'idée du piston hydrostatique a été mise en avant par M. Courbebaisse, un des ingénieurs attachés aux essais du *Plongeur* de l'amiral Bourgeois. Mais l'invention du pendule régulateur est due à M. Whitehead, de Fiume (Autriche); il l'a appliquée

dès 1872 avec un éclatant succès à ses célèbres torpilles automobiles, et a été suivi en cela par M. Schwarzkopf, en Allemagne, et par les usines établies un peu partout aujourd'hui pour confectionner ces engins. Toutefois, qu'on ne l'oublie pas, la combinaison si remarquablement ingénieuse de M. Whitehead serait demeurée stérile sans l'invention du servo-moteur par M. Farcot.

Pour le réglage des ressorts du piston hydrostatique, il importe de remarquer que la pression de l'eau sur le navire afférente aux diverses immersions, est notablement moindre qu'au repos avec de grandes vitesses du bateau.

Cette observation s'applique aux manomètres destinés à marquer les profondeurs d'immersion.

« Nous n'insisterons pas sur les hélices de suspension, comme procédé pour obtenir la stabilité d'immersion ; car il n'y a moyen de les loger à l'abri des heurts qu'au prix de leur efficacité. En tous cas, elles devraient aussi être commandées par des servo-moteurs.

§ 99. Sur les servo-moteurs en général et sur les servo-moteurs électriques en particulier. — En raison du rôle considérable que les servo-moteurs sont appelés à jouer dans les bateaux électriques, il nous a paru utile de poser nettement et explicitement leur principe et leur jeu.

Les appareils à mouvement incessamment et irrégulièrement intermittent, comme les machines soit à vapeur soit hydrauliques ou électriques, pour gouvernails, pour valves lourdes actionnées par un régulateur à force centrifuge, pour tourelles mobiles, pions, etc., ont grand avantage à être dirigés point à point par un conducteur humain ou automatique, en un mot, à devenir des *moteurs asservis* ou *servo-moteurs*.

Les servo-moteurs doivent s'entendre tant de l'appareil lui-même que de l'ensemble des pièces qui concourent à sa direction, et qui constituent le *système d'asservissement*.

En principe, il suffit, pour réaliser un servo-moteur, de mettre le conducteur à même d'agir incessamment par une manette ou une tringle sur l'organe de distribution de la force motrice au moyen de renvois de mouvement associés à l'une des pièces, tige, arbre, couronne d'entraînement de tourelle, etc., commandées par le moteur. L'association dont il s'agit ne doit pas être une liaison invariable ; mais elle doit permettre à l'organe de distribution un

certain déplacement indépendant, tant pour ralentir que pour arrêter ou renverser la marche de l'appareil.

D'après les conditions précédentes, on pourrait se contenter d'employer pour servo-moteurs les mises en marche ordinaires, pourvu qu'on les associât convenablement à l'arbre de couche.

Il en est qui se trouvent naturellement ainsi constituées; telles sont les mises en marche à engrenage de Mazeline et de Dupuy de Lôme, qui ne diffèrent du reste entre elles que par la dernière pièce servant au changement de calage de l'arbre du tiroir, cette pièce se composant, dans le premier cas, d'un bras claveté sur l'arbre en question, avec pignon satellite à son extrémité, et comprenant, dans le second cas, un plateau fixé sur ce même arbre avec arc denté entaillé dans son pourtour. Ici, la manette du servo-moteur est *ipso facto* le volant de manœuvre des engrenages.

Mais la plupart du temps les mises en marche ne pourraient servir à constituer un servo-moteur qu'à l'aide d'un mécanisme spécial d'association avec l'arbre de couche. Ainsi, pour le secteur Stephenson, il faudrait relier avec ledit arbre le système de relevage, de façon que la manette de ce système fût entraînée par l'arbre, et que son arrêt à la main déterminât un changement de suspension du secteur, et, par effet réflexe, un stoppage ou un renversement de marche de l'appareil asservi.

Par ailleurs, avec les diverses combinaisons précédentes, il se produirait un temps mort relativement important, soit pour mettre le moteur en plein mouvement, soit pour l'arrêter; car il faut que la manette avec laquelle le conducteur agit sur le servo-moteur décrive un certain parcours dans la première opération avant que la machine parte à fond, ou soit maintenue fixe pendant un assez long instant dans la seconde manœuvre. De plus, avec les combinaisons en vue, on ne serait jamais sûr que, pendant les périodes soi-disant *d'arrêt*, le moteur asservi se maintiendrait rigoureusement immobile; car la régulation serait simplement brouillée, et le piston pourrait, par moment, *flotter* plus ou moins, n'étant alors retenu que par les frottements des pièces qu'il commande.

De tout cela résulte la nécessité de combinaisons spéciales. Il en existe deux systèmes fondamentaux.

Dans le premier, les excentriques des tiroirs de distribution sont disposés de façon à avoir leur rayon d'excentricité qui se réduit à zéro à mesure qu'on les décale. De plus, à cette position

l'angle de calage prend la valeur limite de 90 degrés, pour passer brusquement à une valeur égale adjacente si l'on continue le mouvement de décalage, ce qui constitue une solution d'une extrême élégance due à M. Farcot.

Dans le second système en question, on emploie des tiroirs particuliers dit *tiroirs d'asservissement*. Ils sont placés entre le tuyau d'arrivée du fluide moteur et son tuyau d'échappement, et communiquent avec la boîte du tiroir de distribution par deux conduits, aboutissant l'un au-dessus de ce dernier tiroir, l'autre au-dessous. Leur manœuvre fait faire l'admission par ce dessus ou ce dessous à volonté, et conséquemment l'évacuation par le dessous ou le dessus, ce qui permet l'étranglement, l'obstruction ou le renversement simultané du courant de vapeur d'admission et de celui d'évacuation. Les tiroirs d'asservissement sont associés, bien entendu, avec l'arbre de couche par des renvois de mouvement que termine une manette entraînée avec cet arbre, mais qui peut prendre un certain mouvement indépendant. Ce mouvement détermine un déplacement du tiroir d'asservissement, qui par son action précitée sur les courants de vapeur d'admission et d'évacuation modère la marche de l'appareil asservi, l'arrête ou la renverse.

Bien souvent aujourd'hui on a recours à deux tiroirs d'asservissement superposés : celui de dessous a forcément alors son dos percé de trois orifices. Avec cette disposition, et en intercalant dans les renvois de mouvement de la manette à ces tiroirs un petit mécanisme connu sous le nom de *culbuteur*, les deux tiroirs marchent en sens contraire l'un de l'autre, d'où résultent, au grand avantage de la sensibilité du moteur asservi, des ouvertures ou des fermetures presque instantanées des orifices percés dans le dos du tiroir de dessous. La combinaison que nous venons de décrire se rencontre sur beaucoup de torpilleurs pour le petit cheval qui manœuvre le gouvernail.

Dans les deux systèmes d'asservissement précédents, les renvois de mouvement qui associent l'arbre de couche aux excentriques des tiroirs de distribution ou aux tiges des tiroirs d'asservissement, comprennent, en général, un manchon à rainure hélicoïdale avec écrou intérieur. L'ensemble est monté sur un prolongement spécial de l'arbre de couche ou sur un petit arbre particulier, et se trouve combiné de façon à produire un mouve-

ment relatif commandé par la manette, et convertissant la rotation de celle-ci en un va-et-vient, qui, dans le premier système, se transforme à son tour en une rotation hélicoïdale.

Avec les moteurs électriques mus par un courant, l'asservissement se présente naturellement comme devant s'opérer à l'aide d'un commutateur, dont on associerait la partie mobile avec l'arbre de couche par des renvois de mouvement aboutissant à une manette entraînée par l'arbre. Le tout serait, bien entendu, combiné de façon que la manette puisse, sous l'action du conducteur, prendre un certain mouvement indépendant de l'arbre, et ainsi restreindre, interrompre ou changer le contact des lames mobiles du commutateur avec les languettes fixes où aboutiraient les deux bouts du circuit du courant, ce qui déterminerait le ralentissement, l'arrêt ou le renversement de la marche de l'appareil.

Eu égard aux faibles mouvements exigés par les opérations précédentes, la combinaison en vue paraît satisfaisante pour l'asservissement d'un moteur électrique. Mais, en vertu de la force vive de rotation, les anneaux des dynamos pourraient continuer à tourner après l'interruption du courant, si l'arbre n'était pas suffisamment contrevenu par les frottements des pièces qu'il commande. Toutefois, la manette, étant tenue fixe à la main, renverserait bientôt le courant, ce qui finirait par arrêter l'appareil. Encore à partir de ce moment, l'arbre pourrait-il subir des *flottements*, en raison de l'anéantissement intégral de la force motrice par l'interruption du courant.

En semblables conjonctures, l'asservissement serait compromis. Heureusement que, quand il s'agit d'asservir un moteur, celui-ci, d'une part, ne doit jamais prendre de grandes vitesses, et que, d'autre part, il se trouve d'ordinaire suffisamment contrevenu pendant les arrêts. Du reste, s'il n'en était pas ainsi, il serait facile d'imaginer un frein électrique commandé par un électro-aimant, qui fonctionnerait chaque fois que la manette occuperait, par rapport à l'arbre, la position correspondant au stoppage de l'anneau.

Il reste à dire que, dans le système d'asservissement qui nous occupe, les languettes du commutateur devraient être confectionnées en charbon de cornue, au moins sur les rebords, afin de résister aux échauffements qui se manifesteraient dans les fermetures partielles du courant, produites à l'aide de la ma-

nette pour ralentir la marche de l'appareil. Encore faudrait-il s'assurer si les extra-courants de rupture n'auraient pas des effets destructifs.

Les explications précédentes font voir incidemment qu'on ne saurait, comme font certains auteurs, assimiler les manettes des servo-moteurs à vapeur à un manipulateur électrique ordinaire, c'est-à-dire fonctionnant avec une complète indépendance de l'appareil où se rend le courant.

Enfin, on pourrait encore, pour asservir les dynamos mues par un courant, avoir recours à leurs balais, en montant ces derniers de façon à pouvoir les faire tourner par rapport à l'arbre, et en les associant en outre à celui-ci au moyen de renvois de mouvement avec manette satisfaisant aux conditions ordinaires de l'asservissement. On sait, en effet, qu'en mettant les balais à 90° de leur position normale, ils annulent, par le déplacement des pôles de l'anneau Gramme, l'action des électro-aimants de la dynamo pour entraîner cet anneau ; les balais joueraient alors en quelque sorte le rôle d'un secteur Stephenson.

On serait ici à l'abri des effets destructifs des extra-courants ; mais pour les manœuvres de la dynamo, le mouvement de décalage des balais serait bien plus étendu avec cette combinaison que le déplacement du commutateur dans la combinaison précédente, au détriment de la restriction des temps morts.

D'ailleurs, on se retrouverait en présence des inconvénients signalés plus haut, dus, pour les arrêts, à la force vive acquise de l'anneau et à l'anéantissement intégral de la force motrice par l'interruption du courant, lorsque l'appareil ne se trouve pas suffisamment contrevenu par le frottement des pièces qu'il commande.

§ 100. De la force motrice à employer pour les bateaux sous-marins. — La force motrice appliquée aux navires sous-marins doit varier avec leur destination. Mais les uns et les autres ont besoin de s'approvisionner d'air comprimé, pour l'aération du navire d'abord, puis pour sa sécurité, afin de pouvoir, au besoin, émerger rapidement par la prompte expulsion de l'eau des compartiments de lestage. Dès lors, l'usage de l'air comprimé semble naturel pour propulser les bateaux de petites dimensions destinés à n'agir qu'à proximité d'un bâtiment ou d'un magasin de ravitaillement.

Cependant, pour ces bateaux, l'emploi de l'eau surchauffée vers 195° (14^{at}) a été proposé de préférence, quoiqu'il présente un désavantage marqué comme poids et encombrement par *cheval-heure* (l'énergie *totale* embarquée étant mesurée suivant l'habitude actuelle avec cette unité ambiguë, qui n'est autre que 270 tonneaux-mètres). Ainsi il ne faut, par cheval-heure *indiqué*, que 20^{kg} d'air comprimé à 100^{at}, avec un poids mort (réservoirs et machine proprement dite) de 36^{kg}, tandis qu'il faut 70^{kg} d'eau surchauffée, avec un poids mort sensiblement égal au précédent. La préférence donnée à cette dernière combinaison tient à la difficulté de fonctionner avec de l'air comprimé à de très hautes tensions sans congeler les presse-étoupes et les matières lubrifiantes.

Mais l'agent moteur qui tend à dominer pour les petits navires plongeurs, et qui a fait brillamment ses preuves dans les essais du *Gymnote* à Toulon, c'est l'électricité fournie par des piles ou des accumulateurs actionnant des dynamos. Avec cette combinaison le poids relatif à l'approvisionnement de l'énergie ne change pas pendant la marche, ce qui est avantageux pour la conservation de l'assiette du bateau. Ce poids est en outre bien inférieur par cheval-heure *électrique* au poids de l'eau surchauffée afférent au cheval-heure *indiqué*. Dans le cas d'accumulateurs des derniers types, il vaut 37^{kg}, et ne diffère guère du poids correspondant de l'air comprimé à 100^{at}, dont il n'est même que la moitié environ avec les piles légères chlorochromiques de M. Renard.

Toutefois, le travail des piles est bien moins uniforme que celui des accumulateurs; car elles donnent un coup de fouet au début, et diminuent ensuite d'intensité; de plus, au repos, elles continuent toujours à s'user plus ou moins.

En tous cas, les dynamos avec leurs accessoires de transmission de mouvement, ce qui constitue ici le poids mort, sont beaucoup moins lourdes que les autres machines motrices, au moins pour les petites puissances (12^{kg} par *cheval-électrique*).

En outre, au point de vue de l'encombrement, l'usage de l'électricité l'emporte de beaucoup sur les deux autres systèmes. La dépense est, par contre, très grande; mais la question de prix est ici secondaire.

D'autre part, à bord du bâtiment ravitailleur, on peut facilement ou renouveler les piles, ou recharger les accumulateurs à l'aide de dynamos.

Nous préviendrons toutefois que les dynamos peuvent influencer le compas jusqu'à rendre inerte l'aiguille aimantée. On peut remédier à cet inconvénient en éloignant la rose du champ électrique, ou, au besoin, en ayant recours soit à un électro-aimant compensateur alimenté par le même courant que la dynamo, soit à un enroulement, autour d'un cadre en bois enveloppant l'aiguille, d'un fil parcouru par ledit courant.

Enfin, il convient d'ajouter que l'emploi de l'électricité comme agent moteur général entraîne l'usage d'un servo-moteur électrique pour la manœuvre, aussi bien automatique qu'à la main, du gouvernail horizontal.

En ce qui concerne les bateaux sous-marins destinés à une certaine autonomie et à des parcours de quelque étendue, des dimensions comparativement élevées s'imposent pour la coque, en même temps que l'approvisionnement total d'énergie devient relativement considérable. Le poids de cet approvisionnement par cheval-heure avec les agents précédents cesse d'être pratique; il faut alors emprunter la force motrice principale directement à un combustible minéral alimentant une machine à vapeur très légère, avec une consommation par cheval-heure *indiqué* ne dépassant pas aujourd'hui 1^{kg}. Cette combinaison est d'autant plus rationnelle qu'en somme la navigation sous la mer n'est nécessaire qu'aux approches de l'ennemi, et que le reste du temps le navire peut naviguer à fleur d'eau.

La chaudière est en ce cas à très haute pression; elle peut brûler du charbon de terre comme d'habitude, et ne fonctionner que pendant les émerSIONS, en remplissant subsidiairement des réservoirs d'eau surchauffée. Au moment des descentes, on clôt le foyer et la cheminée, et l'on marche avec les réservoirs.

Mais il est bien plus avantageux d'installer hardiment la chaudière de façon qu'elle continue à marcher sous l'eau en chambre close, entretenue avec une provision d'air comprimé, qu'il est facile de renouveler pendant les émerSIONS. La tension à l'intérieur de la chambre doit alors être constamment maintenue supérieure à la pression d'immersion, de façon que la cheminée débouchant en dehors de cette chambre et terminée par une disposition spéciale, puisse toujours déverser à la mer les gaz de la combustion.

Toutefois, en raison des tensions élevées corrélatives des

grandes profondeurs, les hommes sont obligés ici de se tenir à l'extérieur de la chaufferie. De là la nécessité d'avoir recours pour le combustible au pétrole pulvérisé dans un courant d'air par des jets de vapeur lancés à travers de petites buses, le tout très aisément dirigeable à distance. Le pétrole ainsi brûlé est adopté depuis plusieurs années sur les locomotives du Caucase et les vapeurs de la mer Caspienne, qui se trouvent à proximité de sources de ce combustible liquide; on est d'ailleurs parvenu à supprimer les dangers et les inconvénients du système.

Le pétrole réduit le poids et le volume du combustible de $\frac{1}{3}$. Il est, à la vérité, dix fois plus coûteux que le charbon; mais, répétons-le, la considération de la dépense n'a pas d'importance pour les bâtiments plongeurs.

Si nous recommandons aussi instamment la machine à vapeur d'eau, c'est que, jusqu'à nouvel ordre, elle constitue le *moteur par excellence*, connu jusque dans ses moindres détails, ne donnant lieu à aucun aléa dans sa marche; n'atteignant, avec ses derniers perfectionnements, qu'un poids mort de 40^{kg} par cheval *indiqué*, y compris l'eau des chaudières; et surtout employant, dans le charbon, celui de tous les agents producteurs d'énergie présentement connus qui, après le pétrole et ses dérivés, est le plus riche dans sa combinaison avec l'air.

§ 101. Sur l'échappement des gaz de la combustion et le fonctionnement de la cheminée à bord des bateaux sous-marins, lorsqu'ils sont immergés. — On objectera que le dégagement à la surface de l'eau des gaz de la cheminée pourrait révéler à l'ennemi la marche du bateau sous-marin. Mais ces gaz, composés en grande partie d'acide carbonique, se dissoudraient dans l'eau. Le reste desdits gaz, de même d'ailleurs que l'évacuation inévitable de l'air de respiration de l'équipage, donnerait simplement lieu à des échappements de bulles gazeuses; et il faudrait des circonstances exceptionnelles pour que l'ennemi s'en aperçût.

Quant à l'installation de l'extrémité de la cheminée, pour le déversement à la mer, pendant les immersions, des gaz de la combustion, elle pourrait consister en un siphon muni d'une soupape équilibrée, qu'accompagnerait à l'orifice extérieur du siphon une vanne de sûreté. Cette dernière vanne serait manœu-

vrée à la main pour régler le débit des gaz et éviter toute rentrée de l'extérieur. Un niveau d'eau et un manomètre seraient, du reste, placés entre les deux obturateurs pour voir ce qui se passe dans leur intervalle, et y apprécier la pression par rapport à celle du manomètre d'immersion. De son côté, l'alimentation de la chaufferie par l'air comprimé serait réglée par le même homme, au moyen d'une soupape qu'il manœuvrerait suivant ce qui se passerait au déversement de la cheminée et suivant les indications du manomètre de la chaufferie comparé au manomètre d'immersion.

Au besoin, les gaz de la combustion pourraient se déverser dans une grande caisse, où viendrait puiser une pompe d'expulsion. Cette dernière combinaison n'exigerait plus que la chaudière fonctionnât en chambre close.

§ 102. Aperçu sur les moteurs extra-légers de l'avenir. — Nous réservons l'avenir au sujet des recherches de diverses sortes actuellement en cours pour trouver des moteurs extra-légers et comme poids mort et comme nature de l'approvisionnement d'énergie, tels que les machines à hydrocarbure mélangé, suivant les cas, avec de l'air ou du nitrate d'ammoniaque, le mélange se changeant par l'inflammation en une combinaison gazeuse à l'intérieur même du cylindre moteur ou dans un compartiment annexe. Toutefois, l'invention devra ici être multiple, en ce sens, qu'il faudra organiser les appareils de fonctionnement de la force motrice de façon à éviter à la fois les déflagrations, les ratés d'inflammation, les trop hautes températures et les résidus capables d'engorger ou de détériorer les récipients; en outre, de façon à réaliser un cycle d'opérations à rendement avantageux.

Parmi les divers hydrocarbures susceptibles d'être employés, le pétrole ou mieux la gasoline, volatilisée et brûlée avec l'air, est de beaucoup l'hydrocarbure le plus avantageux comme énergie potentielle (10 à 11.000 calories par kilogramme de combustible). Aussi, est-ce vers le meilleur maniment de cette précieuse substance que se dirigent actuellement les efforts de la plupart des inventeurs. D'ailleurs, on pourra organiser, dans une chaudière à vapeur, un foyer à hydrocarbure et à nitrate d'ammoniaque, fonctionnant par suite sans air.

§ 103. **Résumé sur les bateaux sous-marins, et de leur stabilité de route.** — En résumé, grâce aux immenses progrès de la mécanique navale qui permettent de réaliser avec un plein succès les diverses combinaisons de détail que nous venons d'exposer, la mise en œuvre d'un navire sous-marin n'est pas plus difficile présentement que la conception et la construction d'un bâtiment quelconque, en tenant compte, d'ailleurs, des conditions spéciales de sa navigabilité.

Au surplus, le bateau devra être muni d'un puissant appareil photo-électrique, illuminant à travers des lentilles les alentours jusqu'à une certaine distance sous l'eau, et muni d'écrans destinés à prévenir les lueurs à la surface de l'eau. L'éclairage intérieur se fera naturellement avec des lampes à incandescence.

A un autre point de vue, il faut spécialement, dans la confection des bateaux sous-marins, tenir compte de la forme particulière qui leur est imposée pour les prémunir contre les écrasements par de grandes profondeurs, tout en les proportionnant de façon à réduire la résistance de leur carène à la marche. Mais ces combinaisons obligent en particulier à veiller de près à leur *stabilité de route*.

La stabilité de route d'un navire consiste dans la propriété de cesser assez rapidement de tourner : 1° quand, pour une cause ou une autre, il est dévié accidentellement de la route qu'il suit ; 2° quand, cette déviation étant entravée et rectifiée à l'aide du gouvernail, il revient dans sa première direction, et ne l'outrepasse point par la vitesse rotative subsistant après le redressement de la barre bien manœuvrée.

Lorsqu'un navire manque de la qualité capitale qui nous occupe, il embarde incessamment d'un bord ou de l'autre ; et le capitaine n'est plus maître de la route.

Les arrêts de rotation s'effectuent spontanément grâce aux résistances respectives à tourner qu'offrent, d'une part, la portion de surface du navire située, du côté du mouvement, en avant du centre de gravité, et, d'autre part, la portion de surface en arrière de ce centre et à l'opposé de l'abatée. Ces deux résistances constituent un couple, plus une force appliquée au centre de gravité si elles ne sont pas égales. Pareille force se produit, du reste, pour l'action du gouvernail transportée audit centre. Le couple ainsi constitué se trouve plus ou moins puissant selon

les formes moins ou plus arrondies des deux extrémités de la carène.

Après le début de l'embarquée, ce couple se trouve contrarié; car la marche même du navire, malgré l'action du propulseur, n'a plus lieu suivant la quille, à cause de la vitesse de translation que possède le centre de gravité dans le sens de la première direction. Il résulte de ce chef une dérive en sens contraire du mouvement de rotation, et conséquemment une résistance totale de la carène très complexe. On peut, *grosso modo*, décomposer cette résistance en un couple afférent au mouvement de rotation, et en une résistance correspondant à la marche avec dérive, appliquée à l'avant du bâtiment et inclinée sur l'axe de celui-ci du côté opposé à l'abatée. Cette dernière résistance favorise alors la rotation au détriment de l'arrêt de celle-ci par le couple précité; car son point d'application, dit *centre de dérive*, passe en principe sur l'avant du milieu du navire. Pour restreindre son influence, il faut, à l'aide de la différence de tirant d'eau, faire culer ledit centre.

A l'explication approchée que nous venons de donner, on peut substituer une théorie plus rigoureuse. En somme, la dérive en vue entraîne, pour chaque élément de la surface avant immergée, une diminution de sa vitesse instantanée évaluée perpendiculairement au plan diamétral, voire même un changement de sens de cette vitesse aux approches du milieu du navire, et, conséquemment, il se produit une diminution de la résistance à la rotation; au contraire, il y a augmentation pour chaque élément de la surface arrière immergée. Donc, en accroissant cette dernière surface par la différence de tirant d'eau, on remédie à l'influence désavantageuse de la dérive.

Par ailleurs, celle-ci se trouve augmentée par l'action du gouvernail transportée au centre de gravité; mais elle peut être entravée par l'augmentation de la résistance à la rotation due à la partie arrière de la surface de la carène, en donnant plus de tirant d'eau à cette partie qu'à l'avant.

Enfin, avec grande vitesse, la dérive appuie sensiblement plus contre la mer l'avant du navire que l'arrière, qui trouve une eau déjà repoussée; elle a de la sorte son mauvais effet encore augmenté.

Tout cela explique la nécessité de la différence de tirant d'eau à bord des navires; et s'il en est d'exceptionnels où cette différence n'a que peu d'influence sur la stabilité de route, il faut

l'attribuer à des dissemblances notables entre les formes de l'arrière et de l'avant, qui, par leur seul fait, produisent le même effet avantageux que la différence en question. Mais, en revanche, de pareilles dissemblances peuvent être très défavorables, comme dans les torpilleurs, où la question de vitesse étant capitale, il est impossible de renfler les formes de l'avant; et il n'y a alors moyen de faire culer le centre de dérive que par une différence de tirant d'eau considérable.

Le rôle de la différence de tirant d'eau sur la stabilité de route ne se trouve rigoureusement expliqué dans aucun Traité sur la théorie du navire, ancien ou moderne. En tous cas, on attribue aussi à cette différence une amélioration de la vitesse; mais l'effet est ici dû à ce que la stabilité de route étant accrue, il y a moins d'embardees, et, par suite, moins de travail de propulsion gaspillé de ce fait. On doit aussi remarquer que la différence de tirant d'eau tend à diminuer l'angle d'attaque des sections longitudinales et, par suite, la résistance de la carène.

Avec les bâtiments à voiles, l'effet peut encore être attribué à ce que le vent vient frapper plus avantageusement la toile, et à ce que l'assiette du navire se trouvant changée améliore le sillage.

D'autre part, avec le vent et la mer de côté, surtout si le navire est voilé, il survient de la dérive qui rend le navire ardent, comme cela résulte des explications précédentes; et l'effet est d'autant plus marqué que le sillage est plus grand. La différence de tirant d'eau rend alors le navire moins ardent, en reculant sur l'arrière le centre de dérive, ce qui rapproche ce centre du centre de gravité, et d'ailleurs en augmentant, par une plus profonde immersion, l'efficacité du gouvernail pour contrecarrer l'appel du navire au vent.

Ces mêmes motifs expliquent encore pourquoi la différence de tirant d'eau rend le navire plus maniable, et, par suite, en facilite les manœuvres.

Les considérations précédentes sont d'un intérêt supérieur pour les bateaux sous-marins en raison des formes spéciales et arrondies auxquelles est assujettie leur carène. Il ne faudrait pas hésiter, pour accentuer leur stabilité de route, à les munir, à l'arrière, d'un plan de dérive de forme triangulaire fixé au-dessous de la quille et venant se raccorder avec celle-ci vers le milieu de sa longueur.

§ 104. **Sur l'usage des bateaux sous-marins.** — Le meilleur parti à tirer des bateaux sous-marins est loin d'être précis. Il ne faut pas songer à leur faire perforer les fonds du bâtiment ennemi à coups de canon; car les canons tirés sous l'eau crèvent presque infailliblement. Si ces bateaux sont armés de torpilles automobiles lancées à petite distance ou de torpilles portées, l'explosion peut les atteindre eux-mêmes. D'un autre côté, pour aller fixer contre les flancs du navire attaqué une torpille destinée à être enflammée électriquement à une bonne distance, il faut qu'un homme puisse sortir du bateau, ce qui exige une ouverture à deux portes et diverses installations de détail très minutieuses à réaliser.

Toutefois, les bateaux sous-marins peuvent être très utiles pour explorer une passe hérissée de torpilles, et couper les fils inflammateurs de celles-ci à l'aide d'instruments manœuvrés de l'intérieur du bâtiment. Enfin, on songe à faire des bateaux sous-marins des béliers munis d'un puissant éperon, pour perforer l'ennemi au plus profond de ses œuvres vives, auquel cas il faudrait leur donner de fortes dimensions et une grande vitesse.

Mais de pareilles opérations seront toujours très aléatoires; et leur utilité, aussi bien du reste que l'usage courant des torpilles automobiles, doit à plus ou moins bref délai cesser d'être d'une importance capitale. En effet, il convient de considérer les derniers progrès de l'artillerie navale, où, avec la nouvelle poudre BC pour canons (poudre à peu près de même composition que la poudre BF du fusil de 8^{mm}) et avec des pièces du calibre de 14^{cm} à 27^{cm}, longues de 50 à 42 fois le calibre, on obtient des vitesses initiales de 700^m à 800^m, sans craindre les affouillements de la chambre et de l'âme, comme avec les poudres actuelles surtout appliquées à de semblables longueurs. Malheureusement aux meilleurs choses il y a toujours un revers de médaille; et les très longues pièces de gros calibre pourront compromettre la stabilité de plate-forme du bâtiment par leurs déplacements pendant le tir.

Au surplus, la nouvelle poudre BC donnant peu ou point de fumée, le torpilleur ou le canot porte-torpille ne pourra plus se glisser subrepticement au milieu de la mêlée, exposé du reste trop souvent à prendre un ami pour un ennemi. Mais les gros navires deviendront capables de lancer avec plus de sûreté des torpilles contre leurs adversaires.

En tous cas, il y a les mortiers de bord qui vont faire leur apparition, ainsi que les boulets-torpilles lancés de loin et en bombe, qui, une fois parvenus à une certaine immersion déterminée, doivent glisser horizontalement, grâce à une installation analogue à celle qui donne aux torpilles Whitehead leur stabilité d'immersion.

En dehors du point de vue militaire, il convient de considérer que les bateaux plongeurs pourront servir aux explorations sous-marines, comme le propose l'amiral Pâris.

En construisant une coque suffisamment résistante pour supporter la pression de profondeurs assez grandes, il y aurait moyen d'explorer le fond de la mer, avec des regards convenablement disposés et un éclairage électrique approprié. On se mettrait ainsi à même de surprendre bien des secrets des êtres qui habitent les profondeurs des océans. Puis, au moyen d'instruments spéciaux, sortant de boîtes éclusées, il deviendrait possible de saisir et ramener à bord des spécimens intéressants. Enfin, en restant en communication avec le téléphone, on pourrait guider les dragueurs et les sondeurs. Tout cela peut se faire pratiquement aujourd'hui.

DESCRIPTION DES PRINCIPAUX BATEAUX SOUS-MARINS CONSTRUITS JUSQU'ICI

Après avoir posé les principes généraux concernant tous les bateaux sous-marins, il importe de décrire les navires de l'espèce réalisés jusqu'à ce jour, et de voir, du même coup, jusqu'à quel point chacun d'eux a été établi rationnellement.

§ 105. **Type Dupuy de Lôme.** — M. Dupuy de Lôme avait indiqué une solution du problème. D'après lui, la question des aérostats et celle des bateaux sous-marins devaient marcher ensemble. En effet, le point capital lui paraissait, dans les deux cas, de trouver un moteur puissant et léger ne changeant pas de poids pendant son fonctionnement. La mort l'a empêché de poursuivre son projet; mais M. Zédé a réuni les idées émises par lui; et aidé de MM. Krebs et Romazetti, il a construit le *Gymnote*, qui a été expérimenté avec succès à Toulon.

La forme du bateau est celle d'un fuseau. On lui a donné de

petites dimensions; et l'on a adopté le diamètre de 1^m,80, permettant juste à un homme de se tenir debout. La longueur est 17^m,20, et le déplacement 30 tonnes. On peut soutenir pendant trois heures une vitesse de 10 nœuds au moyen d'une dynamo du système du capitaine Krebs, actionnée par des accumulateurs spéciaux décrits § 636 du tome I. La puissance emmagasinée disponible est de 240 chevaux-heure. Le moteur développe 65 chevaux en fonctionnant à 200 tours, et ne pèse que 2.000^{kg}, y compris l'hélice et les accumulateurs. En adoptant des dimensions plus grandes, on pourrait augmenter la vitesse ou le rayon d'action.

Les précautions nécessaires ont été prises pour rendre le navire habitable et assurer sa navigation; l'équipage ne doit être que de trois hommes. Des réservoirs d'air comprimé servent à renouveler l'atmosphère et à régler la pression intérieure. Des réservoirs d'eau, vidés ou remplis par une pompe que meut une petite machine électrique, permettent de régler à chaque instant la flottabilité et l'assiette.

Deux gouvernails, l'un vertical, l'autre horizontal, manœuvrés par l'électricité, assurent soit la direction horizontale du navire, soit sa position en profondeur. La stabilité d'immersion est obtenue, en marche, par un piston hydrostatique et un pendule genre Whitehead.

L'intérieur est éclairé par des lampes à incandescence. Un appareil optique permet de voir dehors quand on est près de la surface, et dans l'eau lorsque l'on plonge.

Le bateau est destiné à attaquer l'ennemi avec des torpilles portées.

§ 106. **Torpilleur sous-marin Nordenfelt.** — Le but que M. Nordenfelt s'est proposé, est de créer des appareils destinés à transporter avec sécurité des torpilles assez près du navire ennemi pour qu'elles ne puissent manquer leur but.

M. Garret avait présenté jadis les plans d'un bateau sous-marin, qui a été construit par MM. Cochrane, de Liverpool. Ce bateau avait une longueur de 45 pieds (13^m,71), et était formé par l'assemblage de deux cônes réunis au centre par une portion cylindrique.

L'immersion se faisait au moyen de pistons, qui, suivant qu'ils étaient poussés ou relevés, modifiaient le déplacement du bateau,

et aussi par des gouvernails horizontaux placés au milieu de la longueur et qui réglaient l'enfoncement.

La respiration de l'équipage était assurée par une provision d'air comprimé et par diverses compositions chimiques.

Cet engin n'a pas paru utilisable pour des opérations de guerre. L'insuccès provenait des motifs suivants : la force motrice était toujours restreinte, et les dimensions trop faibles ; le bateau n'était pas destiné à lancer des torpilles automobiles, et il n'avait que des machines à bras. En outre, les moyens destinés à le faire monter ou descendre étaient insuffisants.

M. Nordenfelt a apporté de nombreux perfectionnements à ce navire. Son premier bateau sous-marin a été construit à Stockholm ; et des expériences ont été faites en Suède en présence des délégués de la plupart des grands États. Voici les données principales de sa construction :

Longueur 64 pieds (19^m,45) ; maître-bau 9 pieds (2^m,74), et 12 pieds (3^m,65) en mesurant sur le dessus des tambours latéraux ; tirant d'eau 11 pieds (3^m,34) ; déplacement 60 tonnes ; vitesse mesurée sur la base 9 nœuds ; distance parcourue sans reprendre du charbon, 150 milles ; profondeur à laquelle le bateau peut descendre avec sécurité, environ 50 pieds (15^m,20).

Une torpille mobile de 14 pieds (4^m,26), supportée extérieurement à l'avant du bateau, est lancée mécaniquement.

Le bateau est mû par une hélice, qu'actionne une machine à vapeur avec chaudière habituelle. Il est en outre pourvu de deux réservoirs d'eau bouillante, de forme rhomboïdale, avec les extrémités arrondies, contenant à peu près 8 tonnes d'eau et alimentée par la chaudière.

L'appareil d'immersion consiste en deux hélices horizontales mises en mouvement par une machine à vapeur de six chevaux et à double cylindre. Ces hélices sont placées dans des espèces de tambours situés de chaque bord du bateau. Un réservoir contenant 4 tonnes d'eau règle le degré d'enfoncement à flot.

L'équipage se compose de trois hommes.

Lorsque le bateau arrive assez près de l'ennemi pour en être aperçu, il s'enfonce jusqu'au point où la coupole seule apparaît au-dessus de l'eau ; cette manœuvre est effectuée en introduisant de l'eau dans le réservoir à eau froide, en quantité suffisante. Le bateau marche ainsi à fleur d'eau, jusqu'à ce qu'il soit arrivé

assez près pour que sa petite coupole puisse être aperçue. Alors il plonge tout à fait; et il s'avance, entièrement submergé, à une distance convenable, à moins qu'il ne soit obligé de remonter une ou deux fois sa coupole au-dessus de l'eau, pendant quelques secondes, pour rectifier sa direction.

Cette manœuvre de submersion est toujours effectuée en faisant agir mécaniquement les hélices horizontales, qui doivent contre-balancer la tendance naturelle qu'a l'engin à flotter; et la profondeur à laquelle on descend dépend de la vitesse qu'on imprime à ces hélices. Si quelque avarie se produisait, le bateau remonterait de lui-même au niveau de l'eau.

A la surface, le bateau marche au moyen du moteur à vapeur ordinaire; le générateur fonctionne, et sa température est maintenue à un degré correspondant à une pression de vapeur de 150 livres (10^{at}).

Quand le navire s'enfonce dans la mer, on emploie, pour desservir les machines, les réservoirs d'eau bouillante, où les 8 tonnes d'eau sont soumises à la pleine pression de la vapeur. En cas d'accident, tel qu'une voie d'eau qui ne serait pas franchie par les pompes à vapeur, on serait assuré de remonter à la surface en évacuant cette eau.

Au moment de la descente, on ferme le cendrier, les portes du foyer, la cheminée à l'intérieur; et l'on met en marche les hélices horizontales. A ce moment, on dispose comme force motrice de la vapeur fournie par les 8 tonnes d'eau chaude sus-spécifiées, ce qui est suffisant pour parcourir une distance de 14 milles.

Un appareil spécial a encore été adopté pour régler automatiquement la profondeur à laquelle on désire faire flotter le bateau. Il consiste en une valve qui contrôle la quantité de vapeur fournie à la machine des hélices horizontales, et qui se ferme lorsque la pression de l'eau extérieure, agissant sur un bras de levier, fait un contrepoids suffisant. La vapeur cesse alors d'arriver au moteur en question; et le bateau flotte entre deux eaux. S'il remonte, la pression diminue, la valve se rouvre et laisse passer de nouveau la vapeur; les hélices, mises alors en action, ramènent le bateau au niveau précédent.

Les lignes d'eau du navire ont été calculées de façon à présenter le moins de résistance possible après l'immersion; il en résulte que le bateau fonctionne moins bien quand une partie émerge.

La vitesse, à la surface de l'eau, du bateau petit modèle est 9 nœuds; mais il peut fournir une plus grande vitesse en pleine immersion.

Le bateau du grand modèle a 100 pieds de long, 12 pieds au maître-bau, 160 tonnes de déplacement. Vitesse sur la base mesurée, 12 nœuds; distance parcourue sans reprendre de charbon, 900 milles; profondeur à laquelle il peut descendre sans danger, 50 pieds. Deux torpilles mobiles d'environ 14 pieds, maintenues extérieurement à l'avant, sont lancées mécaniquement. Avec le seul charbon contenu dans ses soutes, ce bateau peut tenir la mer pendant au moins 5 jours.

Les points essentiels qui caractérisent les bateaux sous-marins de M. Nordenfelt sont les suivants :

« En se servant de l'eau, dit-il, comme moyen de production de puissance, on est en possession d'un réservoir qui ne peut jamais manquer, et qui est à même de s'alimenter constamment en tout endroit, sans avoir à recourir à la terre ou à un navire ravitailleur.

Si, au contraire, l'électricité était employée, il faudrait se servir, comme réserve de force, d'appareils délicats et spéciaux tels que batteries et accumulateurs; et si ces appareils avaient besoin d'être réparés ou remplacés, le bateau se trouverait complètement hors de combat, à moins d'être à portée de quelque établissement ou navire ravitailleur. La durée des caisses à eau est infiniment supérieure à celle des appareils électriques, qui, en cas d'un long parcours, doivent encore être pourvus d'ingrédients pour les piles, de machines dynamos pour les accumulateurs, afin de les revivifier. »

On n'a besoin d'aucun effort mécanique pour remonter; et le maintien de son axe longitudinal dans une position horizontale étant une condition *sine qua non* pour un bateau sous-marin, on trouve sous ce rapport toute sécurité dans la disposition adoptée pour un gouvernail double horizontal placé à la partie avant, et qui, par l'action d'un piston hydrostatique et d'un pendule genre Whitehead, ramène toujours le bateau dans sa position normale.

En ce qui concerne l'air respirable, quatre hommes ont été enfermés dans le bateau pendant six heures, sans qu'on ait remarqué une diminution appréciable dans l'éclat de la flamme d'une bougie placée sur le plancher, où l'air aurait dû être le

plus impur. Il n'y aurait d'ailleurs aucune difficulté à employer de l'air comprimé.

Quant aux compas, ils fonctionnent comme sur tous les autres navires en fer, et se comportent de même à la surface de l'eau ou en dessous.

Ce qui fait surtout la sécurité du bateau, c'est la très grande probabilité que l'ennemi ne s'apercevra pas de son voisinage.

Par ailleurs, les torpilles qu'il lance présentent l'avantage que les filets en fil de fer ne pourront servir de protection contre elles. En effet, ils seront violemment brisés ou refoulés contre les flancs du navire par le choc de chaque torpille, pesant 4 tonnes, et lancée avec une vitesse de 15 milles à l'heure, de manière que sa charge de 300 livres de dynamite fasse explosion assez près du navire pour produire tout son effet.

Les essais officiels d'un torpilleur sous-marin Nordenfelt, acheté par la Grèce, ont eu lieu à Salamine en juin 1886, sous la surveillance d'une commission désignée par le roi. Le premier jour, le bateau fut submergé plusieurs fois et manœuvré complètement tantôt à la surface, tantôt sous l'eau. Le second jour fut employé à expérimenter le volume d'air emmagasiné. A cet effet, quatre hommes y furent enfermés hermétiquement de midi à six heures du soir sans être incommodés. La commission, pour s'assurer de la profondeur à laquelle le bateau peut être submergé, y fit attacher un cordage de 9^m muni d'une bouée. La bouée disparut, ce qui prouve que la profondeur atteinte dépassait cette limite. Le quatrième jour, le bateau parcourut 10 milles anglais en se servant uniquement de la vapeur emmagasinée dans les réservoirs, la cheminée était fermée ainsi que les portes des fourneaux; le bateau lui-même était clos hermétiquement et en partie submergé. La vitesse exigée par le marché était 8,5 nœuds; elle fut obtenue sans difficulté.

Comme on le voit, M. Nordenfelt a fait un grand pas vers la solution d'un problème important. Mais l'efficacité des bateaux sous-marins donne lieu à des contestations assez nombreuses (§ 104).

Deux nouveaux torpilleurs sous-marins ont encore été construits par M. Nordenfelt pour la Turquie. Ces bateaux ont filé 11 nœuds à fleur d'eau par grosse mer, ce qui est un résultat satisfaisant, puisque la vitesse n'est plus ici de première nécessité. Ils ont plongé avec un plein succès, en suivant bien la

route qui leur avait été assignée, et ont lancé utilement plusieurs torpilles d'exercice.

La coque est construite avec de très fortes tôles à l'épreuve de la balle; et le bateau est armé de deux canons-revolvers.

§ 107. **Torpilleur sous-marin système Goubet.** —

Un type de torpilleur sous-marin a été réalisé par un ingénieur français, M. Goubet, d'après des données provenant du gouvernement russe, qui avait déjà fait construire de petits bateaux sous-marins pour la défense des ports.

Le bateau Goubet possède la même forme que le bateau Nordenfelt; mais il est beaucoup plus petit. Il n'a, en effet, que 5^m,03 de long sur 0^m,98 de large et 1^m,82 de hauteur. La coque est en bronze, et coulée d'un seul jet. Des expériences d'étanchéité à 14^m de profondeur ont donné les résultats les plus satisfaisants.

Le bateau ne doit porter que deux hommes, qui s'asseoient dos à dos au-dessous du panneau par lequel ils sont entrés.

Sur tout le pourtour, de l'*A* à l'*R*, règne une nervure horizontale, le long de laquelle se placent les torpilles que l'on décroche au moment voulu au moyen d'un verrou manœuvré de l'intérieur.

On pénètre dans le bateau par un panneau rectangulaire étanche placé au milieu de la longueur; son hiloire est élevé d'environ 30 centimètres, et se trouve percé de six petites fenêtres une à l'avant, une à l'arrière et deux de chaque côté, permettant aux deux hommes qui composent l'équipage de voir à l'extérieur. Ces hommes assis sur un caisson, dos à dos, l'un regardant l'*A* et l'autre l'*R*, ont les yeux à hauteur de ces vitres. Celles-ci sont munies à l'extérieur de petites brosses manœuvrées de l'intérieur pour les essuyer.

A l'*A* du navire et au-dessus, il existe un éperon tranchant, destiné à éventrer les embarcations. Entre cet éperon et le panneau, est placée une sorte de girouette indiquant à l'intérieur, par une aiguille, la direction du mouvement de l'eau par rapport au bateau.

Par la pointe *A*, sort, à travers un presse-étoupe, une longue tringle creuse, terminée par un sécateur et destinée à couper les fils des torpilles de fond ou autres obstacles. Cette cisaille se manœuvre d'en dedans du navire à l'aide d'une tringle intérieure

à la première. Le tout peut, par une disposition spéciale du presse-étoupe, décrire un cône autour du point de sortie comme sommet.

L'hélice, placée à la pointe *R*, est raccordée avec son arbre par l'intermédiaire d'un joint universel particulier. Au moyen d'une tringle on peut, de l'intérieur, faire varier d'une petite quantité *dans tous les sens* l'inclinaison de l'axe de l'hélice par rapport à celui du navire. On peut ainsi gouverner au moyen de l'hélice et dans tous les sens. Un piston hydrostatique et un pendule genre Whitehead, servent à gouverner dans le sens vertical lorsqu'on marche horizontalement.

Le caisson sur lequel est assis l'homme de l'*A*, contient la dynamo motrice du propulseur et des pompes. L'électricité nécessaire à son fonctionnement est fournie par huit piles d'un genre particulier placées, quatre de chaque bord, entre la coque et les caissons-sièges. Elles occupent la plus grande partie du volume intérieur. Les dimensions de chacune d'elles sont d'environ 35 à 40 centimètres de côté sur 45 centimètres de hauteur. Elles sont hermétiquement fermées, et portent chacune un manomètre indiquant la pression des gaz qui s'en dégagent. Ces gaz peuvent être aspirés et refoulés à l'extérieur par les pompes générales.

Un robinet, d'une forme particulière, placé à bord sur le dos du bateau, permet de lancer à la surface des fusées (au phosphore de calcium, par exemple), indiquant la position du navire.

L'équipage a la faculté de se tenir en communication avec l'extérieur au moyen d'un téléphone à microphone très sensible.

Deux manomètres communiquant avec l'extérieur indiquent la profondeur d'immersion en mètres d'eau.

Une disposition spéciale permet de lester le navire par l'introduction de l'eau à l'intérieur.

Les pompes, au nombre de deux, sont mues par l'arbre moteur au moyen d'une vis sans fin. Elles peuvent refouler à l'extérieur : 1° l'eau servant de lest ; 2° les gaz des piles ; 3° l'air vicié par la respiration.

L'air nécessaire à la respiration est renfermé dans deux réservoirs cylindriques placés dans le fond, et ayant chacun 1 mètre de long et 20 centimètres de diamètre. Ils contiennent de l'air comprimé, au début, à 70^{at} ; ils sont respectivement munis d'un

manomètre. L'approvisionnement ainsi obtenu permet de passer 50 heures sous l'eau.

Enfin, il existe un poids de sûreté placé au-dessous de la quille, et dont le brusque déclanchement permet au bateau de remonter en un clin d'œil à la surface à la moindre alerte.

Le moteur peut donner 1.200 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de 8 nœuds.

On peut faire varier la vitesse à l'aide d'un commutateur à cadran, qui sert aussi à mettre en marche et à stopper.

Le bateau Goubet navigue à fleur d'eau jusqu'à la distance à laquelle il croit pouvoir s'approcher impunément de son ennemi ; il plonge alors, et lance une torpille.

§ 108. **Bateau électrique sous-marin système Waddington.** — M. J.-F. Waddington, de Birkenhead, a inventé et construit un bateau-plongeur électrique qui a été essayé avec succès à Liverpool. Ce bateau, de forme cylindrique, a 37 pieds (11^m,25) de longueur totale, 6 pieds (1^m,83) de diamètre au milieu, et se termine en pointe à chaque extrémité. Sur le sommet se trouve une tourelle de barre, munie de sabords permettant de voir dans toutes les directions, et couverte d'une forte écoutille étanche pour donner accès dans l'intérieur.

La profondeur à laquelle le navire s'enfonce sous l'eau est réglée par deux plans inclinés placés sur les côtés et actionnés par un levier au milieu.

Le gouvernail est situé à l'arrière ; et, par l'effet d'un appareil genre Whitehead agissant automatiquement, il maintient le navire dans une position horizontale.

Les installations intérieures sont organisées de telle sorte que le bateau peut être manœuvré par un seul homme ; mais il en comporte habituellement deux.

A chacune des extrémités, se trouve un compartiment renfermant une provision d'air comprimé, pour le cas où le bateau serait tenu sous l'eau pendant un temps assez long. Mais, en raison de l'absence de chaudière, de feu, etc., il existe, sans avoir besoin de cette réserve, assez d'air pour que deux hommes puissent séjourner six heures sous l'eau.

L'électricité, qui est la force motrice, est emmagasinée dans 50 forts éléments accumulateurs, qui, une fois chargés, peuvent

faire marcher le bateau soit à la surface, soit sous l'eau, à raison de 9 nœuds pendant 10 heures, ou lui faire parcourir environ 250 milles à vitesse réduite, sans avoir besoin d'être rechargés. Le moteur actionne directement l'hélice et lui imprime environ 800 tours par minute. Il peut aussi être attelé directement à une pompe centrifuge, qui, en quelques minutes, viderait, au besoin, les caisses à eau du lest qui sert à immerger le navire.

L'intérieur est éclairé par des lampes à incandescence; et la tourelle est munie d'un puissant éclairage électrique, qui permet à l'homme de barre de voir sous l'eau aussi bien qu'au-dessus. Cet appareil est le plus puissant qui ait été employé jusqu'ici à bord d'un navire.

Un des principaux avantages que l'inventeur prétend avoir réalisés dans ce bateau, consiste en ce qu'il peut être porté sur les bossoirs d'embarcations d'un bâtiment de guerre. Dans cette position, et avant de le mettre à la mer, on peut charger les éléments par des dynamos installées et mues à l'intérieur du dit bâtiment. Le bateau est alors prêt à fonctionner immédiatement.

TOME II — TROISIÈME PARTIE

COMPLÉMENT SUR LES ARMES A FEU

T^{ME} II, 3^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE I

DERNIERS PROGRÈS DANS L'ÉTUDE ET LA COMPOSITION DES EXPLOSIFS ET DANS LES CANONS

ONDE EXPLOSIVE ; THÉORIE DE M. BERTHELOT SUR LES EXPLOSIONS PAR INFLUENCE

§ 109. **Exposé de la question.** — En parlant dans le tome 1^{er} des propriétés des explosifs, nous avons étudié, § 71, les remarquables phénomènes désignés sous le nom d'*explosions par influence*.

Nous avons montré comment certains explosifs, enflammés à l'air libre, brûlent sans explosion, tandis qu'ils détonent avec violence quand on fait partir dans leur voisinage certaines amorces en quantité même minime. Nous avons cité à cet égard l'opinion d'Abel et sa théorie sur les vibrations synchrones. Toutefois le savant chimiste avait établi expressément qu'il s'agissait là d'une propagation mécanique et non calorifique ; et faute de pouvoir préciser cette propagation mécanique dans tous les cas, il avait admis pour les cas particuliers une sorte de sélection, afférente à chaque matière explosible dans l'énergie vibratoire qui lui est communiquée. Ce sont ses élèves, qui, poussant à l'extrême un pareil ordre d'idées, ont cru pouvoir réduire tous les phénomènes d'influence à des phénomènes musicaux.

Rappelons que, suivant cette théorie, la cause déterminante de la détonation d'un explosif par une amorce donnée, réside dans le synchronisme entre les vibrations produites par l'amorce et

celles que le premier corps produirait en détonant, de même qu'une corde à violon résonne à distance à l'unisson avec une autre corde produisant un son.

M. Berthelot, ayant repris l'étude du sujet, a proposé une théorie différente. Voici comment ils s'exprime dans son remarquable ouvrage sur la *Force des matières explosives d'après la thermochimie* :

« L'étude des divers modes de décomposition des matières explosives, et spécialement celle de la détonation comparée à la combustion, et celle des explosions par influence, m'a amené à admettre l'existence d'un mouvement ondulatoire particulier et caractéristique des phénomènes explosifs : c'est l'*onde explosive*. Nous allons la définir d'une façon précise et complète, en montrant comment elle se propage dans les milieux gazeux. En effet, la suite des expériences que j'ai entreprises, avec la collaboration de M. Vieille, nous a conduits à examiner la vitesse de propagation de l'explosion dans les gaz, substances dont la constitution physique donne à ces recherches une portée théorique et un intérêt tout particuliers. Nous avons entrepris cette étude en variant les conditions du phénomène : la pression des gaz, leur nature et leur proportion relative, la forme, la dimension et la nature des vases qui les renferment.

« Nos recherches confirment l'existence d'un nouveau genre de mouvement ondulatoire d'ordre mixte, c'est-à-dire produit en vertu d'une certaine concordance des impulsions physiques et des impulsions chimiques, au sein d'une matière qui se transforme. Ce qui caractérise cet ordre de phénomènes, c'est la production d'une onde explosive ; c'est-à-dire d'une certaine surface régulière, où se développe la transformation, et qui réalise un même état de combinaison, de température, de pression, etc. »

§ 110. **Propagation et caractères de l'onde explosive.** — La surface précédente, une fois produite, se propage dès lors de couche en couche dans la masse tout entière, par suite de la transmission des chocs successifs des molécules gazeuses, amenées à un état vibratoire plus intense en raison de la chaleur dégagée dans leur combinaison et transformée sur place, ou, plus exactement, avec un faible déplacement relatif. Des phénomènes analogues peuvent se développer dans les solides et dans les liquides explosifs.

De tels effets sont comparables à ceux d'une onde sonore,

mais avec cette différence capitale que l'onde sonore est transmise de proche en proche avec une force vive peu considérable, un excès de pression très petit et une vitesse déterminée par la seule constitution du milieu vibrant, vitesse qui est la même pour toute espèce de vibrations. Au contraire, c'est le changement de constitution chimique qui se propage dans l'onde explosive, et qui communique au système en mouvement une force vive énorme et un excès de pression considérable.

Aussi la vitesse de l'onde explosive est-elle tout à fait différente de celles des ondes sonores transmises dans le même milieu. M. Berthelot a observé, par exemple, avec le mélange oxyhydrique, une vitesse de 2.841^m ; tandis que celle de l'onde sonore est seulement de 514^m . Avec le mélange oxycarbonique, la vitesse de l'onde explosive s'élève à 1.089^m , au lieu de 328^m , vitesse de l'onde sonore dans ce mélange même; ou bien encore, au lieu de 264^m , vitesse de l'onde sonore dans l'acide carbonique résultant de la transformation du système.

Observons d'ailleurs que le phénomène explosif ne se reproduit pas périodiquement: il donne lieu à une onde unique et caractéristique; tandis que le phénomène sonore est engendré par une succession périodique d'ondes pareilles les unes aux autres.

La propagation de l'onde explosive est un phénomène tout à fait distinct de la combustion ordinaire. Elle a lieu seulement lorsque la tranche enflammée exerce la pression la plus grande possible sur la tranche voisine; c'est-à-dire lorsque les molécules gazeuses enflammées possèdent la vitesse, et, par conséquent, la force vive de translation maximum: ce qui n'est autre chose que la traduction mécanique de ce fait, qu'elles conservent la presque totalité de la chaleur développée par la réaction chimique, et qui constitue le régime de détonation.

C'est ce que prouve la concordance approchée des calculs fondés sur l'évaluation théorique de la force vive de translation avec les nombres expérimentaux trouvés pour la vitesse de l'onde explosive. C'est ce que montre également l'accroissement corrélatif des pressions et des vitesses, au voisinage du point enflammé.

Le régime de combustion ordinaire répond à un système dans lequel la chaleur est perdue en grande partie par rayonnement, conductibilité, détente, contact des corps environnants, etc., à l'exception de la très petite quantité indispensable pour porter les parties voisines à la température de combustion. L'excès de la

chaleur tend ici à se réduire à zéro, et par suite aussi l'excès de la vitesse de translation des molécules, c'est-à-dire l'excès de pression de la tranche enflammée sur la tranche voisine.

Examinons de plus près les caractères de l'onde explosive.

C'est dans les milieux gazeux que l'étude en est à la fois la plus facile et la plus rigoureuse, et que les résultats offrent la plus grande portée théorique.

Cette onde se propage uniformément, avec une vitesse qui dépend essentiellement de la nature du mélange explosif, et qui est à peu près indépendante du diamètre des tubes, à moins que ceux-ci ne soient capillaires. Elle est également indépendante de la pression, propriété fondamentale qui détermine les lois générales du phénomène.

Enfin, la force vive de translation des molécules du système gazeux, renfermant toute la chaleur développée par la réaction qui le produit, est proportionnelle à la force vive du même système gazeux contenant seulement la chaleur qu'il retient à la température finale de l'expérience. C'est là une relation essentielle que l'expérience confirme, et qui permet de calculer la vitesse de l'onde explosive dans les mélanges les plus divers.

Il semble que dans l'acte de l'explosion un certain nombre de molécules gazeuses, parmi celles qui forment les tranches enflammées tout d'abord, soient lancées en avant avec toute la vitesse répondant à la température maximum développée par la combinaison chimique. Leur choc détermine la propagation de celle-ci dans les tranches voisines; et le mouvement se reproduit de tranche en tranche, avec une vitesse comparable à celle des molécules elles-mêmes.

§ 111. Explication des explosions par influence au moyen de l'onde explosive. — Les considérations précédentes permettent de se rendre compte des explosions par influence, phénomènes singuliers qui ont éveillé au plus haut degré l'attention des artilleurs et des ingénieurs. On a reconnu, par exemple, qu'une cartouche de dynamite ou de coton-poudre provoquée à détoner au moyen d'une amorce de fulminate, fait détoner les cartouches voisines, même à des distances considérables et sans que la détonation résulte d'une propagation directe de l'inflammation. Les torpilles chargées de coton-poudre et plongées sous l'eau, peuvent également détoner sous l'influence de fortes cartouches du même agent placées dans leur voisinage.

Ces phénomènes s'expliquent par le développement de l'onde explosive dans la matière qui détone, et par la violence du choc subit qui en résulte contre le milieu ambiant, et qui se transmet jusqu'à la seconde cartouche par l'intermédiaire de ce milieu. Cette transmission du choc se fait mieux par les solides que par les liquides, mieux par les liquides que par les gaz. Elle se propage d'autant plus énergiquement dans une série de cartouches que l'enveloppe de la première cartouche détonante est plus résistante ; car les gaz atteignent ainsi une plus haute tension avant le déchirement de l'enveloppe.

L'onde explosive n'est inhérente qu'aux particules de la substance détonante. La propagation du mouvement dans la matière chimiquement inactive qui entoure cette substance, a lieu sous la forme d'une onde purement physique, onde dont le caractère est essentiellement différent de celui de l'onde explosive qui a présidé au début du phénomène, et qui est à la fois d'ordre physique et chimique.

Dans l'ingénieuse théorie des vibrations synchrones, la cause déterminante de la détonation d'un corps explosif résiderait dans le synchronisme entre les vibrations du corps qui provoque la détonation et celles que produirait le corps provoqué. M. Berthelot a montré que cette théorie n'explique pas en réalité les faits observés ; et il a établi par des expériences directes la stabilité chimique de la matière en vibration sonore, ces expériences étant exécutées sur les substances les plus instables, telles que l'ozone, l'hydrogène arsénié, l'acide persulfurique, l'eau oxygénée, etc.

On a fait encore une objection capitale à la théorie d'Abel : c'est que l'action réciproque n'a pas lieu, c'est-à-dire que si une substance, comme le coton-poudre, fait exploser par influence une autre substance, comme la nitro-glycérine, celle-ci ne peut produire le même effet sur la première. Toutefois, il convient de faire quelques réserves sur ce point ; car s'il est vrai que, dans les conditions adoptées par Abel, la réciprocité des phénomènes n'a pas été obtenue, il est hors de doute que la nitroglycérine peut servir de détonateur au coton-poudre. Seulement, comme l'onde explosive, qui se propage dans la nitroglycérine à raison de 1.000^m par seconde, se propage à raison de 4 à 5.000^m dans le coton-poudre, cette différence de vivacité explique l'infériorité de la nitroglycérine comme agent provoquant la détonation.

En tout état de cause, les ondes sonores proprement dites ne

sont pas le véritable agent qui propage les décompositions chimiques et les explosions par influence ; leur force vive et leur pression sont trop minimes d'ailleurs pour provoquer de semblables effets. Mais la propagation a lieu en vertu de l'onde explosive suivie d'ondes physiques, phénomène tout différent, et dans lequel la pression et la force vive sont incomparablement plus grandes, et se trouvent incessamment régénérées sur le trajet de l'onde explosive par la transformation chimique elle-même.

Ainsi, d'après la nouvelle théorie, la matière explosive détone par influence, non parce qu'elle transmet le mouvement vibratoire initial en vibrant à l'unisson ; mais, au contraire, parce qu'elle l'arrête et s'en approprie la force vive.

En fait, les explosions par influence exigent deux conditions :

1° Le premier explosif doit être constitué de façon à produire brusquement, par la déflagration, une onde explosive, et par suite une série *très rapprochée* de chocs, régénérant à mesure la force vive dans le trajet de l'onde au sein de la matière détonante ; de là résulte une grande quantité d'énergie, qui se propage dès lors en ondes physiques à travers la matière inerte séparant les deux explosifs.

2° Le corps qui détone par influence doit posséder une structure chimique telle, qu'il y ait prompt transformation en travail calorifique de la force vive des molécules qui viennent le frapper, ce qui élève *subitement* la température de la matière jusqu'au degré qui en provoque la décomposition.

Ces deux conditions peuvent être l'une plus accentuée que l'autre. Cela dépend de la structure de chaque explosif. Et même parfois il n'y a de nécessaire que la réalisation de l'une d'elles. Ainsi, pour quelques corps, comme l'iodure d'azote, la seconde condition semble suffisante ; car ces corps sont d'une sensibilité extrême à la friction en général, et en particulier aux frottements produits par la vibration des parties qui les supportent.

En tous cas, les deux conditions en vue sont distinctes, et ne sont liées entre elles par aucune relation harmonique.

NOUVELLES POUDRES

§ 112. **Poudres sans fumée.** — Nous avons signalé (§ 48, tome I^{er}), la nouvelle poudre découverte par M. Vieille pour le fusil de 8^{mm}. Cette poudre, primitivement désignée par la lettre V,

s'appelle aujourd'hui poudre BF. Elle constitue une remarquable découverte, dont la France continue à posséder seule le secret de composition et de fabrication; et elle a amené une véritable révolution dans la constitution des fusils, comme nous l'avons expliqué au § 535, tome I^{er}.

La poudre BF ne produit que peu ou point de fumée; et elle possède une remarquable force de projection, tout en faisant peu de bruit, n'encrassant pas l'arme et donnant peu de recul.

Il importe de remarquer qu'en principe l'absence de fumée entraîne, toutes choses égales d'ailleurs, un accroissement du travail fourni par la poudre; car la fumée est, en somme, un produit parasite qui emporte avec lui une certaine quantité d'énergie ainsi perdue. Aussi les poudres *sans fumée* sont-elles, *ipso facto*, regardées comme douées d'une grande énergie.

Grâce à la poudre BF, les vitesses initiales des balles de fusil ont passé de 450^m à 600^m. Cet énorme accroissement de vitesse initiale entraîne une augmentation non moins accentuée de la portée et de la pénétration.

M. Vieille, grâce à quelques modifications ingénieuses, a pu appliquer sa poudre aux canons en général. Les résultats sont considérables; car on peut réaliser, avec les divers canons du calibre de 10^{cm} à 37^{cm} et pour des longueurs de pièce de 36 à 42 calibres, un gain de vitesse initiale du projectile de 100 à 200^m, en même temps qu'il y a diminution dans la charge et la pression. En un mot, les vitesses initiales peuvent être portées de 650^m et 700^m à 800^m et 850^m. Pour des longueurs de pièce de 48 calibres, on estime que ces vitesses passeront de 750^m à 900^m.

Les nations militaires se livrent fiévreusement à la recherche de poudres sans fumée. L'Autriche a déjà obtenu d'assez bons résultats pour son fusil *Mänlicher*.

Avec le grand nombre de savants chimistes que possèdent aujourd'hui tous les pays civilisés, ce n'est plus qu'une question de temps pour que les poudres sans fumée deviennent d'une fabrication publique et courante.

Nous avons déjà dit au § 104, combien ces poudres, en dehors de leur influence capitale sur le tir de l'artillerie, joueront incidemment, dans les combats navals futurs, un rôle considérable à cause de leur absence de fumée; car les torpilleurs ou les bateaux porte-torpilles ne pourront guère se glisser subrepticement au milieu de la mêlée, en s'exposant du reste trop sou-

vent à prendre alors les amis pour des ennemis. D'autre part, les gros navires seront à même de lancer avec plus de sûreté des torpilles contre leurs adversaires ; et, pour la même raison, leurs attaques à l'éperon deviendront plus précises.

LES GRANDS ÉTABLISSEMENTS PRODUCTEURS D'ARTILLERIE ;
APERÇU DE LEURS SYSTÈMES

§ 113. — Longtemps la fabrication du matériel d'artillerie pour les puissances autres que l'Allemagne, l'Angleterre et la France, était restée le monopole presque exclusif de deux grands industriels anglais et allemand, Armstrong et Krupp.

S'appuyant l'un et l'autre sur une réputation justement acquise et sur une expérience incontestable, ils ont su se partager, sans avoir à redouter la concurrence en raison des besoins urgents, les commandes des canons et des affûts nécessaires pour l'armement des puissances.

Depuis la guerre de 1870, le gouvernement français ayant fait appel au concours de l'industrie privée pour la construction d'une partie de son matériel de guerre, des établissements d'artillerie se sont créés dans notre pays. Ces établissements, encouragés par de nombreuses commandes, ont été résolument de l'avant. Certains d'entre eux ont montré qu'ils pouvaient faire autre chose qu'usiner sur des plans donnés ; et les gouvernements étrangers qui ne sont pas en mesure de fabriquer chez eux, ont désormais un champ moins limité pour faire choix d'un système d'artillerie répondant aux nécessités locales ou aux vues de leurs comités techniques. En même temps ces établissements sont de puissants auxiliaires pour l'État.

On voit Pl. XII, tome II, fig. 1, quelques dessins des principaux canons que nous allons passer en revue.

§ 114. **Usine Krupp.** — L'usine Krupp fut la première à produire l'acier en grandes masses. Elle arriva, après bien des essais, à constituer un système d'artillerie puissant, se chargeant par la culasse, et offrant de sérieuses garanties au triple point de vue de la solidité, de la puissance et de la précision du tir.

Mais il est certain qu'il se produit en ce moment, contre le

système Krupp, qui fut si longtemps en faveur, une sorte de réaction qui tend à s'accroître chaque jour. Les écrivains militaires français et étrangers qui se sont occupés de cette question, l'attribuent à plusieurs causes. M. Krupp ne cesse de proclamer que son acier au creuset est unique au monde, et doit être considéré comme le métal à canon par excellence. Mais il n'a permis à personne de vérifier cette assertion.

D'autre part, les expériences faites en dehors de ses usines sur des aciers livrés par lui, ont montré que souvent son métal avait une résistance tout à fait ordinaire, et même qu'il ne présentait pas l'aspect et les caractères de l'acier au creuset. Il est donc permis de douter de la supériorité sinon de la qualité de ses produits.

Du reste, quoiqu'en disent les affirmations intéressées et les arguments reproduits récemment à l'appui de cette thèse, le procédé au creuset ne peut donner, pour les gros lingots, un métal d'aussi bonne qualité que celui qu'on obtient par le procédé Martin-Siemens. En effet, dans ce cas, l'acier se refroidissant plus rapidement dans les creusets que sur sole, est plus pâteux au moment de la coulée; le dégagement des produits gazeux auxquels sont dues les soufflures devient alors plus difficile. En outre, la charge et la température de chaque creuset ne pouvant être absolument uniformes, on ne saurait compter sur une coulée aussi homogène que celle d'une masse d'acier de plusieurs tonnes fondue dans un même four.

L'expérience a prouvé la justesse de ces observations, qui se présentent immédiatement à l'esprit quand on examine la question au point de vue théorique. Aussi toutes les grandes aciéries françaises et anglaises ont-elles renoncé à l'emploi du creuset, pour ne faire désormais que de l'acier fondu sur sole.

Enfin, la qualité du métal dépend beaucoup plus des manipulations qu'on lui fait subir que du procédé même par lequel il a été fabriqué; tous les travaux faits et les expériences exécutées depuis quelques années ont prouvé la souveraine importance du forgeage, de la trempe et du recuit. Ces manipulations donnent à l'acier une limite d'élasticité qu'il ne possède pas à l'état naturel, et augmentent considérablement sa résistance à la rupture.

Sous le rapport de la construction, on reproche aux bouches à feu de Krupp de renfermer des éléments de forme irrégulière,

non susceptibles de bénéficier, comme il conviendrait, des opérations de trempe et de recuit. Et en particulier, la jaquette, pièce essentielle, qui supporte tout l'effort longitudinal, ne paraît pas pouvoir, en raison de sa forme, être soumise à la trempe. Le tube est trop mince à sa partie postérieure; et, comme il n'est pas retenu à l'arrière, il s'est produit dans certains cas, notamment avec les canons de 100 tonnes fournis à l'Italie, un déplacement vers l'avant qui a entraîné le rebut de la bouche à feu.

Quant aux canons de 12 pouces et 35 calibres, qui viennent d'être livrés à la Russie, ils n'ont pu donner la vitesse initiale promise de 610 mètres. Le métal a cédé, la chambre s'est déformée au tir; et on a dû, par mesure de prudence, diminuer la charge réglementaire, afin de ne pas dépasser la pression de 2.250 atmosphères, à partir de laquelle les canons augmentaient de diamètre à chaque coup.

Mais ce qui a par-dessus tout contribué à faire abandonner les canons Krupp, c'est le système de fermeture employé. Cette fermeture à coin, compliquée, encombrante et peu maniable, ne permet pas des manœuvres rapides, et donne souvent une obturation défectueuse. Il suffit de la présence d'un grain de sable ou de crasses interposées entre la bague en cuivre et la couronne d'appui, pour provoquer une fuite de gaz qui détériore l'obturateur. Le remplacement de cet obturateur exige des outils spéciaux, des hommes exercés, et, en tout cas, un laps de temps considérable.

On critique encore l'emploi de l'étoupille obturatrice à friction à vis, sujette à des gonflements qui rendent son extraction difficile, au point que, pour certains calibres, le seul remplacement de l'étoupille Krupp exige plus de temps que la manœuvre complète de la culasse des canons français.

Le système Krupp n'est pas muni d'un mécanisme de sûreté; et la mise de feu peut se faire alors que la culasse n'est pas complètement fermée. Enfin, il est bien certain que pendant le tir les servants et les organes de fermeture qui se trouvent sur le côté dans le canon Krupp, sont plus exposés aux coups de l'ennemi que dans le canon français, avec lequel la culasse et les hommes sont, dans les grosses pièces surtout, protégés par la bouche à feu elle-même.

M. Krupp, ne pouvant guère atténuer les défauts inhérents au système même de fermeture qu'il a adopté et dont il a longtemps proclamé la supériorité, a offert à divers gouvernements de leur livrer des canons munis de la fermeture française.

Il paraît difficile que les culasses de ce type usinées par le constructeur allemand qui n'en a jamais fait, présentent les mêmes garanties que celles qui sortent des établissements français accoutumés depuis près de vingt ans à ce genre de travail. De plus, il est évident que la répartition des efforts étant tout autre, le tracé même du canon allemand doit subir, dans ce cas, de très importantes modifications qui en font un véritable canon français.

§ 115. **Usine Armstrong.** — En Angleterre, Armstrong arriva de bonne heure à fabriquer des bouches à feu puissantes; et son système d'artillerie trouve encore quelques partisans parmi les officiers étrangers, qui, avec raison, n'acceptent en aucune façon la fermeture allemande à coin.

Mais divers gouvernements qui étaient restés fidèles au système d'artillerie de ce constructeur, ont été lassés par ses malfaçons. Ils lui reprochent de manquer de précision et de fini dans le travail et l'assemblage des éléments. Les nombreux mécomptes survenus dernièrement encore avec les canons anglais, ont montré qu'à Elswick on n'était pas encore sorti de la période de tâtonnements. Le gouvernement anglais lui-même n'a pas caché ses inquiétudes; et la presse anglaise fit à ce sujet une énergique et patriotique campagne.

Il n'y a rien d'étonnant à ce que ces inquiétudes aient été partagées par les puissances qui s'approvisionnaient chez Armstrong, au point de leur faire entrevoir la nécessité de s'adresser ailleurs.

Du reste, les conditions dans lesquelles s'opère la recette des matières premières ne donnent aucune sécurité relativement à la qualité du métal; et les accidents arrivés en service ont prouvé que sa résistance n'était pas toujours satisfaisante.

La maison Armstrong vient de fabriquer pour le gouvernement espagnol quatre canons de 24^{cm} sur les plans de M. le général Hontoria; ils devaient être livrés en onze mois. Le contrôle espagnol, accoutumé à la construction française, a dû rebuter

dix tubes sur treize qui ont été fabriqués. Ces rebuts ont entraîné un retard de plus d'un an dans l'achèvement de ces bouches à feu; et le bâtiment *Reina Régente* auquel les canons étaient destinés, est resté de longs mois à Barcelone, attendant son artillerie.

Le tracé intérieur des canons Armstrong comprend un tube trop mince, qui résiste mal aux fortes pressions. La jaquette dans laquelle est logée la vis de culasse, supporte à elle seule tout l'effort longitudinal du canon sans que le tube y contribue en aucune façon.

Un autre inconvénient, résultant de la séparation du tube et de la jaquette qui porte l'écrou de culasse, est que, les deux pièces étant soumises à des efforts de sens contraires, si le tube subit un déplacement ou une déformation, il se produit un bâillement ou un défaut de contact entre le tube et la jaquette. Cet accident peut mettre rapidement le canon hors de service; et il est d'autant plus à craindre que les canons Armstrong ne présentent pas une résistance longitudinale suffisante, précisément à cause du manque de solidarité entre les divers éléments. Les déculassements des canons italiens, les accidents dans le genre de celui de l'*Angamos*, où la pièce a été précipitée à la mer, en abandonnant sa frette-tourillon, sont une preuve évidente de ce manque de liaisons.

Le système d'obturation avec coupelle métallique est défectueux; il donne assez fréquemment des duretés de manœuvre. En outre, le remplacement de la bague d'appui encastrée dans le tube est une opération très délicate, qui exige, le plus souvent, le retour du canon à l'atelier, ce qui est inadmissible.

Enfin, la culasse, qui n'est qu'une reproduction de la vis française, laisse à désirer au point de vue de l'agencement des divers mécanismes, qui sont un peu compliqués.

§ 116. **Usines françaises. Usine Cail.** — A côté de cette tendance à abandonner les canons anglais et allemands, il se manifeste en ce moment un grand courant en faveur du matériel d'artillerie construit en France, à cause de la bonne qualité de la matière première mise en œuvre, du fini et de la précision du travail.

Il y a d'abord les usines du Creusot, de Saint-Chamond, etc.,

qui sont si remarquables au point de vue métallurgique. Toutefois elles n'ont point un système d'artillerie qui leur soit propre, et ne font qu'usiner des canons sur les plans des départements de la guerre et de la marine; elles ne peuvent par conséquent être considérées comme des établissements d'artillerie proprement dits. Mais il existe en France deux sociétés qui se sont occupées spécialement des études de matériel de guerre : l'usine Cail, qui construit le matériel de Bange; et les forges et chantiers de la Méditerranée qui fabriquent le matériel Canet.

M. le colonel de Bange a perfectionné la fermeture à vis et le système d'obturation; il a donné son nom au matériel de campagne et de siège réglementaire en France; et toute l'artillerie en acier de l'armée de terre qui a été fabriquée dans les arsenaux de l'État après la guerre franco-allemande de 1870-1871, a été exécutée sur ses plans.

Depuis que cet officier a pris la direction des anciens établissements Cail, il a livré à des puissances étrangères des batteries de campagne et de montagne du même type que les canons de campagne et de montagne français. Mais il n'existe pas, à bord des navires, de canons ou d'affûts de son système.

Le système de construction, que M. le colonel de Bange avait adopté tout d'abord et qui comportait un tube renforcé simplement à l'aide de courtes frettes, ne convient que pour un matériel de campagne dans lequel les réactions sont peu importantes ou pour un matériel de siège peu puissant.

Ces canons lancent, en effet, un projectile léger avec une faible charge d'une poudre parfaitement appropriée à chacun d'eux. Mais on ne saurait appliquer les mêmes principes de construction à des bouches à feu tirant les fortes charges qui sont nécessaires pour obtenir les vitesses qu'on demande aux projectiles de perforation de l'artillerie navale.

Les canons de Bange, de siège et de place, de 120 et de 155^{mm}, ne tirent que des charges maximum de 4^{kg},500 et 9^{kg}; celle du canon de 240^{mm}, de côte, est de 53^{kg}.

A calibre égal, les canons de marine tirent des charges deux et trois fois plus considérables.

Au moment de l'exposition d'Anvers, M. le colonel de Bange construisit un canon de 340^{mm} destiné, dans l'esprit de son inventeur, à l'armement des côtes.

Ce canon était formé d'un tube assez mince renforcé au moyen de frettes courtes à surface intérieure biconique. On espérait, par ce moyen, donner à la pièce une résistance longitudinale suffisante. L'expérience a montré que, même avec un projectile léger et une charge moyenne, ce système de construction ne procurait pas au canon la résistance nécessaire.

Du reste, le frettage biconique, extrêmement difficile à réaliser dans la pratique, n'a que peu d'influence sur la résistance longitudinale si l'inclinaison du cône est faible. Si elle est grande, il faut chauffer la frette à une température très élevée, ce qui recuit trop énergiquement le métal, et lui fait perdre une partie du bénéfice de la trempe.

En outre, le mécanisme de culasse ne saurait, sans modifications importantes, convenir pour le service de la mer.

L'étoupille à friction est sujette à des projections, et donne des fuites de gaz. C'est là un danger pour les servants, qui, à bord, se tiennent derrière la pièce.

Les tracés actuels ne comportent ni appareils de sûreté, ni organes de manœuvre mécanique de la culasse pour les canons de gros calibres.

L'obturateur plastique de M. de Bange convient très bien aux canons puissants, mais à la condition de recevoir plusieurs modifications importantes dans son tracé.

Quant aux canons de côte et de marine français, ils sont faits sur les plans de l'inspection générale de l'artillerie de la marine et d'après des tracés tout à fait différents.

En tout état de cause, on est là en présence d'un système complet d'artillerie, faisant le plus grand honneur au colonel de Bange, qui l'appropriera, du reste, quand il voudra, aux besoins de la flotte.

§ 117. Usine des forges et chantiers de la Méditerranée. — L'artillerie, système Canet, que construit la Société des forges et chantiers de la Méditerranée, offre toutes les garanties de la fabrication française au point de vue de la qualité des matières premières et de leur mise en œuvre.

Le tracé des canons est le résultat d'une longue expérience; il a été établi de façon à éviter, autant que possible, les inconvénients constatés dans les autres systèmes.

M. Canet s'est attaché spécialement à donner à ses bouches à feu une très grande résistance dans le sens longitudinal aussi bien que dans le sens transversal, afin de leur permettre de résister même dans le cas où des pressions anormales viendraient à se développer dans l'âme.

Tous les éléments sont de forme régulière et peuvent subir aisément et efficacement les opérations de martelage, de trempe et de recuit.

Un tube d'une grande épaisseur règne d'une extrémité à l'autre de la bouche à feu.

Deux longs manchons à agrafes, réunis l'un à l'autre par la frette-tourillons et placés avec serrage énergique, viennent étreindre les parties postérieures et antérieures du tube, de façon à établir une solidarité complète entre ceux des éléments constitutifs de la bouche à feu qui ont le plus d'importance. Un ou plusieurs rangs de frettes longues renforcent ce corps de canon.

Toutes les surfaces étant cylindriques, l'assemblage peut se faire avec une grande précision; et le tube, les manchons et la frette-tourillons, forment ainsi un seul et même tout, capable de résister aux efforts dans tous les sens.

Le frettage, ou mieux le manchonnage, se prolonge jusqu'à l'extrémité de la volée, à laquelle il donne une résistance considérable, en vue de l'utilisation des nouvelles poudres très lentes et sans fumée, dont l'emploi ne tardera probablement pas à se généraliser.

Grâce à ce mode d'assemblage des manchons et du tube qui a été breveté, la pièce présente le maximum de résistance.

M. Canet a apporté, en outre, de grands perfectionnements dans la fermeture de culasse, qui est la vis française à filets interrompus, avec disposition spéciale de tête mobile et de mise de feu, avec étoupille obturatrice à percussion, et enfin avec triple appareil de sûreté. La manœuvre de la culasse pour les canons de gros calibre, se fait au moyen d'une seule manivelle que l'on tourne toujours dans le même sens, ce qui rend les opérations d'ouverture et de fermeture plus faciles et plus expéditives qu'avec les deux manivelles distinctes en usage dans la marine française.

Les canons se distinguent par la vitesse initiale considérable qu'ils impriment au projectile. Cette vitesse tient au tracé parti-

culier qui a été adopté pour l'âme, au coefficient de détente des gaz, à l'appropriation des poids de la charge et du projectile au calibre, et à la nature des poudres employées.

On a reproché aux projectiles relativement légers de perdre plus rapidement leur vitesse initiale. Ce reproche est fondé quand il s'agit d'obus trop légers par rapport au calibre. Mais entre les projectiles Canet et ceux de Krupp plus lourds, la différence n'est guère appréciable pour les portées usuelles de 2.000^m, c'est-à-dire pour les distances de combat à la mer; et la puissance vive est sensiblement la même pour les deux espèces de projectiles. Mais le projectile court a sur le projectile long et très lourd l'avantage de se comporter beaucoup mieux dans les tirs sur plaques. Il pénètre plus franchement et est moins exposé à se briser au choc.

Enfin le principal avantage des obus à forte vitesse initiale est de donner une trajectoire plus tendue, et, par suite, d'augmenter les chances d'atteindre le but en étendant davantage la zone dangereuse.

Avec les canons Canet, à 1.000^m, la zone dangereuse est de 33 p. 100 supérieure à ce qu'elle est avec un canon Krupp de même calibre et de même longueur d'âme. Par exemple, si avec un canon Krupp on peut atteindre le but malgré une erreur de 300^m dans l'évaluation de la distance, avec un canon Canet on atteindra encore le but, même dans le cas où cette erreur serait de 400^m.

Enfin, les angles de chute étant moindres quand la trajectoire est plus tendue, les projectiles, lors du tir de plein fouet, frappent les cuirasses sous une incidence plus voisine de la normale. Il en résulte que la diminution de la puissance vive se trouve compensée, et que la perforation est, au moins, aussi grande que celle que l'on obtient avec un projectile plus lourd arrivant avec une puissance vive un peu supérieure, mais sous une incidence plus forte.

En 1886, les canons de 16^{cm} et de 12^{cm} modèle 1885, qui armaient l'avisoir Haïtien le *Toussaint-Louverture*, et qui n'avaient que 30 calibres de longueur, donnaient une vitesse de 620 et 610^m avec des projectiles de 54^{kg} et de 21^{kg}.

En 1887, les canons Canet de 15^{cm} et de 24^{cm} de 36 calibres, modèle 1885, construits sur la demande de l'usine du Creusot

pour l'essai de ses plaques de blindage, ont fourni, avec des projectiles de 40^{kg} et de 166^{kg}, des vitesses de 660 et 683^m. Nous donnons ci-après (§ 132) le tableau des essais du canon de 24^{cm}. Nous indiquons auparavant les principaux renseignements balistiques sur l'artillerie Canet, modèle 1886. Des canons de ce type ont été livrés à l'Espagne, au Portugal, au Japon, à la Grèce, à Haïti, etc.

Depuis 1887, à la suite des expériences faites sur les nouvelles poudres lentes, les types ont été modifiés.

Les changements ont porté sur le tracé de la chambre, la densité de chargement, le poids et la nature de la charge; et les expériences les plus récentes montrent qu'il est absolument certain que les canons modèle 1888, donneront de 600 à 800^m de vitesse suivant la longueur totale de la pièce.

Au point de vue de la matière première, les canons Canet offrent les garanties les plus complètes; car ils sont formés d'éléments d'acier de choix, pris dans les usines qui fabriquent le mieux le métal à canon au moment où se donne la commande. Cette indépendance absolue vis-à-vis des usines métallurgiques est une chose nécessaire; car elle permet seule de s'approvisionner aux meilleures sources, et de n'accepter de ces usines que des éléments de qualité supérieure.

Les aciers choisis sont forgés, trempés et recuits. Ils doivent satisfaire à des épreuves de traction et de choc plus sévères encore, notamment en ce qui concerne la limite d'élasticité, que celles qui sont exigées par la marine française.

Tous ces essais sont faits au grand jour sous les yeux des officiers contrôleurs, qui peuvent rebuter les pièces lorsque les résultats leur paraissent douteux.

En résumé, l'artillerie Canet constitue un ensemble complet de tous les canons réalisables aujourd'hui, et cela dans les meilleures conditions de sécurité, de puissance et de manœuvre.

CANONS CANET DE MARINE ET DE CÔTE M^{le} 1886§ 118. **Canons de 10^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres.	100	100	100	100	100
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	2.400	3.000	3.600	4.200	4.800
Poids du canon en kilogrammes.	960	1.200	1.450	1.700	1.930
Poids du projectile de rupture en kilog.	12	12	12	12	12
Poids de la charge en kilogrammes.	3,6	4,8	5,9	7,2	8,4
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	172	220	266	308	353
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	179,17	183,33	183,45	181,18	182,90
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	463	524	577	660
	1.000 »	404	457	504	576
	1.500 »	354	399	440	504
	2.000 »	320	350	410	439
	2.500 »	302	317	339	382
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	131,40	167,98	203,67	266,48
	1.000 »	99,85	127,77	155,40	202,96
	1.500 »	76,66	97,39	118,40	155,40
	2.000 »	62,64	74,94	90,20	117,90
	2.500 »	59,55	61,47	70,30	89,27
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonfé- rence du projectile	à la bouche .	5,47	7,00	8,48	9,80
	à 500 mètres.	4,17	5,35	6,48	7,40
	1.000 »	5,17	4,07	4,94	5,70
	1.500 »	2,44	3,10	3,77	4,30
	2.000 »	1,99	2,38	2,87	3,30
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gârre.)	2.500 »	1,89	1,96	2,23	2,50
	à la bouche .	154	179	202	221
	à 500 mètres.	130	151	171	186
	1.000 »	109	128	144	158
	1.500 »	93	108	122	132
Portées en mètres, aux angles de tir de.	2.000 »	82	91	103	112
	2.500 »	79	81	88	94
	3°	2.180	2.600	2.940	3.220
	5°	3.200	3.675	4.150	4.530
	7°	3.840	4.580	5.165	5.670
	10°	4.925	5.670	6.415	7.020
	15°	5.985	7.085	8.030	8.770
	20°	6.840	8.130	9.240	10.060
	25°	7.505	8.945	10.165	11.065
	30°	8.010	9.560	10.845	11.815
	35°	8.370	9.990	11.310	12.335
					13.410

§ 119. **Canons de 12^{cm} :**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	120	120	120	120	120
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	2.880	3.600	4.320	5.040	5.760
Poids du canon en kilogrammes.	1.685	2.110	2.535	2.970	3.400
Poids du projectile de rupture en kilog.	21	21	21	21	21
Poids de la charge en kilogrammes.	6,4	8,4	10,4	12,5	14,7
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	300,0	385,4	466,3	539,7	618,3
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	178,04	182,60	183,90	181,70	181,86
Vitesses restantes en mè- tres à	500 mètres.	474	538	586	629
	1.000 »	424	481	524	561
	1.500 »	379	431	468	499
	2.000 »	342	383	419	442
	2.500 »	317	346	375	392
Puissance vive en mè- tres-tonnes à.	500 mètres.	240,53	309,87	367,62	423,55
	1.000 »	192,46	247,69	293,95	336,93
	1.500 »	153,77	198,87	234,48	266,57
	2.000 »	125,22	158,68	187,95	209,15
	2.500 »	107,58	128,16	150,55	164,51
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonférence du projectile.	à la bouche.	7,97	10,22	12,37	14,31
	à 500 mètres.	6,38	8,22	9,75	11,32
	1.000 »	5,10	6,57	7,80	8,94
	1.500 »	4,08	5,27	6,22	7,07
	2.000 »	3,32	4,21	4,98	5,55
	2.500 »	2,85	3,40	3,99	4,53
Épaisseur en centimètres de la plaque en fer for- gé traversée. (formule de Gâvre.)	à la bouche.	19,4	24,7	26,6	28,0
	à 500 mètres.	16,9	19,8	22,1	24,2
	1.000 »	14,7	17,2	19,2	20,9
	1.500 »	12,8	15,0	16,7	18,0
	2.000 »	11,2	13,0	13,5	15,5
	2.500 »	10,2	11,4	12,6	14,1
Portées en mètres, aux angles de tir de	3°.	2.185	2.605	2.940	3.230
	5°.	3.250	3.815	4.250	4.690
	7°.	4.210	4.895	5.430	5.940
	10°.	5.485	6.290	6.890	7.355
	15°.	7.230	8.180	8.860	9.395
	20°.	8.620	9.675	10.390	10.970
	25°.	9.715	10.825	11.585	12.180
	30°.	10.545	11.700	12.480	13.095
	35°.	11.045	12.300	13.095	13.720

§ 120. Canons de 14^{cm}.

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres.	138,6	138,6	138,6	138,6	138,6
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	3.330	4.160	4.990	5.820	6.650
Poids du canon en kilogrammes.	2.570	3.250	3.900	4.570	5.220
Poids du projectile de rupture en kilog.	32	32	32	32	32
Poids de la charge en kilogrammes	9,7	12,7	15,8	19,0	22,4
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	458	587	711	822	942
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	178,29	180,70	182,20	180,00	180,46
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	481	544	599	641
	1.000 »	436	493	543	582
	1.500 »	395	447	488	529
	2.000 »	359	406	442	479
	2.500 »	331	368	401	433
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	à 500 mètres.	377,4	482,8	585,3	670,3
	1.000 »	310,1	396,5	481,0	552,6
	1.500 »	254,5	325,9	388,5	456,5
	2.000 »	210,2	268,9	318,7	374,3
	2.500 »	178,7	220,9	262,3	305,8
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètres de circonfé- rence du projectile	à la bouche	10,49	13,45	16,28	18,82
	à 500 mètres.	8,64	11,05	13,40	15,35
	1.000 »	7,10	9,08	11,01	12,65
	1.500 »	5,83	7,46	8,89	10,45
	2.000 »	4,81	6,16	7,30	8,57
	2.500 »	4,09	5,06	6,00	7,00
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre.)	à la bouche	23,1	26,9	30,4	33,3
	500 mètres.	20,4	23,9	26,9	29,3
	1.000 »	18,1	21,1	23,8	25,9
	1.500 »	16,0	18,6	20,8	23,0
	2.000 »	14,2	16,5	18,4	20,3
	2.500 »	12,8	14,6	16,3	17,9
Portées en mètres, aux angles de tir de.	3°	2.190	2.610	2.950	3.240
	5°	3.320	3.890	4.350	4.715
	7°	4.310	4.995	5.535	5.950
	10°	5.605	6.410	7.035	7.505
	15°	7.410	8.330	9.040	9.575
	20°	8.855	9.840	10.600	11.170
	25°	9.985	11.010	11.810	12.400
	30°	10.830	11.895	12.720	13.320
	35°	11.400	12.515	13.350	13.960

§ 121. Canons de 15^{cm.}.

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	150	150	150	150	150
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	3.600	4.500	5.400	6.300	7.200
Poids du canon en kilogrammes.	3.315	4.190	5.060	5.920	6.790
Poids du projectile de rupture en kilog.	40	40	40	40	40
Poids de la charge en kilogrammes. . .	12	16	20	24	28
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes. . . .	578,36	740,90	896,68	1.037,40	1.188,70
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	174,4	176,8	177,2	175,0	183,0
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	483	547	603	645
	1.000 »	441	500	550	590
	1.500 »	403	456	502	539
	2.000 »	368	416	443	492
	2.500 »	339	380	418	448
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	480,08	615,78	748,31	836,70
	1.000 »	400,24	514,50	622,55	716,40
	1.500 »	334,24	427,93	518,63	597,90
	2.000 »	278,70	356,67	402,07	500,47
	2.500 »	236,51	297,18	359,58	413,65
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonfé- rence du projectile. .	à la bouche.	12,27	15,72	19,02	22,02
	à 500 mètres.	10,19	13,07	15,88	18,13
	1.000 »	8,49	10,92	13,21	15,24
	1.500 »	7,09	9,08	11,00	12,69
	2.000 »	5,91	7,57	8,53	10,57
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée. (Formule de Gâvre.)	2.500 »	5,02	6,31	7,63	8,76
	à la bouche.	25,5	29,7	33,5	36,7
	à 500 mètres.	22,6	26,5	29,9	32,5
	1.000 »	20,2	23,7	26,7	29,2
	1.500 »	18,0	21,1	23,8	26,0
Portées en mètres, aux angles de tir de. . . .	2.000 »	16,1	18,8	20,3	23,2
	2.500 »	14,6	16,8	18,9	20,6
	3°	2.195	2.615	2.960	3.250
	5°	3.330	3.905	4.470	4.735
	7°	4.325	5.015	5.555	5.975
	10°	5.625	6.340	7.070	7.545
	15°	7.420	8.370	9.090	9.625
	20°	8.845	9.885	10.660	11.230
	25°	9.905	11.070	11.885	12.475
	30°	10.810	11.960	12.795	13.400
	35°	11.385	12.580	13.430	14.045
					14.585

§ 122. **Canons de 16^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	164,7	164,7	164,7	164,7	164,7
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	3.950	4.940	5.930	6.920	7.910
Poids du canon en kilogrammes.	4.310	5.430	6.550	7.670	8.750
Poids du projectile de rupture en kilog.	54	54	54	54	54
Poids de la charge en kilogrammes . . .	16,5	21,5	26,5	32,0	38,0
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	773	991	1.199	1.388	1.590
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	179,35	182,50	183,05	180,96	181,71
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	488	553	609	698
	1.000 »	450	509	561	641
	1.500 »	415	469	517	592
	2.000 »	382	432	476	546
	2.500 »	353	398	439	503
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	655,6	841,8	1.021,0	1.341,0
	1.000 »	557,4	713,2	886,4	1.131,0
	1.500 »	474,1	605,5	735,8	964,8
	2.000 »	401,7	513,7	623,7	820,7
	2.500 »	343,0	436,1	530,5	696,5
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètres de circonfé- rence du projectile. .	à la bouche.	14,92	19,12	23,13	26,77
	à 500 mètres.	12,65	16,24	18,70	22,58
	1.000 »	10,75	13,76	16,71	19,18
	1.500 »	9,15	11,68	14,19	16,36
	2.000 »	7,75	9,91	12,03	13,87
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée. (Formule de Gâvre.)	2.500 »	6,62	8,40	10,24	11,78
	à la bouche.	28,8	33,6	37,8	41,4
	à 500 mètres.	25,9	30,3	34,2	37,3
	1.000 »	23,4	27,3	30,9	33,6
	1.500 »	21,2	24,7	27,9	30,5
Portées en mètres, aux angles de tir de. . . .	2.000 »	19,1	22,3	25,1	24,5
	2.500 »	17,3	20,1	22,7	24,8
	3°	2.215	2.645	3.005	3.290
	5°	3.365	3.955	4.430	4.805
	7°	4.380	5.085	5.645	6.080
	10°	5.705	6.545	7.190	7.690
	15°	7.535	8.520	9.265	9.820
	20°	8.990	10.075	10.880	11.475
	25°	10.140	11.290	12.145	12.750
	30°	11.010	12.200	13.075	13.710
	35°	11.630	12.845	13.735	14.370
				14.370	14.940

§ 123. **Canons de 19^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	194	194	194	194	194
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	4.660	5.820	6.980	8.150	9.310
Poids du canon en kilogrammes	6.950	8.750	10.520	12.500	14.260
Poids du projectile de rupture en kilog.	88	88	88	88	88
Poids de la charge en kilogrammes . . .	27	35	43	53	62
Vitesse initiale en mètres	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	1.260,1	1.615,0	1.941,0	2.261,4	2.591,2
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon	181,3	184,6	184,5	180,9	181,7
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	494	539	616	707
	1.000 »	461	522	574	657
	1.500 »	430	487	535	613
	2.000 »	401	453	499	573
	2.500 »	374	423	466	535
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	1.094,7	1.401,8	1.702,3	1.948,2
	1.000 »	953,50	1.222,4	1.478,0	1.696,8
	1.500 »	819,5	1.064,0	1.279,3	1.483,2
	2.000 »	721,4	924,7	1.117,0	1.293,7
	2.500 »	627,5	798,9	974,2	1.121,5
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonfé- rence du projectile . .	à la bouche.	20,68	26,50	32,06	37,10
	à 500 mètres.	17,960	23,00	27,93	31,96
	1.000 »	15,640	20,05	24,25	27,84
	1.500 »	13,610	17,47	20,98	24,33
	2.000 »	11,84	15,17	18,33	21,22
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée. . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	10,30	13,11	15,98	18,40
	à la bouche.	35,2	41,2	46,4	50,8
	à 500 mètres.	32,3	37,7	42,5	46,3
	1.000 »	29,6	34,6	39,0	42,5
	1.500 »	27,2	31,7	35,6	39,0
Portées en mètres, aux angles de tir de. . . .	2.000 »	24,9	29,0	32,7	35,8
	2.500 »	22,8	26,5	30,0	32,8
	3°	2.270	2.725	3.105	3.445
	5°	3.470	4.100	4.615	5.025
	7°	4.535	5.295	5.910	6.390
	10°	5.940	6.850	7.570	8.120
	15°	7.890	8.970	9.805	10.435
	20°	9.450	10.650	11.560	12.230
	25°	10.685	11.965	12.920	13.625
	30°	11.625	12.960	13.945	14.670
	35°	12.285	13.665	14.665	15.400

§ 124. Canons de 22^{cm}.

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	220	220	220	220	220
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	5.280	6.600	7.920	9.240	10.560
Poids du canon en kilogrammes.	10.180	12.870	15.540	18.180	20.740
Poids du projectile de rupture en kilog.	128	128	128	128	128
Poids de la charge en kilogrammes. . .	39	51	63	76	90
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	1.833	2.349	2.842	3.289	3.769
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon	180,00	182,50	182,88	180,91	181,72
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	498	564	621	665
	1.000 »	469	530	584	625
	1.500 »	441	499	549	588
	2.000 »	414	469	516	554
	2.500 »	389	441	485	522
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	1.618	2.076	2.516	2.886
	1.000 »	1.435	1.833	2.225	2.549
	1.500 »	1.269	1.625	1.967	2.256
	2.000 »	1.118	1.435	1.737	2.003
	2.500 »	987	1.269	1.535	1.778
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètres de circonfé- rence du projectile. . .	à la bouche .	26,52	33,99	41,13	47,59
	à 500 mètres.	23,41	30,03	36,41	41,75
	1.000 »	20,77	26,52	32,20	36,88
	1.500 »	18,36	23,51	28,46	32,64
	2.000 »	16,18	20,77	25,14	28,98
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	14,29	18,36	22,21	25,73
	à la bouche .	41,2	48,1	54,2	59,4
	à 500 mètres.	38,1	44,5	50,2	54,7
	1.000 »	35,4	41,2	46,5	50,6
	1.500 »	32,7	38,2	43,1	46,9
Portées en mètres, aux angles de tir de. . . .	2.000 »	30,3	35,4	39,8	43,6
	2.500 »	28,0	32,7	36,9	40,4
	3°	2.310	2.785	3.185	3.515
	5°	3.550	4.215	4.760	5.195
	7°	4.655	5.465	6.120	6.650
	10°	6.120	7.095	7.865	8.460
	15°	8.165	9.335	10.235	10.920
	20°	9.810	11.110	12.100	12.840
	25°	11.115	12.510	13.550	14.330
	30°	12.110	13.565	14.650	15.450
	35°	12.810	14.305	15.415	16.230

§ 125. **Canons de 24^{cm}.**

	24	30	36	42	48
	CALIBRES	CALIBRES	CALIBRES	CALIBRES	CALIBRES
Calibre en millimètres.	240	240	240	240	240
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	5.760	7.200	8.640	10.080	11.520
Poids du canon en kilogrammes.	13.210	16.665	20.085	23.580	26.890
Poids du projectile de rupture en kilog.	166	166	166	166	166
Poids de la charge en kilogrammes . . .	51	66	82	99	116
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes.	237,7	3.041,7	3.686,2	4.265,9	4.888,0
Puissance vive en mètres-tonne par tonne du poids du canon.	180,0	182,5	183,5	180,9	181,7
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	501	567	624	669
	1.000 »	474	535	591	634
	1.500 »	447	506	560	600
	2.000 »	423	478	531	567
	2.500 »	399	450	502	535
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	2.124,1	2.720,6	3.295,1	3.787,5
	1.000 »	1.901,3	2.422,2	2.948,8	3.401,6
	1.500 »	1.690,9	2.166,7	2.653,8	3.046,5
	2.000 »	1.507,2	1.933,6	2.386,0	2.720,6
	2.500 »	1.347,2	1.713,7	2.182,2	2.422,2
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètres de circonfé- rence du projectile . .	à la bouche .	31,53	40,41	48,89	56,57
	à 500 mètres.	28,17	36,08	43,70	50,23
	1.000 »	25,22	32,12	39,41	45,11
	1.500 »	22,43	28,74	35,19	40,40
	2.000 »	20,08	25,64	31,65	36,08
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	17,83	22,73	28,28	32,12
	à la bouche .	45,9	53,6	60,3	66,0
	à 500 mètres.	42,8	49,9	56,3	61,4
	1.000 »	32,9	46,4	52,5	57,4
	1.500 »	37,1	43,3	49,1	53,6
Portées en mètres, aux angles de tir de. . . .	2.000 »	34,6	40,3	46,0	49,9
	2.500 »	32,1	37,4	42,9	46,4
	3°	2.345	2.830	3.250	3.590
	5°	3.615	4.305	4.875	5.335
	7°	4.755	5.595	6.285	6.825
	10°	6.265	7.290	8.110	8.740
	15°	8.385	9.625	10.590	11.325
	20°	10.100	11.485	12.545	13.345
	25°	11.465	12.950	14.075	14.915
	30°	12.505	14.060	15.230	16.100
	35°	13.240	14.845	16.040	16.925

§ 126. **Canons de 27^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	274,4	274,4	274,4	274,4	274,4
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	6.590	8.230	9.880	11.520	13.170
Poids du canon en kilogrammes	20.000	25.240	30.470	35.670	40.200
Poids du projectile de rupture en kilog.	248	248	248	248	248
Poids de la charge en kilogrammes . . .	75	99	122	148	174
Vitesse initiale en mètres	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	3.551,4	4.551,4	5.507,0	6.373,2	7.302,4
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon	177,5	180,3	180,7	178,7	181,6
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	504	571	629	674
	1.000 »	480	543	599	640
	1.500 »	457	517	570	610
	2.000 »	435	492	542	581
	2.500 »	414	468	516	554
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	3.211,5	4.122,0	5.002,0	5.743,3
	1.000 »	2.913,0	3.727,7	4.536,0	5.178,5
	1.500 »	2.640,5	3.379,3	4.107,7	4.704,4
	2.000 »	2.392,3	3.060,4	3.714,0	4.267,7
	2.500 »	2.167,0	2.769,0	3.366,0	3.880,3
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonféren- ce du projectile	à la bouche..	41,19	52,79	63,88	73,93
	à 500 mètres.	37,25	47,80	58,02	66,62
	1.000 »	33,79	43,24	52,62	60,07
	1.500 »	30,63	39,20	47,65	54,57
	2.000 »	27,75	35,50	43,08	49,50
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	25,13	32,12	39,05	45,01
	à la bouche..	54,2	63,3	71,4	78,2
	à 500 mètres.	51,0	59,5	67,2	73,3
	1.000 »	47,9	55,9	63,2	68,7
	1.500 »	45,1	52,6	59,4	64,7
Portées en mètres, aux angles de tir de	2.000 »	42,4	49,4	55,8	60,9
	2.500 »	39,8	46,4	52,5	57,3
	3°	2.395	2.905	3.345	3.710
	5°	3.715	4.445	5.055	5.550
	7°	4.900	5.805	6.545	7.140
	10°	6.490	7.600	8.490	9.485
	15°	8.735	10.090	11.150	11.940
	20°	10.560	12.085	13.260	14.160
	25°	12.020	13.660	14.920	15.865
	30°	13.130	14.860	16.175	17.155
	35°	13.920	15.705	17.055	18.065

§ 127. **Canons de 30^{cm},5.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	305	305	305	305	305
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	7.320	9.150	10.980	12.810	14.640
Poids du canon en kilogrammes.	27.320	34.420	41.640	48.830	55.080
Poids du projectile de rupture en kilog.	340	340	340	340	340
Poids de la charge en kilogrammes. . .	103	125	168	203	238
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	4.868,4	6.239,8	7.567,6	8.738,5	10.011,0
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	173,50	181,25	181,74	178,90	181,70
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	506	574	627	677
	1.000 »	483	549	600	647
	1.500 »	463	525	573	619
	2.000 »	443	502	548	593
	2.500 »	423	480	524	567
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	4.437,8	5.710,8	6.814,0	7.944,1
	1.000 »	4.043,6	5.224,1	6.239,8	7.253,7
	1.500 »	3.715,6	4.777,3	5.710,8	6.934,2
	2.000 »	3.400,7	4.367,9	5.205,1	6.095,0
	2.500 »	3.116,0	3.993,4	4.739,2	5.572,3
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonféren- ce du projectile	à la bouche..	50,81	65,12	78,80	91,19
	à 500 mètres.	46,31	59,60	71,11	82,91
	1.000 »	42,20	54,52	65,12	75,72
	1.500 »	38,78	49,86	59,60	69,31
	2.000 »	35,50	45,58	54,32	63,61
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	32,52	41,68	49,68	58,15
	à la bouche..	61,9	72,2	81,4	89,2
	à 500 mètres.	58,4	68,3	76,3	84,0
	1.000 »	55,1	64,6	72,2	79,4
	1.500 »	52,2	61,1	68,3	75,1
Portées en mètres, aux angles de tir de	2.000 »	49,4	57,8	63,5	71,2
	2.500 »	46,8	54,6	61,0	67,3
	3°	2.435	2.965	3.425	3.805
	5°	3.795	4.555	5.200	5.725
	7°	5.020	5.925	6.760	7.395
	10°	6.675	7.830	8.810	9.560
	15°	9.025	10.475	11.630	12.520
	20°	10.945	12.590	13.875	14.855
	25°	12.480	14.265	15.640	16.680
	30°	13.635	15.540	16.985	18.065
	35°	14.480	16.440	17.955	19.035

§ 128. **Canons de 32^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres.	320	320	320	320	320
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	7.680	9.600	11.520	13.440	15.360
Poids du canon en kilogrammes.	31.400	39.580	47.850	55.380	63.180
Poids du projectile de rupture en kilog.	390	390	390	390	390
Poids de la charge en kilogrammes.	118	155	192	233	273
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes.	5.584,8	7.157,4	8.660,5	10.022,4	11.484,0
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	177,85	180,83	180,99	180,97	181,77
Vitesses restantes en mètres à.	500 mètres.	508	575	633	678
	1.000 »	487	551	607	649
	1.500 »	466	528	581	622
	2.000 »	447	506	557	596
	2.500 »	428	484	533	572
Puissance vive en mè- tres-tonnes à.	500 mètres.	5.130,8	6.573,4	7.966,4	9.139,3
	1.000 »	4.715,4	6.036,0	7.325,4	8.374,2
	1.500 »	4.317,4	5.542,7	6.711,3	7.692,0
	2.000 »	3.972,5	5.090,4	6.168,3	7.062,3
	2.500 »	3.642,0	4.657,4	5.618,2	6.505,0
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonfé- rence du projectile	à la bouche.	55,68	71,36	86,35	99,92
	à 500 mètres.	51,15	65,51	79,42	91,12
	1.000 »	47,01	60,18	73,03	83,49
	1.500 »	43,04	55,26	66,91	76,69
	2.000 »	39,60	50,75	61,50	70,41
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée. . . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	36,31	46,43	56,31	64,85
	à la bouche.	65,5	76,5	86,2	94,4
	à 500 mètres.	62,1	72,5	81,8	89,1
	1.000 »	58,9	68,8	77,6	84,4
	1.500 »	55,8	65,2	73,5	80,0
Portées en mètres, aux angles de tir de.	2.000 »	52,9	61,8	69,7	75,8
	2.500 »	50,1	58,5	66,0	72,0
	3°	2.450	2.985	3.455	3.845
	5°	3.825	4.600	5.260	5.795
	7°	5.070	6.040	6.845	7.495
	10°	6.745	7.950	8.930	9.705
	15°	9.135	10.625	11.810	12.735
	20°	11.090	12.785	14.110	15.125
	25°	12.660	14.500	15.920	17.005
	30°	13.865	15.805	17.300	18.425
	35°	14.750	16.730	18.265	19.420

§ 129. **Canons de 34^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres.	340	340	340	340	340
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	8.160	10.200	12.240	14.280	16.320
Poids du canon en kilogrammes.	37.830	48.700	57.670	66.740	76.140
Poids du projectile de rupture en kilog.	470	470	470	470	470
Poids de la charge en kilogrammes.	143	187	232	288	329
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes.	6.730,4	8.625,6	10.437,0	12.078,0	13.839,0
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	177,91	177,11	184,17	180,97	181,75
Vitesses restantes en mètres à.	500 mètres.	509	576	634	729
	1.000 »	489	554	609	699
	1.500 »	470	532	585	670
	2.000 »	451	511	562	643
	2.500 »	434	491	540	618
Puissance vive en mè- tres-tonnes à.	500 mètres.	6.207,6	7.949,4	9.631,0	11.112,0
	1.000 »	5.723,4	7.353,7	8.886,3	10.217,0
	1.500 »	5.292,8	6.781,3	8.199,7	9.329,5
	2.000 »	4.873,5	6.256,4	7.567,7	8.712,0
	2.500 »	4.513,0	5.776,3	6.986,7	8.060,0
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètres de circonfé- rence du projectile	à la bouche .	63,01	80,75	97,71	113,10
	à 500 mètres.	58,11	74,42	90,16	104,00
	1.000 »	53,64	68,85	83,19	95,65
	1.500 »	49,55	63,49	76,77	87,34
	2.000 »	45,63	58,57	70,85	81,56
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre).	2.500 »	42,25	54,08	65,41	75,46
	à la bouche .	70,8	82,6	93,1	101,9
	à 500 mètres.	67,3	78,5	88,5	96,8
	1.000 »	64,0	74,8	84,2	91,9
	1.500 »	60,9	71,1	80,1	86,8
Portées en mètres, aux angles de tir de.	2.000 »	57,8	67,6	76,1	83,1
	2.500 »	55,1	64,3	72,4	79,2
	3°	2.475	3.025	3.505	3.905
	5°	3.870	4.670	5.355	5.910
	7°	5.145	6.150	6.990	7.665
	10°	6.865	8.115	9.140	9.955
	15°	9.320	10.880	12.130	13.100
	20°	11.340	13.120	14.520	15.600
	25°	12.965	14.900	16.410	17.560
	30°	14.210	16.260	17.845	19.045
	35°	15.100	17.220	18.855	20.090

§ 130. **Canons de 37^{cm}.**

	24 CALIBRES	30 CALIBRES	36 CALIBRES	42 CALIBRES	48 CALIBRES
Calibre en millimètres	370	370	370	370	370
Longueur totale de la bouche à feu en m.m.	8.880	11.100	13.320	15.540	17.760
Poids du canon en kilogrammes	48.300	60.900	73.620	85.200	97.200
Poids du projectile de rupture en kilog.	600	600	600	600	600
Poids de la charge en kilogrammes. . .	183	240	296	358	420
Vitesse initiale en mètres.	530	600	660	710	760
Puissance vive en mètres-tonnes	8.592	11.012	13.324	15.419	17.667
Puissance vive en mètres-tonnes par tonne du poids du canon.	177,88	180,82	180,98	180,97	181,76
Vitesses restantes en mètres à	500 mètres.	511	578	636	731
	1.000 »	492	537	613	704
	1.500 »	474	537	590	676
	2.000 »	457	517	569	651
	2.500 »	440	498	548	627
Puissance vive en mè- tres-tonnes à	500 mètres.	7.987	10.219	12.373	14.268
	1.000 »	7.404	9.490	11.494	13.163
	1.500 »	6.872	8.820	10.648	12.217
	2.000 »	6.388	8.176	9.903	11.381
	2.500 »	5.922	7.586	9.185	10.575
Puissance vive en mè- tres-tonnes par centi- mètre de circonféren- ce du projectile.	à la bouche. .	73,91	94,73	114,62	132,65
	à 500 mètres.	68,74	87,91	106,44	122,75
	1.000 »	63,70	81,64	98,88	113,24
	1.500 »	59,12	75,88	91,60	105,10
	2.000 »	54,96	70,33	85,20	97,91
Épaisseur en centimè- tres de la plaque en fer forgé traversée . . (Formule de Gâvre.)	2.500 »	50,94	65,26	79,02	90,98
	à la bouche. .	78,2	91,3	102,8	114,4
	à 500 mètres.	74,7	87,1	98,2	109,5
	1.000 »	71,2	83,2	93,8	102,1
	1.500 »	68,0	79,5	89,4	97,4
Portées en mètres, aux angles de tir de. . . .	2.000 »	65,0	75,8	85,4	93,2
	2.500 »	61,9	72,3	81,5	89,0
	3°	2.500	3.060	3.555	3.965
	5°	3.920	4.745	5.450	6.030
	7°	5.220	6.260	7.130	7.840
	10°	6.985	8.285	9.355	10.210
	15°	9.515	11.140	12.455	13.480
	20°	11.600	13.460	14.940	16.020
	25°	13.280	15.315	16.915	18.140
	30°	14.570	16.730	18.415	19.695
	35°	15.490	17.735	19.470	20.790

§ 131. **Tir de recette du canon n° 1891 de 24^{cm} de 36 calibres, système Canet, M^e 1885. Polygone du Hoc.** — Les données concernant le canon en vue, étaient les suivantes :

Calibre en millimètres	240	Poids de la pièce en kilogrammes . . .	19.225
Longueur totale de la pièce en millim .	8.640	Poids du projectile en kilogrammes . .	166

Les résultats des expériences du tir de recette sont contenus dans le tableau ci-après :

DATES des séances.	NUMÉROS DES COUPS.	POIDS de la charge en kilo- grammes	VITESSE initiale en mètres.	PRESSION sur la culasse par centimètre carré en kilogram.	PUISSANCE VIVE en mètres-tonnes.			ÉPAISSEUR en centimètres de la plaque en fer forgé percée à la bouche (formule de Gâvre).
					total à la bouche.	par tonne de poids du canon.	par centimètre de circon- férence du projectile.	
13 mars 1887, soir.	1	60	525	1336	2332,4	121,32	31,26	42,3
»	2	70	587	1916	2915,9	151,67	39,08	49,5
»	3	80	618	2338	3232,0	168,11	43,32	53,4
»	4	85	648	2595	3553,4	184,83	47,63	57,1
19 mars 1887, matin	5	85	643	2580	3498,8	181,99	46,90	56,5
»	6	90	683	2745	3917,6	205,33	52,91	61,6
»	7	90	675	2615	3835,7	200,55	51,68	60,6
»	8	85	658	2525	3672,3	191,01	49,22	58,6

Les expériences précédentes ont été exécutées au polygone du Hoc, près du Havre. La Société des forges et chantiers de la Méditerranée est le seul établissement d'artillerie, en France, qui possède un tel polygone, permettant de faire les essais de canons et d'affûts à tous les angles de pointage.

Ce polygone, installé à grands frais pour les essais du matériel de la Société et de la Marine française, est muni des appareils enregistreurs les plus perfectionnés; et il y existe des machines de levage permettant de manœuvrer des canons de 100 tonnes.

Il est relié par une voie ferrée à l'atelier d'artillerie et au port du Havre. On est ainsi à même d'y essayer les bouches à feu très rapidement, et d'en faire, immédiatement après, l'expédition par mer, sans qu'il soit besoin de faire usage des chemins de fer.

NOUVELLES FERMETURES DE CULASSE, ET NOUVEAUX AFFUTS

§ 132. **Culasse pour canon à tir rapide, système Canet.** — Le projectile et la gargousse sont ici réunis d'avance. Grâce à cette disposition et à la facilité ainsi qu'à la rapidité de la fermeture de culasse, on réalise un *tir rapide*.

Le mécanisme (Pl. XII, tome II, fig. 2), imaginé à cet effet par M. Canet, a pour but de permettre de conserver la fermeture à l'aide d'une vis segmentée, à laquelle on imprime, en agissant simplement sur un levier, les trois mouvements ordinaires de rotation, de translation et de dégagement sur le côté.

La vis est tronconique. Elle porte sur sa face extérieure et suivant son axe, un tourillon *a* muni d'un coussinet *b* dans lequel est encastré un pivot vertical *c*.

Sur ce pivot est calée une manivelle *d*, qui peut se manœuvrer de droite à gauche, et lui imprime un mouvement de rotation.

La vis-culasse porte sur sa face postérieure un segment denté *e*, engrenant avec un pignon d'angle *f* monté sur le pivot vertical.

Le levier de manœuvre étant dans sa position extrême vers l'avant, on le ramène violemment en arrière. Le pivot vertical en tournant entraîne la vis-culasse par l'effet des engrenages, et lui fait décrire $1/8$ de tour. La vis se trouve alors dégagée de son écrou. Le mouvement du levier continuant, un galet *g*, placé à l'extrémité d'un petit bras venu de forge avec le levier *d*, s'engage dans une rainure latérale *h* de la console, et vient y prendre un point d'appui. L'axe vertical se déplace alors dans la grande coulisse de la console en entraînant la vis de culasse, jusqu'au moment où le coulisseau *k*, que porte le pivot, vient buter à l'extrémité de la coulisse. Le levier *d* entraîne alors la console, qui tourne autour de son axe, et dégage l'ouverture de la chambre à poudre.

La mise de feu se fait au moyen d'un percuteur à ressort *i* logé dans la vis de culasse. Ce percuteur porte deux bagues entre lesquelles s'engage l'extrémité d'un petit levier *m*, dont l'autre extrémité parcourt une rainure pratiquée dans le corps du canon; le tracé est tel que le levier, et par conséquent le percuteur, ne peuvent agir que lorsque la culasse est complètement fermée. Ce mécanisme joue ainsi le rôle de dispositif de sûreté.

Le percuteur vient frapper la capsule de la douille sous l'influence du ressort, lorsque la gâchette n , à laquelle se fixe le cordon tire-feu, agit sur la détente p , qui bascule et abandonne le percuteur.

L'extraction est automatique : elle se fait au moyen de griffes q logées dans la vis de culasse, et qui saisissent le bourrelet de la douille.

Il suffit, après avoir poussé la douille dans la chambre, de ramener le levier dans sa position primitive pour fermer la culasse.

Cette disposition est très simple, la manœuvre est facile et rapide. Tous les avantages de la fermeture à vis sont conservés. L'obturation est excellente ; et l'extraction se fait sans difficulté.

Le dispositif de sûreté empêche de faire feu tant que la culasse n'est pas complètement fermée.

§ 133. **Manœuvre mécanique de culasse pour les canons de gros calibre, système Canet.** — Pour la manœuvre mécanique de la vis de culasse dans les canons de gros calibre, M. Canet emploie une disposition particulière (Pl. XII, tome II, fig. 3). Cette disposition permet aux servants d'exécuter toutes les opérations, en agissant sur une seule manivelle qu'ils tournent constamment dans le même sens.

La vis de culasse est munie sur sa face arrière d'un secteur denté a , engrenant avec une crémaillère b ; cette dernière pièce est portée par un écrou mobile c , monté sur une vis verticale d , faisant corps avec la console.

Lorsqu'on fait tourner la vis d , l'écrou mobile c s'élève. La crémaillère agit sur le secteur denté a , et fait tourner la vis de culasse. Quand la rotation a été suffisante pour dégager la vis de culasse, l'écrou mobile vient buter contre le support supérieur de la vis, qui entraîne alors le pignon e à denture hélicoïdale. Ce dernier engrène avec les filets de la vis de culasse, et la fait sortir de son logement.

Lorsque la vis est arrivée à bout de course, le pignon e vient buter contre l'extrémité de la partie filetée, et se trouve immobilisé. Un loquet, qui relie la console au canon, se dégage alors ; et le système tout entier pivote autour de l'axe g fixé au canon.

Cet axe porte à sa partie inférieure un pignon h , sur lequel on

agit au moyen d'une vis sans fin montée sur un arbre à manivelle.

La manœuvre se fait à la main, au moyen d'appareils hydrauliques ou de transmissions.

La culasse est munie d'un triple appareil de sûreté.

Le grand avantage de ce système est que la manœuvre peut s'opérer dans toutes les positions du canon, et cela avec un seul servant qui n'a besoin d'actionner qu'une seule manivelle.

Le maniement est du reste facile et rapide.

Cette disposition a été adoptée par un certain nombre de pays pour le matériel de côte et de bord.

§ 134. **Affûts. Considérations générales.** — Avec les canons extrêmement puissants que l'on construit actuellement, la question des affûts prend une importance toute particulière.

La puissance vive à absorber pendant le recul étant considérable, il importe d'avoir des affûts très résistants; en même temps un recul très réduit s'impose, afin d'avoir un engin peu encombrant, léger et maniable.

Il faut s'attacher à augmenter la rapidité du tir qui dépend en grande partie de la bonne organisation de l'affût et des appareils de chargement. Cette rapidité dans le tir est devenue une condition essentielle de l'artillerie nouvelle, étant donnée la puissance destructive de chacun des projectiles lancés, qui peut, à lui seul, mettre un navire hors de combat.

Les affûts de bord construits par Krupp sont souvent lourds et encombrants; la manœuvre en est difficile. L'affût proprement dit étant assez élevé, le moment du couple de renversement pendant le tir est considérable. Les freins se trouvent placés très bas; et les soupapes qui ferment leurs orifices, sont chargées d'un ressort dont le fonctionnement n'est pas toujours extrêmement régulier.

Les affûts à col de cygne du système de Bange ne sauraient convenir à des canons puissants, surtout pour le service à bord. Le moment du couple de renversement y est très grand. L'affût tout entier n'est pas maniable, et se trouve beaucoup trop encombrant. Les pièces travaillent à la flexion, au lieu de travailler à la compression ou à la traction, ce qui est plus avantageux.

Les nouveaux affûts, étudiés par M. Canet, ont été établis en

vue de remédier aux défauts constatés en service dans les types existants.

La valve tournante des affûts Vavasseur a été remplacée par un frein à contre-tige centrale, qui permet d'obtenir, à chaque instant, une pression sensiblement constante, condition essentielle si l'on veut qu'il fonctionne bien et ne fatigue pas l'affût.

Le retour en batterie peut se faire avec une vitesse dont on est maître. On met le canon hors batterie hydrauliquement avec une pompe. Cette disposition a l'avantage de donner toute garantie au point de vue du remplissage des cylindres de frein, que l'on peut effectuer en donnant un ou deux coups de piston.

Le canon est absolument immobilisé sur son affût par grosse mer.

Le pointage en hauteur ne se fait plus au moyen d'un volant placé à l'extrémité d'un long arbre de commande, sujet aux grippements et exposé aux coups de l'ennemi, mais à l'aide d'un dispositif simple à galets et à excentrique placé sur un des cylindres de frein, ce qui permet d'exécuter la manœuvre très rapidement et sans effort en agissant sur un volant.

L'emploi d'une couronne de galets sur laquelle repose l'affût, donne une meilleure répartition de la pression sur la sellette, et facilite les manœuvres. Chacun des galets peut être retiré et nettoyé ou changé à part.

Le moment du couple de renversement se trouve minimum, car la distance de l'axe des tourillons à l'axe des cylindres a été aussi réduite que possible ; et l'affût a de la sorte une très grande stabilité.

Le chargement pour les affûts de tourelles s'exécute par un tube central mobile avec l'affût.

§ 135. **Nouveaux affûts marins, système Canet.** — Les premiers affûts marins construits par M. Canet, présentaient une certaine similitude avec les affûts Vavasseur, tout en différant de ceux-ci d'une façon très sensible par les dispositions générales et le détail des divers organes.

Dans son nouveau type d'affûts (Pl. XII, tome II, fig. 4) M. Canet a introduit un certain nombre de modifications importantes. Il ne reste presque plus rien du modèle primitif, dont tous les organes ont été perfectionnés.

Comme dispositions générales, le nouvel affût forme un ensemble plus ramassé et plus robuste; il est moins encombrant, plus léger, plus facile à manœuvrer, et mieux protégé. Il est aussi construit pour résister au tir de canons beaucoup plus puissants.

1° *Freins hydrauliques.* — La valve tournante du frein hydraulique des affûts Vavasseur, a, comme courbe directrice de son mouvement, une hélice à pas constant; par suite, l'ouverture des orifices des pistons ne peut varier que suivant une loi uniforme et d'une façon progressive. Il est alors impossible de régler à chaque instant la résistance du frein de telle façon que la fatigue du système soit aussi réduite que possible.

Dans le nouveau frein des affûts Canet, grâce à une disposition spéciale, on est à même de faire varier l'ouverture des orifices d'une façon quelconque.

Cette variation suit pas à pas celle de la vitesse de recul, et permet de donner au frein une résistance constante pendant toute la durée du recul. On obtient alors du frein le maximum d'effet utile, comme nous l'avons annoncé au § 134; et on supprime en même temps les changements brusques dans son action qui fatiguent l'affût.

Le piston lui-même est disposé de telle sorte que le liquide ne peut s'écouler, pendant le retour en batterie, que par des orifices très étroits dont on règle à volonté l'ouverture. On demeure donc maître de la vitesse de retour en batterie, qui s'exécute, du reste, automatiquement. Par suite de cette disposition, l'affût peut être absolument immobilisé sur le châssis par grosse mer.

La mise hors batterie se fait mécaniquement ou au moyen d'un appareil hydraulique, logé dans l'affût et qui n'exige pas le secours de palans.

Le recul a été réduit d'une façon notable.

2° *Pointage en direction.* — Les transmissions de mouvement et les manœuvres se font au moyen d'engrenages droits; par conséquent le frottement est moindre, et il n'y a pas de dureté à craindre dans le cas où l'affût se tasserait légèrement par suite du tir. Les manœuvres sont donc plus aisées et plus rapides.

3° *Pointage en hauteur.* — La vis sans fin et la roue hélicoïdale ont été supprimées, et remplacées par un système particu-

lier à excentrique formé d'engrenages droits, dont l'un est intérieur et l'autre extérieur.

Ce système est réversible, mais non réciproque. On a conservé le mode de liaison par cône d'entraînement entre le canon et le mécanisme de pointage, pour empêcher les à-coups du canon de se transmettre aux engrenages et de les détériorer.

La suppression d'une partie des frottements, qui étaient dus à la vis sans fin, rend la manœuvre beaucoup plus rapide et plus facile qu'avec les anciens affûts.

Le mécanisme est entièrement protégé contre les projections de terre par une enveloppe métallique.

L'appareil et le volant de manœuvre sont placés sur le cylindre gauche de l'affût.

L'arbre de transmission, qui était disposé parallèlement aux flasques du châssis et était un organe encombrant, délicat et sujet à avaries, a été supprimé.

4° *Sellette*. — L'affût à pivot central, au lieu d'être monté, comme l'affût du type ancien, sur quatre galets, repose sur la sellette par l'intermédiaire d'une couronne de galets fous.

Cette disposition permet de réduire les dimensions de la sellette, de diminuer la hauteur du châssis, et de donner au système plus de stabilité dans tous les sens.

D'autre part, l'effort de percussion se trouve réparti sur un plus grand nombre de points, et fatigue moins la sellette et les ponts. Enfin, le frottement de roulement venant se substituer au frottement de glissement, le pointage de l'affût en direction devient beaucoup plus facile.

Pour les affûts à pivot avant, la sellette en deux parties a été remplacée par une sellette unique à double circulaire, qui répartit plus uniformément sur le pont les efforts dus au tir.

Lorsque la sellette était formée de deux parties, on constatait des duretés de manœuvre, provenant du déplacement de l'une des parties de la circulaire par rapport à l'autre.

L'affût est porté par quatre galets à l'avant et quatre à l'arrière. Il n'y a plus de cheville ouvrière fixée à la muraille du bâtiment, et l'affût n'est maintenu que par une agrafe.

Tous les organes de roulement sont protégés par des recouvrements.

Les nouveaux affûts dont il s'agit ont été soumis à un grand

nombre d'essais et d'expériences de toutes sortes. Ils se sont toujours parfaitement comportés, et se sont signalés par les avantages suivants : réduction notable du recul et du moment du couple de renversement ; excellente répartition des efforts sur le châssis et sur la sellette ; mécanismes de pointage simples, peu encombrants, facilement démontables et peu exposés aux coups de l'ennemi ; système de frein spécial fonctionnant avec une très grande régularité, donnant une résistance sensiblement constante, et agissant aussi bien pendant le retour en batterie que pendant le recul.

Ces affûts sont en service sur plusieurs bâtiments de la flotte française. Ils ont été adoptés par diverses marines et se trouvent à bord de navires espagnols, portugais, japonais, grecs, haïtiens, etc.

§ 136. **Affûts système Canet pour canon de 15^{cm}, à pivot central et à châssis circulaire.** — L'affût à châssis circulaire s'emploie dans certains cas, où l'on a besoin d'un affût relativement léger, donnant des efforts de traction et de percussion aussi réduits que possible. Ce résultat est obtenu en faisant en sorte que la résistance du frein s'exerce toujours suivant la direction même de l'effort de recul.

Le canon (Pl. XII, t. II, fig. 5) est encastré dans un affût A, qui porte les cylindres de frein A' et le récupérateur à ressorts.

Le châssis B se compose de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile. La partie mobile est formée de deux flasques entretoisées, qui ont chacune la forme d'un grand segment circulaire, dont la corde sert de glissière de recul pour l'affût. Les tiges des pistons de frein viennent prendre appui, par l'intermédiaire de coulissex C, sur les glissières circulaires de la partie fixe D du châssis. Cette partie fixe, montée sur une plate-forme horizontale, repose par l'intermédiaire d'une couronne de galets sur la sellette E.

Le canon en reculant refoule le liquide, qui doit passer à travers des orifices dont l'ouverture varie de façon à rendre constante la résistance du frein.

Lorsque le recul est terminé, on permet au récupérateur d'agir et de faire revenir le canon en batterie.

Un appareil spécial de pointage en hauteur avec vis sans fin,

met à même de donner au canon toutes les inclinaisons voulues.

Plusieurs affûts de ce type viennent d'être livrés à la Marine française. Ils sont appelés à rendre de grands services pour le tir sous les grands angles, et particulièrement pour l'installation des mortiers et des obusiers à bord.

§ 137. **Mortier marin de 15^{cm}, système Canet, avec affût à frein circulaire.** — Jadis le tir *courbe* (en bombe) ne s'effectuait en principe qu'à de très petites distances, car il ne peut avoir une certaine précision qu'avec des vitesses initiales modérées; et comme on n'avait alors à sa disposition que des poudres vives, cette condition de vitesse restreinte imposait l'usage de mortiers très courts.

La fabrication récente des poudres lentes, permettant de réaliser des vitesses initiales modérées avec une certaine longueur de pièce, a porté l'attention sur la possibilité d'accroître la portée et la justesse du tir en bombe, et de généraliser ce tir à bord des bâtiments. De là la création de mortiers marins.

Le type proposé par les forges et chantiers de la Méditerranée est représenté Pl. XIII, tome II, fig. 1. Il consiste en une pièce du calibre de 15^{cm} ayant 12 calibres de longueur (au lieu de 24 pour un canon ordinaire). La charge appropriée à cette longueur de 12 calibres donne au projectile une vitesse initiale de 300^m.

L'affût du mortier marin est à frein circulaire; il a été étudié en vue de permettre l'emploi des pièces à feu courbe à bord des navires. C'est un affût à balancier, qui réduit au minimum la percussion sur les ponts, et qui présente cette particularité que le canon, dans le pointage en hauteur, fait constamment le même angle avec son balancier.

Le canon est porté par un balancier double A (vue 1), mobile autour d'un pivot disposé sur une plate-forme B, qui repose sur la sellette C par l'intermédiaire d'une couronne de galets. Le canon est constamment soutenu à l'avant des tourillons par un bras à ressort qui empêche les à-coups de se transmettre à l'affût.

Le frein est circulaire et se compose essentiellement de deux pièces: l'une fixe D (vue 3) formant pivot, et portant des ailettes E qui divisent le frein en trois compartiments; l'autre F formant tambour mobile avec le balancier au moment du recul. Les ailettes intérieures G compriment le liquide qui se trouve dans

l'espace H, et le chassent de l'avant à l'arrière à travers les orifices I convenablement disposés pour donner une résistance constante au frein.

Le balancier est ramené dans sa position primitive par l'effet des ressorts logés dans le cylindre K (vue 1) porté par la plateforme : ces ressorts, comprimés pendant le recul, agissent, dès que ce mouvement est terminé, sur les bielles L (vues 1 et 2).

Le pointage en direction s'exécute en manœuvrant le levier M, qui est muni d'un verrou de fixation.

Le pointage en hauteur s'obtient au moyen du volant N monté sur le manchon Q (vues 1 et 4) du balancier; ce volant agit, par l'intermédiaire d'une vis sans fin, sur un appareil permettant de réduire beaucoup l'effort de rotation. Le mouvement de la vis déplace un manchon O (vue 2) portant un coulisseau P, qui s'engage dans une rainure droite du manchon Q (vue 4), et parcourt en même temps une rainure hélicoïdale tracée sur la face extérieure correspondante du tambour F.

Lorsque le coulisseau se déplace, le balancier tourne autour de son axe en même temps que tout le mécanisme de pointage; et il entraîne le canon en faisant constamment le même angle avec celui-ci.

Cette disposition permet de tirer à tous les angles sans difficultés de chargement, et sans changements très sensibles dans la valeur de l'effort exercé.

T. II, 3^E P^{IE}. — CHAPITRE IINOUVEAUX CANONS A TIR RAPIDE. MITRAILLEUSE AUTOMATIQUE.
FUSILS ET REVOLVERS DE PETIT CALIBRE

§ 138. **Principe des canons à tir rapide. Obus Shrapnel.** — Le *tir rapide* proprement dit ne peut se réaliser qu'avec des pièces de petit calibre, se chargeant d'ailleurs avec des cartouches toutes préparées. Sans cette dernière condition, il n'y a moyen que d'obtenir un *tir accéléré*.

Le tir rapide a pris, dans ces dernières années, une grande extension, pour l'usage des compagnies de débarquement, et plus encore dans le but de perforer de toutes parts et conséquemment de couler les torpilleurs même légèrement blindés, en les accablant d'une pluie de projectiles bien dirigés

Les calibres des canons à tir rapide, qui ne dépassaient pas au début 40^{mm}, ont de plus en plus augmenté, et commencent à atteindre 10^{cm}.

Dès que le calibre dépasse 60^{mm}, on peut faire usage de diverses sortes d'obus indiqués Pl. XIII, tome II, fig. 4, vue 4, et en particulier des obus *shrapnel*, du nom de l'inventeur.

Ces derniers obus sont caractérisés par l'inclusion, à leur intérieur, d'une série de segments circulaires à la fois juxtaposés et superposés, le tout combiné de façon à produire des lignes de rupture qui forcent le corps de l'obus à se briser systématiquement en morceaux. Quelquefois les segments circulaires sont remplacés par des balles groupées méthodiquement contre les parois de l'obus. En tous cas, la substance explosible est placée suivant l'axe du système; et il y a une fusée à temps.

Ce genre de projectiles possède une grande puissance de destruction; car, à l'encontre des boîtes à mitraille, qui, ne renfermant pas d'explosif, sont destinées à éclater dès leur sortie de la pièce grâce à la faible épaisseur de leurs parois, les shrapnel ne se disloquent qu'auprès du but à atteindre, en éparpillant, dans un rayon déterminé, les segments ou les balles qu'ils contiennent, ainsi que les morceaux des parois de l'obus.

La mise en service des poudres sans fumée, qui permettent d'obtenir une augmentation considérable de vitesse du projectile, accroîtra avant peu, dans une proportion formidable, la valeur actuelle des canons à tir rapide.

§ 139. **Types Hotchkiss.** — M. Hotchkiss a été un des premiers à inaugurer avec succès les canons à tir rapide. Depuis sa mort, il s'est formé une compagnie pour exploiter et développer ses brevets.

Grâce à des études suivies, cette compagnie est parvenue à réaliser le tir rapide avec des canons de calibres de moins en moins restreints, et aujourd'hui elle fabrique des pièces depuis le calibre de 37^{mm} jusqu'à celui de 10^{cm}.

Les pièces à tir rapide du système Hotchkiss sont à canon unique.

Les modèles légers comportent un corps d'un seul bloc; les types à grande puissance sont formés d'un tube et d'une jaquette porte-tourillon reliés par une agrafe à vis.

Leur mécanisme, qui est semblable pour tous les calibres, est à coin vertical manœuvré par un levier latéral, dont le mouvement opère l'ouverture et la fermeture de culasse, l'extraction de la douille tirée et l'armement du percuteur. Il comprend les organes suivants :

1° La culasse, qui renferme le percuteur, — son axe, — sa chaînette, — le grand ressort, — la gâchette, — le ressort de gâchette;

2° Le levier de manœuvre avec sa bielle à bouton, — l'extracteur, — la détente, — la vis arrêtoir du coin de culasse.

Tous les types emploient la douille métallique obturatrice portant son amorce, et reliée au projectile chargé en guerre, l'ensemble formant une cartouche analogue à celle des armes portatives.

La bouche à feu ne comporte donc pas d'obturateur; et l'introduction de la charge se fait en un seul temps sans l'aide du refouloir.

A l'exception du canon de dix centimètres et de ceux à calibre supérieur, tous les canons à tir rapide de bord se pointent et se tirent à l'épaule. Ils sont disposés soit sur pivot fixe, soit sur affût à recul limité et rappel automatique. Le pointeur fait feu à volonté en agissant sur la détente. Cette combinaison assure, particulièrement à la mer et sur un but mobile, une efficacité de tir supérieure à celle que l'on peut obtenir par tout autre procédé.

Pour le service à terre, les pièces Hotchkiss sont installées

sur des affûts spéciaux appropriés à chaque destination. La plupart sont à recul limité et à rappel automatique.

§ 140. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 37^{mm}, à pivot et crapaudine, pour tourelle de commandement d'un bateau torpilleur.** — Cette pièce destinée à l'armement des hunes, des torpilleurs légers, et des petites embarcations, est le canon à tir rapide le plus petit qui ait été établi. Il emploie les munitions du canon-revolver léger de 37^{mm}, dont il partage les propriétés balistiques. Très maniable, il peut être transporté par un seul homme, qui suffit en même temps à son service.

Il est monté sur un pivot à fourchette, dont la crapaudine peut être boulonnée sur une partie quelconque, convenablement choisie, d'un bâtiment. Un pare-balles, porté par le pivot, protège le servant qui pointe au moyen de la crosse appuyée à l'épaule gauche, donne le feu et manœuvre la culasse de la main droite, et introduit la cartouche dans l'âme de la main gauche.

Données principales :

PIÈCE.	{	Poids du canon.	33 ^{kg}	
		Longueur du canon.	842 ^{mm}	
		Longueur totale avec crosse de pointage	1 ^m , 167	
		Longueur de l'âme (20 calibres).	739 ^{mm}	
		Poids du pivot et de la crapaudine.	45 ^{kg}	
		— du masque.	45	
MUNITIONS.	{	— total de la pièce avec montage et masque	123	
		Vitesse initiale de l'obus ordinaire.	402 ^m	
		Poids du projectile.	{ Obus ordinaire.	455 ^{gr}
			{ Obus en acier	505
			{ Boîte à mitraille.	570
		Charge de poudre pour.	{ Obus ordinaire.	80
			{ Obus en acier	80
			{ Boîte à mitraille.	60
		Poids de la cartouche chargée en guerre.	{ à obus ordinaire.	625
			{ à obus en acier.	675
			{ La boîte à mitraille	720
Rapidité du tir par minute, environ.			40 coups.	

§ 141. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 37^{mm}, sur affût de débarquement avec avant-train.** — Cet affût a été spécialement construit pour servir dans les pays accidentés et comme affût léger de débarquement; la flèche est en deux parties, afin de fractionner les poids, pour rendre possible le transport du matériel à bras d'hommes en cas de nécessité.

Le canon léger de 37^{mm} à tir rapide du modèle ordinaire, avec

son pivot, est simplement placé dans la crapaudine fixée entre les flasques de l'affût; il y est maintenu par un collier à vis.

Le pointeur, assis sur la sellette de flèche, dirige la pièce à l'aide de la crosse et de la poignée de pistolet. Un servant s'accroupit sur la crosse de flèche pour charger l'affût; le recul se trouve ainsi supprimé.

Cet affût peut aussi recevoir le canon-revolver léger de 37^{mm} avec son pivot; cette pièce se manœuvre comme le canon à tir rapide du même calibre.

L'avant-train est formé par une membrure légère en acier; il porte deux coffres contenant chacun 60 coups, et un coffret d'accessoires.

Il est disposé pour la traction à bras d'hommes.

Données principales :

		Poids du canon avec sa crosse.	33 ^{kg}			
		— du pivot	18			
PIÈCE. . . .	{	Poids de l'affût.		144		
		{	Partie supérieure		47 ^{kg}	
			Fausse flèche		31	
			Deux roues.		46	
		Poids total du canon et de l'affût	193			
		Poids de l'avant-train vide.	140			
		— avec 120 cartouches	193			
MUNITIONS..	{	Poids du projectile.		455 ^{gr}		
		{	Obus ordinaire.		507	
			Boîte à mitraille.		623	
		{	Poids total de la cartouche			720
			Obus ordinaire.		80	
		{	Boîte à mitraille.		60	
			Charge.			402 ^m
Vitesse initiale			40 coups.			
Rapidité du tir par minute, environ.						

§ 142. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 47^{mm}, sur affût à recul.** — Ce canon a été construit pour répondre à des conditions posées par la Marine française, qui désirait un canon léger, mais très puissant, capable : 1° de traverser les parties non cuirassées d'un bâtiment de guerre quelconque aux distances de combat; 2° de maintenir un tir rapide, mais précis, de 12 coups par minute au minimum, avec un nombre de servants ne dépassant pas trois.

Comme tous les canons Hotchkiss à grande puissance, c'est un canon d'acier à jaquette, muni de l'appareil de culasse Hotchkiss; il tire trois espèces de projectiles : un obus ordinaire, un obus en acier et une boîte à mitraille. Les deux premiers projectiles re-

çoivent la fusée percutante de culot Hotchkiss. L'obus en acier peut traverser une plaque en fer de 10^{cm} d'épaisseur.

Nous avons décrit cette pièce en détail aux §§ 237 et suivants du tome I.

§ 143. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 57^{mm}, sur affût à pivot et support élastique.** — Ce canon ressemble, dans tous les détails de sa construction, à celui de 47^{mm}; mais la force vive de son projectile est environ double. Il est monté d'après le système Hotchkiss, c'est-à-dire sur un pivot qui reçoit les tourillons du canon et tourne dans une crapaudine portée par un support élastique.

Le pointage et la mise de feu s'exécutent avec la crosse et avec la détente à poignée de pistolet.

Le pointeur ouvre et ferme la culasse; les cartouches sont introduites dans la chambre par un autre servant.

Le pivot porte un pare-balles en acier qui suit les mouvements du canon, dans le sens horizontal seulement.

L'élasticité du support permet un recul d'environ 2^{cm}, de sorte que la réaction sur le pont se maintient dans des limites telles, que cette arme peut être placée à bord des croiseurs légers et des canonnières.

Pour les tirs d'exercice, ce modèle, ainsi que tous les calibres inférieurs, est muni d'un tube à tir employant les munitions du fusil de guerre. Ce tube, qui a la forme extérieure de la cartouche du canon, est placé dans la chambre, d'où il est extrait exactement comme les douilles ordinaires.

Données principales :

PIÈCE.	Poids du canon	363 ^{kg}	AFFÛT.	Poids de l'affût sans masque.	460 ^{kg}
	Diamètre de l'âme	57 ^{mm}		— du masque et ses garni-	158
	Longueur de l'âme (40 calibres)	2 ^m ,280		tures	19 ^{mm}
	— du canon	2 ^m ,480		Poids total de l'affût	618 ^{kg}
MUNITIONS.	Obus { Poids	2.720 ^{gr}		Épaisseur du masque	+20°
	ordinaire. { Charge d'éclat .	85 ^{gr}		Angles maxima { en hauteur . }	—25°
	Obus { Poids	2.720 ^{gr}		de tir { en direction . }	360°
	en acier { Charge d'éclat .	115 ^{gr}		Poids total du canon et de	
	Boîte { Poids	2.920 ^{gr}		l'affût	983 ^{kg}
	à mitraille. { Nombre de balles	80		Rapidité du tir par minute,	
	Charge. { Obus ordinaire et			environ	25 coups.
	{ en acier	930 ^{gr}		Épaisseur de la plaque traver-	
	Boîte à mitraille.	730		sée par l'obus en acier . .	125 ^{mm}
	Longueur totale de la cartouche	482 ^{mm}			
	Poids de la cartouche	4 ^{kg} ,420			
	Vitesse initiale	600 ^m			

§ 144. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 65^{mm}, sur affût à recul et support élastique.** — Ce canon est représenté en détail Pl. XIII, tome II, fig. 2. Il offre les particularités ordinaires des canons Hotchkiss de calibre plus faible.

Pour l'emploi à bord des bâtiments, il est installé sur un affût à recul limité et rappel automatique, semblable à celui des canons de 47^{mm} et de 57^{mm}. Le pivot est placé dans la crapaudine d'un support élastique; le canon se trouve ainsi à une hauteur convenable au-dessus du pont pour être manœuvré aisément. Le pointage et la mise de feu de ce canon, qui est tiré à l'épaule, s'opèrent avec autant de facilité qu'avec les calibres inférieurs; la rapidité du tir est aussi à peu près la même.

Les cartouches sont disposées dans des coffres métalliques contenant chacun 8 coups. Pendant le tir, ces coffres sont placés sur un socle incliné pour faciliter la prise des munitions.

Outre les obus ordinaires ou en acier et la boîte à mitraille, ce canon tire un shrapnel muni d'une fusée à double effet; son calibre est, en effet, suffisant pour permettre l'emploi efficace de ce projectile.

Données principales :

PIÈCE.	Poids du canon.	600 ^{kg}	MUNITIONS.	Charge..	Obus ordinaire et en acier.	1 ^{sr} ,630
	Diamètre de l'âme.	65 ^{mm}			Shrapnel et boîte à mitraille.	1 ^{sr} ,450
	Longueur de l'âme (43 calibres)	2 ^m ,283			Vitesse initiale de l'obus	620 ^m
MUNITIONS.	— du canon.	3 ^m ,025	AFFÛT.		Poids total (à obus.	7 ^{kg} ,150
	Obus ordinaire.	Poids. 4 ^{kg}			de la cartouche.	6 ^{kg} ,950
	Obus en acier.	Charge d'éclat. 112 ^{sr}			Longueur totale de la cartouche	668 ^{mm}
	Boîte à mitraille.	Poids. 4 ^{kg}			Poids de l'affût sans masque.	750 ^{kg}
		Charge d'éclat. 145 ^{sr}			Angles maxi- ma de tir.	+15° -15°
	Shrapnel.	Poids. 4 ^{kg}			en direction	360°
		Nombre de balles			Poids total du canon et de l'affût.	1.350 ^{kg}
		Nombre total de fragments. 125			Rapidité du tir par minute, environ.	20 coups.
		Charge d'éclat. 55 ^{sr}			Épaisseur de la plaque perforée par l'obus en acier.	16 ^{cm}

§ 145. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 75^{mm}, sur affût à recul limité et rappel automatique, avec support élastique et masque.** — Les propriétés balistiques de ce canon sont analogues à celles des autres canons Hotchkiss

à grande puissance. Le poids de son projectile ($6^{\text{kg}},400$) est égal à quatre fois celui du boulet sphérique de même diamètre. La vitesse initiale est de 620^{m} ; elle lui communique à la bouche une force vive de 125 t. m. L'obus en acier est capable de percer des plaques en fer de 190^{mm} d'épaisseur.

Ce canon est le plus lourd de ceux qui sont disposés pour être pointés et tirés à la crosse.

Pour les services qui ne comportent pas, comme celui de la Marine, un changement continu de hausse après chaque coup, l'affût est muni d'un appareil de pointage en hauteur et en direction.

Données principales :

Données principales

PIÈCE.	{	Poids du canon	830 ^{kg}
		Diamètre de l'âme	75 ^{mm}
		Longueur de l'âme (45 calibres).	3 ^m ,355
		— du canon	3 ^m ,855
MUNITIONS	{	Obus ordinaire.	Poids 6 ^{kg} ,400
			Charge d'éclatement. 200 ^{sr}
	{	Obus en acier.	Poids 6 ^{kg} ,400
			Charge d'éclatement. 200 ^{sr}
	{	Boîte à mitraille.	Poids 6 ^{kg} ,400
			Nombre de balles. 323
	{		Poids 6 ^{kg} ,400
		Shrapnel.	Nombre de fragments. 150
			Charge d'éclatement. 100 ^{sr}
	{	Charge pour.	Obus ordinaire ou en acier. 3 ^{kg} ,300
		Shrapnel ou boîte à mitraille. 3 ^{kg} ,400	
AFFÛT	{	Vitesse initiale de l'obus	620 ^m
		Poids total de la cartouche.	7 ^{kg} ,700
		Longueur totale de la cartouche	880 ^{mm}
		Poids de l'affût sans le masque.	1.000 ^{kg}
		— du masque et ses garnitures.	180 ^{kg}
		— total de l'affût	1.180 ^{kg}
		Angles maxima de tir. {	en hauteur. { + 15°
	en direction. { — 15°		
			360°
Poids total du canon et de l'affût.			2.010 ^{kg}
Rapidité du tir par minute, environ			20 coups.

§ 146. **Canon Hotchkiss à tir rapide de 10^{cm} , sur affût à recul limité et rappel automatique à pivot central.** — Cette arme est représentée Pl. XIII, tome II, fig. 3 et 4. Elle peut déjà être classée parmi les canons capables de percer des cuirasses de navire. Son projectile, du poids de 15^{kg} , possède une puissance suffisante pour traverser une plaque de 20^{cm} d'épaisseur.

Les avantages qu'il présente sur les canons ordinaires actuellement en service sont manifestes, si l'on considère qu'il peut tirer 10 à 12 coups par minute, et qu'un seul homme peut pointer et faire feu aussi facilement qu'avec le canon de 57^{mm}.

Il emploie quatre espèces de projectiles (vue 4) : l'obus ordinaire, l'obus en acier, le shrapnel muni d'une fusée à double effet, et une boîte à mitraille.

Comme pour les calibres inférieurs, le chargement s'opère en un seul temps. Le projectile et la charge de poudre sont reliés par une douille métallique, qui, en moyenne, peut être rechargée de six à huit fois.

Sa construction générale et son mécanisme de culasse sont semblables à ceux des autres canons Hotchkiss. Ce qui constitue ainsi la vraie supériorité de ce système d'artillerie, c'est qu'il est applicable, sans modifications, à la série complète des modèles de cette espèce de bouches à feu, dans les limites que peut atteindre leur calibre.

Les avantages de cette uniformité sont incontestables pour le matériel de guerre; et il est à remarquer que dans l'artillerie Hotchkiss à tir rapide, les trois éléments principaux, mécanisme de culasse, munitions et affût, s'appliquent également à tous les calibres depuis 37^{mm} jusqu'à 10^{cm}.

L'affût est ici semblable à ceux des canons plus petits, sauf les modifications suivantes nécessitées par la puissance et les dimensions de l'arme. Le pointage en direction est dégrossi à la crosse. Mais le pointage en hauteur et la rectification du pointage en direction s'effectuent à l'aide de volants.

Des canons d'un calibre supérieur à 10^{cm} sont actuellement à l'étude.

Données principales :

PIÈCE . . .	{	Poids du canon	1.650 ^{kg}
		Diamètre de l'âme	100 ^{mm}
		Longueur de l'âme (42 calibres)	4 ^m , 173
		— du canon	4 ^m , 413
MUNITIONS .	{	Obus ordinaire	{ Poids 15 ^{kg}
			{ Charge d'éclatement 520 ^{gr}
	{	Obus en acier	{ Poids 15 ^{kg}
			{ Charge d'éclatement 600 ^{gr}
	{	Boîte à mitraille	{ Poids 15 ^{kg}
			{ Nombre de balles 96

MUNITIONS (suite).	Shrapnel	Poids.	15 ^{kg}
		Charge d'éclatement	150 ^{gr}
	Charge pour.	Nombre de fragments.	350
		Obus ordinaire ou en acier	6 ^{kg}
		Boîte à mitraille ou shrapnel.	5 ^{kg}
	Vitesse initiale de l'obus.		600 ^m
	Poids total de la cartouche (obus).		25 ^{kg} ,300
	Longueur totale de la cartouche		1.064 ^{mm}
AFFÛT . . .	Poids de l'affût sans masque		1.530 ^{kg}
		— du masque et garnitures.	250
	Épaisseur du masque		16 ^{mm}
		Poids total de l'affût.	1.780 ^{kg}
	Angles maxima de tir. {	en hauteur.	+ 12°
		en direction.	— 8°
	Poids du canon et de son affût		3.430 ^{kg}

MITRAILLEUSE AUTOMATIQUE MAXIM

§ 147. **Disposition du mécanisme.** — M. Maxim a inventé une mitrailleuse, dans laquelle la force du recul est employée pour produire automatiquement tous les mouvements de la charge. Avec cette arme, on a, de plus, l'avantage de pouvoir tirer soit automatiquement sans interruption, soit coup par coup, au moment choisi par le servant.

Cette mitrailleuse, représentée Pl. XIV, tome II, fig. 1, est disposée pour le tir d'une cartouche à balle de 11^{mm}. Elle se compose essentiellement d'un canon A, relié par deux flasques G, G (vue 2) à un bloc de culasse B. L'extrémité postérieure du canon a un renflement E muni de queues-d'aronde E', E', dans lesquelles sont engagées les deux flasques G, G; celles-ci portent une pièce D (vue 2 et 3) en forme de vilebrequin; l'axe *h* du vilebrequin tourne dans un renflement G' des flasques. Le bloc de culasse est réuni au vilebrequin par une bielle *a*. Lorsque la culasse est fermée, l'axe *h* du vilebrequin se trouve dans le prolongement du canon, tandis que l'axe d'oscillation *h'* de la bielle est un peu plus haut, de manière à assurer par le coincement une fermeture parfaite.

L'enveloppe extérieure de la mitrailleuse est formée de deux pièces : un manchon en bronze M (vues 1 et 3), qui entoure le canon, et une boîte C, qui contient tout le système de culasse.

Cette boîte est formée d'abord de deux parois latérales et d'un fond en acier, puis de deux bouts en bronze et d'un couvercle à charnière, qu'on peut ouvrir en agissant sur un poussoir 8, maintenu par un ressort.

Dans les vues 1 à 3, on a représenté le mécanisme au moment où, le percuteur ayant frappé l'amorce de la cartouche, le recul est sur le point de se produire. Au départ du coup, le canon est porté vivement en arrière; il entraîne dans son mouvement les flasques, le bloc de culasse et le vilebrequin. Les renflements G' , G' des flasques ont une course limitée dans une ouverture b (vue 1) de la boîte C. La came d , solidaire du vilebrequin, vient, dans ce mouvement, heurter violemment un butoir e fixé sur la boîte C, et qui, grâce à la forme de la came, détermine par la lancée un demi-tour du vilebrequin. Jusqu'au moment où se produit le choc de la came d , la culasse est restée fermée; et la distance que parcourt cette came avant de rencontrer le butoir e , est suffisante pour que le projectile soit certainement sorti du canon à l'instant où commence la rotation du vilebrequin ayant pour but d'ouvrir la culasse, ainsi que nous le verrons plus loin.

Sur la partie gauche de l'axe du vilebrequin est fixée une came X, à laquelle est attachée une chaîne galle Y, qui, pendant la rotation, s'enroule autour de la came et produit ainsi la tension du ressort à boudin Z. Celui-ci est placé, ainsi que la came et la chaîne, dans une boîte en bronze O (vue 5) adaptée extérieurement contre la paroi gauche de la boîte de culasse.

Le mouvement de rotation du vilebrequin est limité par le choc d'une manivelle c (vues 1 et 4) contre le ressort plat g , après un demi-tour par en bas. Dès que ce choc se produit, le ressort à boudin se détend, et, par l'intermédiaire de la chaîne galle, détermine la rotation du vilebrequin en sens inverse. Ce dernier revient à sa position primitive, et y est assuré au moyen de la manivelle c , dont l'extrémité vient s'engager sous un cran du doigt f . Le recul, en portant la manivelle en arrière, la dégage et permet de nouveau au mouvement de rotation d'avoir lieu.

Lorsque le vilebrequin tourne en entraînant vers le bas l'axe h' (vue 3), il tire en arrière le bloc de culasse, auquel la bielle a est articulée en i , et qui est guidé dans ce mouvement de recul par les directrices n, n . De plus, la tête de la bielle vient heurter la queue de la noix j , qui tourne alors autour de son axe, et dont le

cran s'engage sur le talon de la gâchette k . En même temps, la noix arme la mitrailleuse, en portant en arrière le percuteur p . Pendant que la bielle descend, la queue d'une seconde gâchette l tombe sous la pression du ressort m ; et lorsque le percuteur arrive à l'extrémité de sa course, son épaulement antérieur vient se placer en arrière du cran de la gâchette l .

Le bloc de culasse présente, à sa partie antérieure, deux nervures verticales engagées dans les rainures d'un distributeur r , de façon que ce dernier puisse avoir, par rapport au bloc, un mouvement de translation vertical : ce mouvement est destiné à amener successivement les cartouches et les étuis vides en regard de la chambre du canon, puis du canal d'éjection w . Le distributeur est muni de deux guides s , qui, dans le mouvement de recul, s'appuient sur des glissières q . Sur sa face antérieure se trouvent deux nervures verticales en forme d'agrafes, embrassant latéralement le bourrelet de la cartouche. Dans la position α , celle-ci est maintenue en haut et en bas par les deux mâchoires d'une pince t , qui, sous l'action d'un ressort u , passe par deux ouvertures ménagées dans le distributeur. Dans la position β , elle est maintenue par la mâchoire inférieure de la pince t et par le talon d'un ressort annexe logé dans un évidement du distributeur.

Quand le bloc de culasse se porte en arrière, il entraîne le distributeur, et, avec lui, la cartouche occupant la position α , ainsi que l'étui vide qui se trouve en β . Arrivé à l'extrémité de sa course, en q' , le distributeur n'est plus soutenu par les glissières; et il descend par l'effet de son propre poids et d'un ressort π .

Lorsque la manivelle du vilebrequin est venue buter contre le ressort plat g (vue 1), et que le mouvement de rotation du vilebrequin se produit en sens inverse, l'axe h' (vue 3) de la bielle remonte; et le bloc de culasse est ramené en avant. Dans ce mouvement, la cartouche est poussée dans la chambre à la position β ; et l'étui vide vient occuper la position γ à l'entrée du canal éjecteur w .

L'axe d'articulation i de la bielle a et du bloc de culasse porte, extérieurement au bloc et de chaque côté, une came x (représentée en pointillé), qui agit sur un levier coudé yy' pouvant tourner autour d'un axe z fixé au bloc de culasse. L'un des bras y' du levier s'engage dans une rainure du distributeur. Quand ce dernier est au bas de sa course, le bras y' est sensi-

blement horizontal, et le bras y vertical. Lorsque la bielle a remonte, la came x , dont la pointe est dirigée d'abord vers l'avant, reprend peu à peu la position indiquée sur la figure; et, dans ce mouvement, elle force le bras y à descendre. Par suite, le bras y' se relève, et oblige le distributeur à monter et à revenir à la partie supérieure de la boîte de culasse, les guides s se plaçant de nouveau sur les glissières q . Pendant que le distributeur remonte verticalement, les mâchoires de la pince t et le talon du ressort annexe passent, en comprimant le ressort u , par-dessus la rampe des bourrelets de la cartouche et de l'étui amenés dans les positions β et γ . La cartouche, toujours maintenue par les nervures du distributeur, achève de pénétrer dans la chambre, pendant que l'étui vide est arrêté par le ressort ε ; et, chassant l'étui précédent par-dessus ce ressort, elle le lance avec une certaine force hors du canal w . Dès que les mâchoires de la pince t et le talon du ressort annexe ont passé par-dessus les bourrelets, ceux-ci obéissent à l'action tant de ce ressort que du ressort u , et font de nouveau saillie sur la face antérieure du distributeur. La pince t saisit alors une nouvelle cartouche α , dont le bourrelet s'est engagé dans les nervures du distributeur.

§ 148. **Tir à volonté.** — Ainsi que nous l'avons dit, le tir peut se faire soit à volonté, soit automatiquement.

Dans le premier cas, le mouvement de la bielle, en relevant la queue de la gâchette l (vue 3), dégage le percuteur p , qui n'est plus maintenu en arrière que par la noix j . Le servant, en pressant sur la détente 2 pour la faire tourner autour de l'axe 1, ramène en arrière la tige 4, dont le talon 10 agit sur la queue de la gâchette k , et dégage ainsi le cran de ladite noix j . Le percuteur obéit dès lors à l'action du ressort λ , et vient frapper l'amorce de la cartouche.

§ 149. **Tir automatique.** — Si le tir doit se faire automatiquement, on engage (vues 1 et 3) un tenon (caché par le talon τ) de la pièce de sûreté 13 dans le cran ν du corps de détente 5. Le talon de la tige 4 se trouve ainsi en permanence reporté vers l'arrière; et la queue de la gâchette k de la noix j vient buter contre ce talon au moment où l'axe h' de la bielle a occupe, au-dessous du prolongement de l'axe du canon, une position symétrique de

sa position finale. Le percuteur n'est plus maintenu en arrière que par sa propre gâchette, qui est elle-même soulevée par la tête de la bielle α à la fin de la course du vilebrequin.

§ 150. **Appareil de sûreté.** — La pièce de sûreté 13 (vues 1 et 3) se compose de deux lames mobiles autour d'un même axe horizontal. L'une d'elles, qui peut tourner séparément, porte un tenon déterminant, comme nous l'avons vu, le départ automatique du coup. L'autre lame est munie d'un double talon τ (vue 1), que l'on peut faire passer en avant du corps de détente.

Dans cette position, représentée sur la vue 3, la queue de la détente 2 est reportée en avant, ainsi que la tige 4 et le talon 10. La gâchette k de la noix j ne vient plus alors, dans le mouvement en avant du bloc de culasse, heurter le talon 10; et par suite le départ du coup ne se produit pas.

§ 151. — **Cartouches, Magasin.** — Les cartouches sont placées entre deux bandes en treillis, où elles sont assemblées par de petites platines et par des œillets en laiton. Deux platines consécutives laissent entre elles le logement d'une cartouche. Une bande est engagée dans le magasin 20 (vue 3), situé dans la partie avant de la boîte C, et à la partie supérieure duquel est disposée une double griffe 15, qui forme ressort, et qui reçoit un mouvement de translation de droite à gauche au moyen d'un levier. Ce levier, mobile autour d'un axe vertical, est articulé par un de ses bras avec la griffe 15, tandis que l'autre bras est terminé par une came engagée dans une rainure de la flasque G (vue 2). Lorsque le canon recule, la came détermine la rotation du levier, et, par suite, le mouvement de translation de la griffe. Cette dernière pousse une cartouche en face du bloc de culasse au moment où la culasse est ouverte. Quand le bloc est revenu en avant, et que le distributeur exécute son mouvement ascensionnel, les nervures de celui-ci viennent, ainsi qu'on l'a vu, prendre le bourrelet de la cartouche, qui est en outre saisi par la pince t (vue 3).

Lorsque, au départ du coup, le distributeur se porte en arrière, entraînant avec lui la cartouche qu'il retire de la bande, la griffe double amène une nouvelle cartouche à la place de la précédente. Pour que la bande ne tombe pas au moment où le dis-

tributeur en a dégagé la cartouche, deux taquets ont été disposés à la partie inférieure du magasin, à droite de la deuxième cartouche. Les cartouches passent successivement sur ces taquets; puis elles glissent sous la griffe 15 avant d'être poussées par celle-ci.

Au début, le servant engage avec une main la bande de cartouches dans le magasin 20, et agit avec l'autre main sur la manivelle *c* (vue 1) du vilebrequin D (vue 3), de manière à produire les mêmes mouvements que ceux qui sont déterminés par le recul. Dès que la première cartouche est arrivée dans la chambre, on peut commencer le tir; et la charge s'opère automatiquement.

Il est important que le bloc de culasse puisse être enlevé très facilement. A cet effet, les directrices *n, n* présentent à leur partie arrière des ouvertures; et, dans la position correspondante, la culasse mobile est maintenue par un bloc de bronze I, fixé au couvercle de la boîte C. Quand celle-ci est ouverte, on peut saisir le bloc de culasse et le soulever complètement. La tête et les branches de la bielle *a* sont réunies par une vis à filets interrompus, de sorte qu'il suffit d'un huitième de tour pour achever de détacher le bloc de culasse.

Si, pendant le tir, il est nécessaire d'examiner l'intérieur de la boîte de culasse, on retire le bloc; et l'on démasque, en pressant sur le crochet 7, une ouverture pratiquée dans la paroi postérieure de la boîte, et fermée en temps ordinaire par un volet. Ce dernier, en s'abaissant, comprime un ressort à boudin destiné à lui faire reprendre sa position normale; il est retenu vers le bas au moyen du crochet 7 engagé dans le cran 9 du corps de détente 5.

§ 152. **Système réfrigérant.** — M. Maxim a imaginé différents systèmes pour refroidir le canon pendant le tir.

Dans celui représenté sur la vue 3, l'affût renferme un réservoir T, contenant de l'eau maintenue sous pression au moyen d'air comprimé, et communiquant, par le tube U et le régulateur V, avec le manchon M qui entoure le canon. Le prolongement de la tige 10 agit sur une valve, qui laisse pénétrer à chaque coup une quantité limitée d'eau dans le manchon. Celui-ci est partagé en petits compartiments par une série de cloisons.

L'eau projetée à chaque coup en petite quantité se transforme

en vapeur, et parcourt successivement tous les compartiments à travers des orifices percés dans les cloisons, tantôt en haut, tantôt en bas. Arrivée à l'extrémité du tube, la vapeur s'échappe dans l'air. La quantité d'eau contenue dans le réservoir est suffisante pour un tir de 600 coups.

§ 153. **Affûts.** — On a construit pour la mitrailleuse Maxim plusieurs affûts, les uns à chandelier (vues 3 et 4), d'autres à trépied (vue 5), d'autres à roues.

En tous cas les affûts portent d'abord une caisse L, renfermant des bandes de cartouches, puis un pare-balles N, percé d'une fente qui permet de pointer la pièce.

Le service n'exige qu'un seul homme, qui donne la direction en agissant sur les deux poignées P, et en visant à l'aide de la hausse à charnière Q et du guidon R. Le pointage en hauteur se fait au moyen d'une vis de pointage J, articulée avec la boîte de culasse, et dont l'écrou K est fixé sur l'affût par une vis de pression.

Si l'on exécute le tir coup par coup, le servant peut, sans quitter les poignées P, presser avec le pouce sur le bouton 14 (vue 3) du corps de détente, ce qui détermine le départ du coup absolument de la même façon que s'il agissait sur la détente 2.

Les bandes de cartouches se déroulent à l'aide du mécanisme représenté vue 6.

Enfin, M. Maxim vient d'adapter à sa mitrailleuse un frein hydraulique, à l'aide duquel, dans le tir automatique, il règle la vitesse de départ des coups. Elle peut varier de 3 coups à 600 coups par minute. Le cylindre du frein est placé verticalement à la partie postérieure de la boîte C (vues 1 et 3), à portée de la main du servant, qui, en agissant sur le fond du cylindre, peut modifier la vitesse d'écoulement du liquide, et, par suite, celle du tir. Le piston du frein est invariablement lié à un levier coudé, qui est mis en action par un butoir solidaire de l'une des flasques G (vue 2).

NOUVEAUX FUSILS A RÉPÉTITION ET REVOLVERS DE PETIT CALIBRE

§ 154. **Description.** — La Pl. XIV, t. II, fig. 2, représente la vue d'ensemble et la coupe du nouveau fusil à répétition et à

petit calibre, dont nous avons déjà parlé longuement au § 535 du tome I. Nos dessins sont tirés de la publication du Ministère de la guerre intitulée : *Instruction sur l'armement de l'infanterie*.

Le fusil actuel, dit *fusil Lebel* ou *fusil de 8^{mm}*, n'est qu'une modification du fusil *Gras* à répétition, avec le calibre réduit de 11 à 8^{mm}. Cette réduction permet de diminuer beaucoup le poids des munitions, tout en obtenant d'ailleurs une portée et une précision très supérieures, grâce à l'emploi de la nouvelle poudre sans fumée, dont la composition est tenue soigneusement secrète.

Le *magasin* est un tube contigu au canon et situé au-dessous. Un ressort à boudin pousse les cartouches dans un auget A, qui, en s'élevant, les fait passer dans le tonnerre, lorsque la culasse mobile est mise en mouvement. Quand l'auget A se relève, une griffe d'arrêt G fait saillie en arrière de la dernière cartouche restée dans le magasin. Enfin, un levier de manœuvre L, terminé par un bouton quadrillé, sert à paralyser l'action du mécanisme de répétition. Lorsque ce levier est poussé en avant, l'auget reste élevé; et l'arme fonctionne alors comme fusil à un coup, où l'on introduit les cartouches à la main dans le tonnerre.

Le mécanisme de fermeture et de percussion est resté celui du fusil Gras.

Le nouveau fusil mesure, sans son épée-baïonnette, 1^m,307 de hauteur; il pèse 4^{kg},180 à vide, et 4^{kg},415 avec huit cartouches dans le magasin.

Le *Mémorial de l'artillerie de la marine* a publié le compte-rendu d'expériences exécutées par la commission de Gavre en 1887 et 1888, pour apprécier le pouvoir perforant de la balle du fusil Lebel.

Les expériences avaient aussi pour but de déterminer les dimensions minima des épaulements en charbon, bois, terre, sable, et les épaisseurs de tôle de fer, d'acier doux et d'acier dur, suffisantes pour arrêter les balles du fusil Lebel aux différentes distances et sous des incidences variables.

On tira la cartouche réglementaire à 10^m, 200^m et 500^m.

A 10^m, le charbon, le sable et la terre présentent une très grande résistance à la pénétration. De plus, il a été constaté qu'à cette distance les balles subissaient des déformations considérables. Ces obstacles, en effet, sont sans aucune élasticité et ne réagissent pas, par conséquent, sur le projectile. Mais, à 200^m,

la balle du fusil Lebel traverse une poutre de sapin de 60^{cm} d'épaisseur, une en chêne de 28^{cm}, une plaque de tôle de fer de 6^{cm}, etc.

§ 155. **Modifications du fusil chez les nations étrangères.** — Aujourd'hui, l'Allemagne a décidé, en principe, la confection d'un fusil à répétition du calibre de 8^{mm}. Elle en est encore à la période des études.

Après bien des essais sur les armes à répétition, l'Autriche avait commencé la fabrication du fusil à répétition *Mänlicher*, du calibre de 11^{mm}; mais en présence des nouveaux armements, elle vient d'arrêter cette fabrication, pour commencer celle d'un *Mänlicher* à répétition, du calibre de 8^{mm}.

L'armée italienne a été dotée du fusil à répétition *Bertoldo*, dont le magasin est dans le fût. C'est à cette arme qu'après bien des essais l'Italie semble devoir s'en tenir.

L'Angleterre avait, comme nous l'avons vu § 479 et suivants du tome I, un excellent fusil, le *Martini-Henry*. Les progrès actuels l'ont obligée à transformer cette arme, d'après une modification due à M. *Magee*, contremaître à la manufacture d'Enfield. Le *Martini-Magee* a un calibre de 10^{mm},15; sa balle est du poids de 25^{gr}, tandis que celle du *Martini-Henry* pèse 31^{gr}. Quant aux armes à répétition, l'Angleterre est encore à ce sujet dans la période d'études.

§ 156. **Revolvers de petit calibre.** — L'adoption du petit calibre pour notre fusil de guerre, a tout naturellement fait songer à remplacer le revolver d'ordonnance actuel par une nouvelle arme du calibre de 8^{mm}.

Des expériences d'essai sur un nouveau revolver viennent de donner les meilleurs résultats. Bien en main, légère et élégante, cette arme offre en outre des garanties de sécurité précieuses. Ainsi, la porte étant ouverte, le mouvement du chien se trouve enrayé; et la pression du doigt sur la détente n'agit plus que sur le barillet en le faisant tourner. Il n'y a donc plus d'accidents à redouter pendant le chargement et le déchargement de l'arme.

Le percuteur, séparé du chien, se trouve logé dans la carcasse.

Enfin, le mécanisme de l'arme est réduit à la plus simple expression.

T^{ME} II, 3^E P^{IE}. — CHAPITRE IIIDERNIER TYPE D'HYDRAULIQUES DE MANŒUVRE
POUR LES GROS CANONS

AFFÛT DE TOURELLE BARBETTE, POUR CANON DE 27^{cm}, A CHARGEMENT CENTRAL DANS TOUTES LES POSITIONS (SYSTÈME CANET).

§ 157. **Description.** — La Pl. XIV, tome II, fig. 3 représente un canon de 27^{cm} de 36 calibres, en acier, monté sur affût de tourelle à chargement central dans toutes les positions.

Le canon est fixé au moyen de frettes à adents dans un berceau glissant sur un châssis, qui pivote autour d'un axe horizontal supporté, ainsi que les presses qui servent à élever le châssis, par une plate-forme mobile. Au centre, un tube, mobile avec la plate-forme, donne passage aux munitions, et porte la circulaire dentée de pointage en direction. Il est protégé par un cuirassement spécial, qui s'étend jusqu'au pont cuirassé destiné à garantir les œuvres basses du bâtiment, les machines et les soutes.

La plate-forme mobile porte la carapace de protection formée de plaques en acier, que surmonte la guérite du pointeur.

Le recul des canons est limité au moyen de freins hydrauliques d'un nouveau type, dont nous avons parlé précédemment (§ 135), et dans lesquels les dimensions des orifices d'écoulement du liquide suivent à chaque instant les variations de l'effort de recul, et peuvent, par suite, donner une résistance constante pendant la durée du recul.

Les cylindres de freins sont montés sur les longerons du châssis. A l'avant du berceau sont fixées les tiges de piston de freins.

Pendant le recul, la tige du piston chasse le liquide, qui se rend dans un cylindre intermédiaire situé au-dessous du berceau, en

soulevant des soupapes chargées : l'effet ainsi obtenu est d'empêcher tout déplacement de l'affût sur le châssis par grosse mer.

La mise en batterie ou hors batterie s'obtient en faisant agir, dans les cylindres de frein ou le cylindre intermédiaire, l'eau sous pression, amenée par des tuyaux qui traversent les tourillons du châssis suivant leur axe.

Le pointage en hauteur est donné par une presse hydraulique sur laquelle repose le châssis par son entretoise milieu. Cette presse est protégée par le cuirassement fixe de la tourelle.

Le pointage en direction s'obtient au moyen de presses horizontales qui agissent sur une chaîne-galle, venant embrasser une circulaire dentée fixée sur le tube de passage des munitions. Ces organes de manœuvre sont situés au-dessous du pont cuirassé.

La plate-forme mobile qui supporte toute la tourelle, se compose de deux planchers réunis par une poutre circulaire et des entretoises. Elle repose, par l'intermédiaire d'une couronne de galets, sur un chemin de roulement fixé au pont.

Le tube pour le passage des munitions est guidé par des pivots en haut et en bas. Il porte à l'intérieur l'appareil de manœuvre des munitions.

§ 158. **Manœuvre du système.** — L'obus et les gargousses sont placés dans un porte-charge revolver à trois cases monté sur un plateau. Le plateau, élevé au moyen de presses mouflées disposées dans le tube, est guidé dans son mouvement par des glissières verticales, qui le dirigent d'abord au niveau de la plate-forme. Puis, une partie inclinée de la glissière conduit le porte-charge jusqu'à l'arrière de la culasse dans la position de chargement.

En agissant sur une manivelle, on fait tourner le porte-charge, qui présente successivement devant l'ouverture de la chambre le projectile et les deux demi-gargousses composant la charge. Un refouloir hydraulique à retour automatique, met les munitions en place.

Pendant que le chargement s'opère, le pointeur continue à suivre le but, de telle sorte que, quand le chargement est terminé, il ne reste plus qu'à pointer en hauteur avant de faire feu.

Les munitions sont amenées depuis les soutes jusqu'au tube de chargement au moyen d'une voie ferrée; des palans servent à les manœuvrer, et à les conduire jusqu'au berceau d'où on les fait glisser dans le monte-charge.

Les appareils de pompage à vapeur sont placés dans un compartiment spécial, situé au-dessous du pont cuirassé. Ils sont disposés de telle sorte qu'en temps ordinaire la machine débite lentement de l'eau qui se rend à sa bêche. Dès qu'on commence à prendre de l'eau pour alimenter les appareils hydrauliques de la tourelle, l'évacuation cesse automatiquement, en même temps la valve d'admission s'ouvre en grand; et la machine marche avec une vitesse réglée par le débit même des appareils.

L'eau sous pression traverse une boîte à chapeau mobile avec la tourelle, située au pied du tube de chargement, dans l'axe, et se rend ensuite aux divers appareils hydrauliques de manœuvre et de chargement.

Les organes de manœuvre qui se trouvent à la portée du pointeur et des servants sont les suivants :

- 1° Volant de pointage en hauteur ;
- 2° Volant de pointage en direction ;
- 3° Levier de mise en batterie et hors batterie ;
- 4° Levier du monte-charge ;
- 5° Levier du refouloir ;
- 6° Volant manœuvrant le verrou d'arrêt de la tourelle dans une position fixe.

Les mécanismes de pointage en hauteur et en direction sont munis d'appareils automatiques qui permettent de rester absolument maîtres des mouvements du canon et de la tourelle.

Un système de verrou fixe le canon à un angle de tir déterminé et le monte-charge dans une position correspondante, pendant toute la durée du chargement.

§ 159. **Avantages du système.** — Les points particuliers qui signalent l'ensemble de ce système sont les suivants :

1° Disposition des freins qui permettent d'avoir un recul très réduit et une résistance sensiblement constante qui ne fatigue pas l'affût.

2° Tube central pour le passage des munitions, mobile avec la plate-forme et permettant de charger dans n'importe quelle po-

sition, pendant que le chef de la pièce pointe en direction et suit le but dans tous ses déplacements. Avec les autres tourelles, on est obligé de ramener toujours le canon dans une position déterminée, et de pointer de nouveau en direction, ce qui occasionne une très grande perte de temps pendant le combat.

3° Diamètre réduit de la tourelle, provenant du faible encombrement de l'affût et de la disposition spéciale du monte-charge, qui permet de reculer la tranche de culasse du canon bien en arrière de l'axe de la tourelle.

4° Transport rapide et direct, depuis les soutes jusqu'à l'arrière du canon, des munitions qui viennent l'une après l'autre se présenter en face de l'ouverture de la chambre.

Le refouloir étant à retour automatique n'écrase pas la charge de poudre.

5° Protection efficace donnée au pivot du châssis, qui se trouve très près de la cuirasse.

6° Disposition des organes de manœuvre, qui sont placés sous la main du pointeur, et lui permettent de manœuvrer la tourelle, le monte-charge, etc., sans difficulté et très rapidement à l'aide d'une force hydraulique disponible à chaque instant.

7° Organes automatiques pour les diverses manœuvres et disposition du verrou d'arrêt, le tout permettant au pointeur de rester maître des divers mouvements du canon et de l'affût ainsi que de ceux du monte-charge.

Cet ensemble d'affût et de tourelle à chargement central dans toutes les positions a été adopté par la Marine française pour des tourelles de gros cuirassés avec canon de 34^{cm}, et pour des tourelles de canonnières cuirassées avec canon de 27^{cm}.

Il a été également employé par plusieurs puissances étrangères, entre autres la Russie, l'Espagne, la Grèce, le Japon, pour des tourelles de cuirassés ou de garde-côtes avec canons de 28^{cm} et de 32^{cm}.

TOME II — QUATRIÈME PARTIE

APPAREILS DE SILLAGE, DE SONDAGE ET DE SIGNAUX

T. II, 4^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE I

LOCHS

On donne le nom générique de *lochs* ou *sillomètres* aux appareils destinés à faire connaître, à un moment donné, la vitesse du bâtiment à la mer, et susceptibles de déterminer la distance franchie dans l'intervalle des observations astronomiques.

LOCHS SIMPLES

§ 160. **Loch à bateau.** — Parmi les instruments de sillage, le loch à bateau, par l'ancienneté et l'universalité de son usage, a droit à une mention toute spéciale.

Cet instrument inventé vers 1550 est bien connu. Le bateau de loch crée un point fixe dans le sillage du navire, et permet d'apprécier pendant une durée de 30 secondes, mesurée avec une ampoulette, la longueur de ligne filée, c'est-à-dire le chemin parcouru pendant cette durée. Or 30 secondes représentant la 120^e partie de l'heure, on a divisé la ligne de loch en longueurs égales à la 120^e partie du mille marin ou à $\frac{1851,85}{120} = 15^m,43$, et qu'on appelle *nœuds*.

Supposons le mouvement du bâtiment uniforme pendant un intervalle d'une heure. Si le loch ayant été jeté, la longueur de ligne filée en 30 secondes est de n fois $15^m,43$, ou de n nœuds, on en conclura que le chemin fait en une heure à cette allure est

n milles; et les marins expriment cette vitesse en disant que le navire file n nœuds.

Par ailleurs, pour éviter l'influence des remous d'eau de l'arrière du navire, on ne gradue pas les nœuds à partir du bateau de loch, mais à partir seulement d'une marque éloignée de ce bateau d'une longueur égale, en moyenne, à celle du navire. Cette marque s'appelle la *houache*.

La longueur théorique du nœud de 15^m,43 n'a pas été conservée. Des expériences faites par Borda en 1773 ont démontré que, par suite de l'entraînement du bateau et de la ligne filée dans le sillage, la graduation normale faisait estimer un chemin trop court; et on a été conduit à donner au nœud une longueur de 14^m,62 seulement.

Il était évident *a priori* que les combinaisons précédentes adoptées pour les bâtiments à voiles ne seraient plus exactes avec les navires à vapeur, dont l'hélice occasionne des remous considérables. On a d'abord augmenté la houache destinée à éloigner le bateau de loch, et par suite à le soustraire à l'influence du courant de remous au moment où commence la détermination de la vitesse.

Il était intéressant de contrôler les indications fournies dans ces nouvelles conditions.

Or les Archives de la majorité de la flotte à Toulon possèdent les rapports sommaires des commissions d'essais, avec indication des vitesses au loch et à la base, depuis l'année 1867. M. le commandant Vidal ayant relevé dans ces archives 372 parcours doubles, faits sur les bases de Toulon, par 89 bâtiments à hélice différents, a pu conclure que, pour conduire à la connaissance la moins erronée de la vitesse, la longueur du nœud devait être réduite à 14^m,46 pour les *bâtiments à hélice marchant à la vapeur*.

Si grossier que soit le loch à bateau, il a été longtemps d'un usage exclusif. Mais depuis quelques années on a cherché des sillomètres perfectionnés, et par suite plus commodes, sinon plus précis.

Nous ne rappellerons que pour mémoire les appareils basés sur les dénivellations du liquide dans le tube de Pitot, ou sur la traction exercée au dynamomètre par la remorque d'un objet mis à la traîne derrière le bâtiment. Les causes d'inexactitude de ces instruments sont trop nombreuses et trop évidentes pour qu'il soit utile de les énumérer.

§ 161. **Lochs à hélice.** — Parmi les nombreux systèmes basés sur l'emploi d'une hélice, nous citerons le loch Massey et celui de Reynold.

Comme le sondeur du même nom, le loch Massey se compose d'une hélice munie d'un compteur de tours et mise à la remorque du navire. Lorsque l'on veut connaître le chemin parcouru, on hâle l'appareil à bord; et on lit le chiffre marqué par l'enregistreur. On voit de suite le défaut capital de cet instrument. Il peut être mis accidentellement hors de service, ou bien ses indications peuvent être faussées sans que l'on soit prévenu de l'avarie.

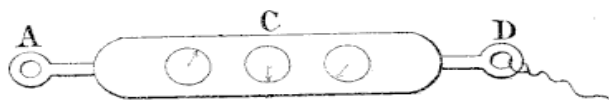
Le loch Reynold, modification du précédent, offre sur lui un grand avantage. Ce loch suspendu ou *pendent log*, ainsi appelé par l'inventeur parce que le compteur est suspendu à l'arrière du navire, se compose de deux parties distinctes (fig. 8) :

1° L'hélice (vue 1°) est formée d'un noyau de bois de 0^m,30 de longueur environ, sur lequel sont fixées des ailes de cuivre.

Fig. 8. — Vue 1°.



2° Le compteur C (vue 2°) se trouve enfermé dans une boîte de laiton, et enregistre une distance de 100 milles à l'aide de trois cadrans à aiguilles (dizaines de milles, milles et quarts de mille).



Vue 2°.

Pour faire usage du loch, on suspend le compteur à la lisse du navire par l'anneau A. On amarre à l'anneau D le bout d'une ligne de loch ordinaire de 70 mètres de longueur environ, dont l'autre extrémité remorque l'hélice. Celle-ci étant mise à la mer, communique son mouvement de rotation à l'hélice, et par elle à l'axe D dont les tours sont enregistrés au compteur.

Le loch Reynold est assez répandu dans la marine anglaise. Dans les *circonstances ordinaires* les résultats fournis ne diffèrent pas de plus de 4 à 5 p. 100 de ceux présentés par le loch à bateau.

LOCHS COMPLEXES

§ 162. **Lochs électriques.** — La transmission à distance du mouvement de l'hélice à l'aide d'une corde ne pouvait pas

être considérée comme le dernier perfectionnement possible. Aussi plusieurs inventeurs cherchèrent-ils à se servir d'un courant électrique pour actionner un compteur mesurant le nombre de tours d'hélice. Leurs tentatives se heurtèrent à l'impossibilité de construire des ferme-circuits étanches fonctionnant dans l'eau. Mais en 1875 l'officier de vaisseau Le Goarant de Tromelin fit faire un pas décisif à la question du loch électrique. Il résolut le problème de la façon la plus simple en munissant l'hélice d'un frotteur, avec commutateur sans mécanisme étanche d'aucune sorte. Le circuit reste toujours fermé par la mer et la coque du bâtiment; mais lorsque les parties métalliques de l'interrupteur viennent au contact, la différence d'intensité du courant est si rapide qu'il est facile de régler le ressort antagoniste de l'électro-aimant du compteur, de manière qu'il ne fonctionne que lorsque le circuit est complètement métallique.

L'appareil (fig. 9) se compose d'une hélice en cuivre H,

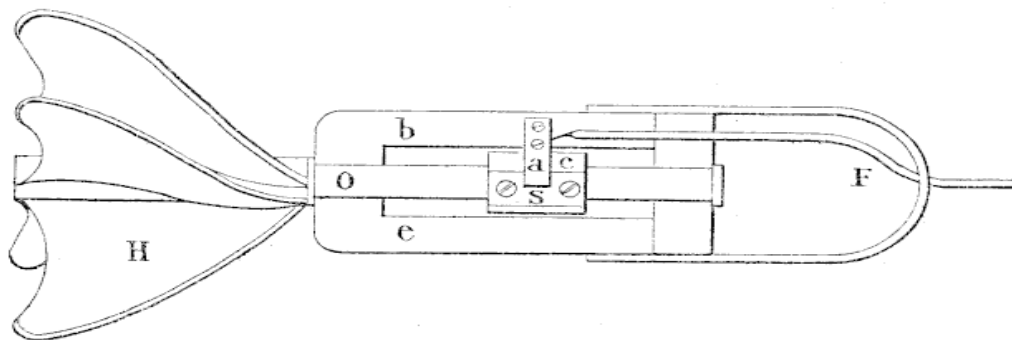


Fig. 9.

dont l'arbre O tourne dans l'intérieur d'un cylindre de gâïac *be*, fermé mais non étanche. Un fil conducteur F, isolé à la gutta-percha, permet la communication électrique entre le compteur et l'interrupteur de l'hélice. Cet interrupteur se compose d'un cylindre d'ébonite C fixé sur l'arbre O de l'hélice. Un secteur en cuivre S, relié à l'arbre, établit le circuit métallique chaque fois qu'il vient en tournant frotter contre la lame flexible *a*, qui communique avec le câble F. L'hélice faisant l'office de plaque de terre, le courant de la pile située à bord passe par le compteur, et va aboutir à la carène qui remplit aussi le rôle de plaque de terre.

En 1878, le commandant Fleuriat, imaginait un loch à indica-

tions continues dans lequel il faisait jouer à l'électricité le rôle d'agent avertisseur. Ignorant la découverte de M. de Tromelin, le commandant Fleuriais était conduit de son côté par de nombreuses expériences à renoncer à tout ferme-circuit étanche. Mais l'inventeur repoussait l'emploi de l'hélice et appuyait son opinion sur les considérations suivantes :

L'hélice envisagée comme mesureur de la vitesse présente deux graves défauts : d'une part, une déformation des ailes, même peu sensible à l'œil, entraîne un changement notable du pas et conduit par suite à des indications erronées ; d'autre part, une faible variation dans la résistance à vaincre modifie le coefficient de recul.

Au contraire, des expériences faites sur des locomotives avec le moulinet de Robinson (fig. 10), à quatre demi-sphères creuses

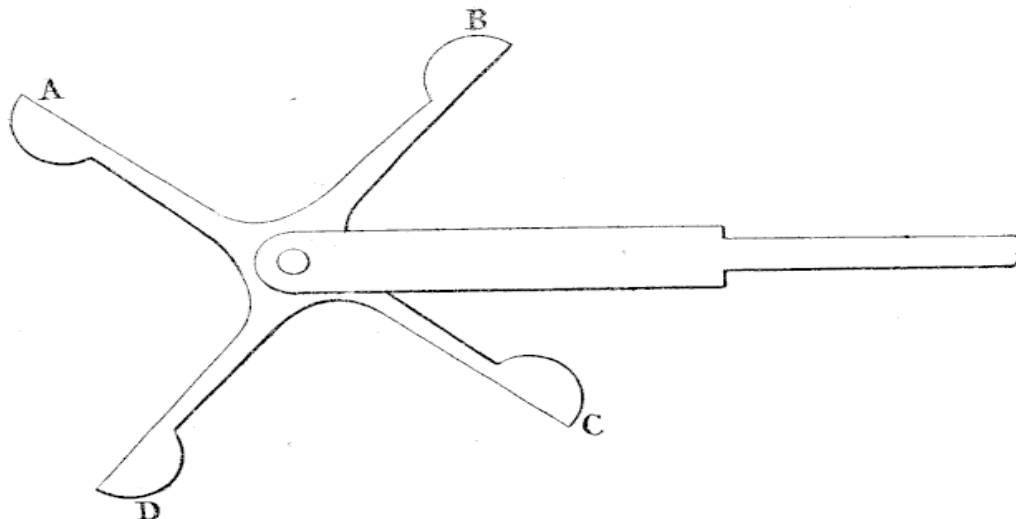


Fig. 10.

A, B, C, D, ont prouvé que, quelle que soit la vitesse du vent, quels que soient les rayons des boules et la longueur des bras, la vitesse de translation du centre des sphères restait toujours une fraction sensiblement constante (environ $1/3$) de la vitesse du vent. Le commandant Fleuriais s'est proposé d'utiliser le principe du moulinet pour la mesure de la vitesse de la mer. Des essais prolongés ont montré que, dans l'eau comme dans l'air, le recul du moulinet était constant. Ce principe fondamental ayant été

vérifié, on a construit l'appareil dont le schéma est représenté en fig. 11, et le dessin détaillé en fig. 12.

Fig. 11.

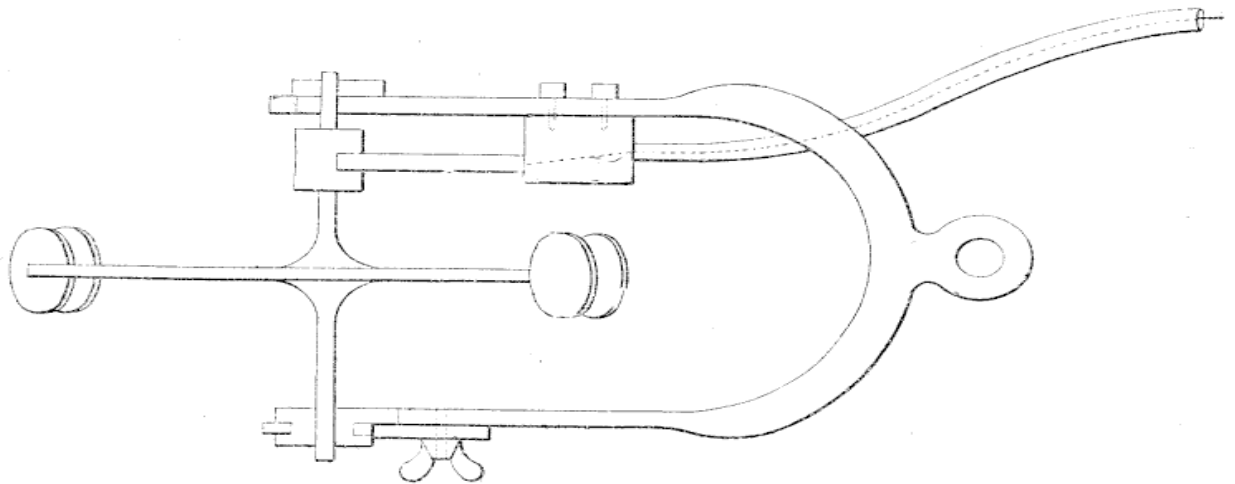
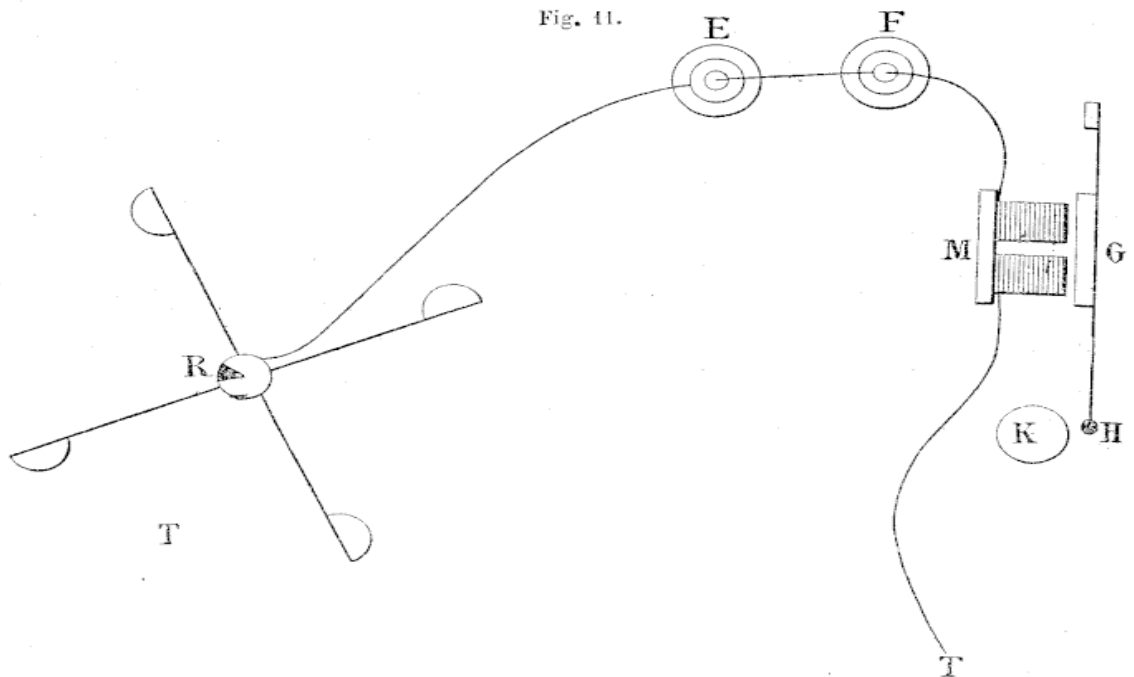


Fig. 12.

Le moulinet en bronze est fixé à une longue remorque entre les spires de laquelle est enroulé un fil de cuivre isolé. L'axe R (fig. 11) présente deux secteurs, l'un en cuivre, l'autre en gaïac ou en ébonite. Sur cet axe frotte une lame de laiton enduite d'une

couche isolante de chatterton sur toute sa surface, sauf aux points de portage sur l'axe.

A chaque tour du moulinet, la lame passe alternativement sur le secteur métallique et sur le secteur de gaïac, et permet au courant de la pile EF de s'élancer dans le circuit TMFERT. Ce courant périodique traversant l'électro-aimant M, détermine, à chaque pulsation, l'attraction de l'armature G et par suite le choc du bouton H sur le timbre K. Si le bâtiment marchant à une allure connue, on compte le nombre de coups de timbre pendant un intervalle de 30 secondes, par exemple, il est facile de dresser un tableau de conversion qui permette de connaître immédiatement la vitesse du navire d'après le nombre de battements du timbre, c'est-à-dire d'après le nombre de tours du moulinet pendant une période de 30 secondes. La moyenne de quelques observations faites avec soin fournit les données nécessaires à l'établissement du tableau.

Le commandant Fleuriais admet le nombre 2,41 comme valeur du rapport constant de la vitesse de l'eau à la vitesse linéaire des hémisphères. « L'exactitude de la loi de proportionnalité est, dit-il, très difficile à affirmer; en tous cas, les écarts, s'ils existent, paraissent d'un ordre qui n'intéresse pas la navigation. »

§ 163. **Loch à téléphone.** — L'ingénieux instrument qui vient d'être décrit a reçu un grand perfectionnement, le jour où l'inventeur a remarqué que la pile et la sonnerie pouvaient être supprimées et remplacées par un téléphone. Le moulinet lui-même forme pile dans l'eau de mer; et les légères ondulations de courant provoquées par les passages successifs du cuivre et du gaïac sous la lame, suffisent à produire, dans le cornet du téléphone, des sons très perceptibles et très nets.

Malgré l'extrême simplicité qu'affecte, dès lors, le loch Fleuriais, bien des marins refusaient au début de lui reconnaître une valeur réelle. Le moulinet, disaient-ils, est exposé à s'engager; des brins d'étoupes jetés du bord, des herbes marines s'enroulent fréquemment autour de l'axe et faussent la lame frottante. L'expérience a démenti ces appréhensions, d'autant qu'on est immédiatement averti de tout accident par l'arrêt ou par la perturbation des sons dans le téléphone.

LOCH TÉLÉPHONIQUE A DOUBLE MOULINET

§ 164. **But du système.** — La précision du loch-moulinet (type réglementaire) peut être considérée comme démontrée. On possède, en effet, de nombreux rapports relatifs à cet instrument, et émanant de navires de types et d'allures moyennes très divers; or, pour la vitesse du bâtiment correspondant à 1 tour en une seconde d'un moulinet de 300^{mm} de diamètre, ces rapports donnent des valeurs dont la plus petite est 4ⁿ,85 et la plus grande 4ⁿ,89.

Toutefois cet appareil n'est pas sans défauts. Aux grandes vitesses le comptage devient, sinon impossible, du moins très pénible et sujet à erreurs; en outre, la grandeur du diamètre du moulinet rend assez fréquents les enroulements d'herbes ou d'é-toupes; et les coincements qui en résultent sont de nature à fausser le moulinet, en produisant un écart anormal des branches de la monture. Enfin, l'organe relativement délicat du contact électrique est insuffisamment protégé.

Le type double-moulinet a été proposé par M. Fleuriais pour remédier à ces défauts. Son usage pour service ordinaire a donné jusqu'ici de bons résultats; et sous peu ce très ingénieux système à *comptage lent* se sera probablement substitué au moulinet simple à *comptage rapide*.

§ 165. **Description de l'appareil.** — L'instrument se compose de deux moulinets MM, M'M' (fig. 13), semblables entre eux, trapus, très solides, et ayant seulement 0^m,25 de diamètre de centre en centre des hémisphères.

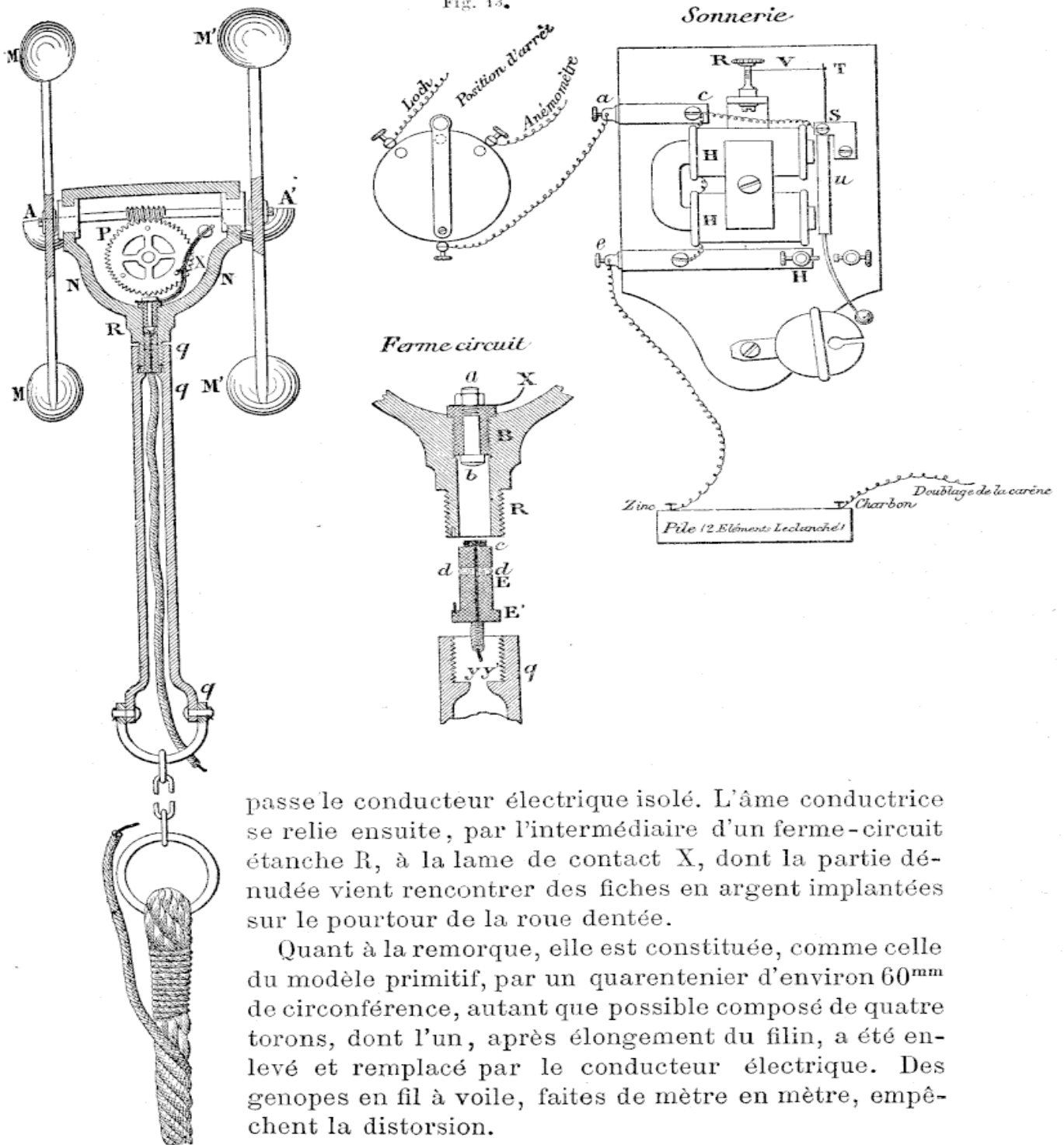
Ces deux moulinets sont calés sur un même arbre AA', portant une vis profonde engrenant dans les dents d'une roue P.

La roue P et la vis de l'arbre sont contenues dans une boîte en bronze N, fermée par un couvercle qui laisse pénétrer l'eau, mais s'oppose au passage des détritrus.

Les coussinets de l'arbre AA' sont en gaïac. Ils s'engagent à glissement dans des coulisses ménagées sur les bords de la boîte. Moulinets, arbre et coussinets forment donc un ensemble que l'on peut séparer instantanément de la monture, dès que la boîte est ouverte.

Celle-ci est prolongée par un tube qq dans l'intérieur duquel

Fig. 13.



passer le conducteur électrique isolé. L'âme conductrice se relie ensuite, par l'intermédiaire d'un ferme-circuit étanche R, à la lame de contact X, dont la partie dénudée vient rencontrer des fiches en argent implantées sur le pourtour de la roue dentée.

Quant à la remorque, elle est constituée, comme celle du modèle primitif, par un quarentenier d'environ 60^{mm} de circonférence, autant que possible composé de quatre torons, dont l'un, après élongement du filin, a été enlevé et remplacé par le conducteur électrique. Des genôpes en fil à voile, faites de mètre en mètre, empêchent la distorsion.

Il est bon de donner à la remorque 100 mètres de longueur, afin de permettre le remorquage du loch à une distance de l'arrière au moins égale à la longueur du navire.

La liaison du filin avec la boucle, qui termine le tube *qq*, s'opère par l'intermédiaire d'un bout de chaîne en cuivre de 0^m,50 de longueur.

Par suite de ces dispositions, la partie électrique est absolument protégée. D'autre part, les filets d'eau arrivant sans déviation sur les cuillers, les moulinets étant en porte-à-faux, et les coussinets se trouvant placés à l'intérieur de la zone décrite par les hémisphères, les étoupes ont peu de chance de venir s'enrouler sur une pièce mobile; enfin, les cuillers étant au nombre de huit, le couple de rotation a une énergie double de celle du moulinet simple.

§ 166. **Analyse du mode de comptage.** — Il convient maintenant d'analyser le mode de comptage auquel conduit ce dispositif.

La roue P est divisée en 72 dents et porte 3 fiches de contact. La sonnerie, la même que celle du type réglementaire, ne donne donc *qu'un* battement pour 24 tours de l'appareil, soit 1 coup en 8^s,8 à 10 nœuds; 1 coup en 4^s,4 à 20 nœuds, en admettant 3ⁿ,666 pour vitesse du navire correspondant à 1 tour en 1 seconde.

Avec un rythme aussi lent, il serait naturellement impossible de déduire la vitesse du nombre de battements entendus pendant la durée d'une ampoulette. Mais le procédé d'estimation de la vitesse d'un mobile quelconque par la mesure de l'espace parcouru en un temps donné, peut, bien souvent, être remplacé avec avantage par celui de la mesure du temps nécessaire pour que le mobile parcoure un espace déterminé. Autrement dit, dans le cas actuel, au lieu de chercher à évaluer la vitesse au moyen du nombre de coups de timbre entendus pendant un temps fixe, il est bien autrement exact et pratique de mesurer, avec un compteur, le nombre de secondes et fractions s'écoulant pendant que la sonnerie donne un chiffre exact de pulsations.

C'est ce procédé qui a été adopté.

Soient V la vitesse du bâtiment en nœuds,

C sa vitesse pour 1 tour en 1 seconde des moulinets,

N le nombre de coups de timbre (le premier compté zéro).

T la durée en secondes des N coups.

Si le bâtiment file C nœuds pour 1 tour en 1 seconde de l'instrument, il est clair qu'il filera 24 C nœuds pour 1 coup de timbre en 1 seconde, et que

$$(1) \quad 24 \times C \times \frac{N}{T} = V$$

sera sa vitesse pour N coups en T secondes.

Dans cette expression, d'une part 24 et C sont des constantes; d'autre part, la lenteur du rythme rend toute illusion impossible sur N, qui est un nombre entier. D'ailleurs, l'écart d'une unité sur ce chiffre conduirait, sur la vitesse, à une telle divergence que l'attention serait de suite attirée.

T seul peut être entaché d'une erreur qui atteindra fréquemment 0^s,5. Mais une erreur sur T a d'autant moins d'influence sur V que les deux termes du rapport $\frac{N}{T}$ sont plus grands en valeur absolue. Si, par exemple, l'intervalle T est au minimum de 50^s, une erreur de 0^s,5 ne produira sur $\frac{N}{T}$, et par suite sur V, qu'une erreur de $\frac{1}{100}$, soit de 0ⁿ,1 à 10 nœuds..., de 0ⁿ,2 à 20 nœuds.

En prolongeant l'observation pendant 500^s (8^m 20^s), la précision deviendrait 10 fois plus grande, c'est-à-dire qu'à 20 nœuds l'erreur ne dépasserait pas 0ⁿ,02.

Considérant que l'approximation de $\frac{1}{100}$ est suffisante dans le service courant, on peut employer, pour la mesure du temps, l'un de ces compteurs à bouton dont la course ne dépasse pas, il est vrai, 60^s, mais qui ont l'avantage d'être solides, de coûter bon marché, et de pouvoir servir à bord à estimer, par exemple, une distance en fonction de l'intervalle s'écoulant entre l'éclair et le bruit d'un coup de canon. Avec ce compteur le timonier, pour mesurer la vitesse, doit presser le doigt sur la détente au moment précis où il entend un coup de timbre; puis le relever sur le coup de timbre ayant lieu après le passage de l'aiguille sur 50^s.

Si la vitesse est approximativement connue, le timonier n'a même pas besoin de regarder l'aiguille. Car de l'expression (1) on

tire $N = \frac{V \times T}{24 \times C}$, ce qui donne $N = V \times \frac{50}{88} = V \times 0,56$ [pour $T = 50^s$ et $C = 3.6666$].

Le timonier n'a donc qu'à lever le doigt sur le battement ayant, en chiffre rond, pour numéro $V \times \frac{6}{10}$, c'est-à-dire sur le 3^e (le premier battement ne comptant pas, bien entendu) à 5 nœuds, sur le 6^e à 10 nœuds, sur le 7^e à 12 nœuds, etc., pour être certain d'avoir observé pendant un intervalle compris entre 50^s et 60^s.

Quant à la traduction des éléments N et T en vitesse, elle se fait ensuite au moyen d'un tableau de conversion, construit avec la formule (1), portant pour argument horizontal le nombre N de coups de timbre, et pour argument vertical le temps de l'observation.

§ 167. **Usages particuliers du système.** — Aujourd'hui les grands navires à vapeur, plus particulièrement les paquebots des lignes postales, estiment le chemin parcouru au moyen du nombre de tours d'hélice, fait pendant un certain nombre d'heures et combiné avec la valeur du tour en nœuds et fractions.

Ce procédé est excellent en ce sens qu'il tient compte de toutes les petites variations de l'allure; mais il exige la détermination préalable, avec une grande précision, du coefficient de recul aux différentes allures, circonstances de temps, etc.

Pour cette détermination, le double moulinet devient un *étalon* d'un emploi essentiellement pratique; car, pour obtenir la précision indispensable, il suffit de prolonger l'observation comparative du nombre de tours d'hélice de la machine et du nombre de tours du moulinet pendant un temps convenable, 10 minutes, par exemple. La vitesse moyenne déterminée directement au moyen de l'expression $V = 24 \times C \times \frac{N}{T}$, devient ainsi connue à $\frac{1}{1200}$.

Le comptage des battements de la sonnerie, impossible avec le moulinet simple pendant un temps aussi long, ne présente aucune difficulté avec le nouveau modèle.

Quant au temps T , il est, dans ce cas, mesuré avec un compteur ordinaire ou avec une bonne montre à secondes.

Dans le même ordre d'idées, nous pensons que l'instrument pourra être employé avec avantage pour la mesure des vitesses

d'essai des navires neufs, dans les parages où la violence des courants de marée et le peu de profondeur d'eau rendent douteuses la précision des résultats fournis par les parcours sur les bases mesurées.

D'ailleurs la précision, suffisante à 0^m,1 pour un loch, doit être mathématique pour un étalon.

Ce ne sont que les essais sur les bases en eau profonde et sans courants qui pourront dire si l'intéressant problème de la mesure rigoureuse de la vitesse d'un navire, par un procédé intérieur à lui, trouve dans l'appareil qui nous occupe une solution complète ou seulement approchée.

§ 168. **Ferme-circuit, sonnerie, mode de remorquage.** — Les explications précédentes rendent inutile une plus ample description de l'instrument. Toutefois nous pensons utile d'entrer dans quelques développements au sujet de la disposition du ferme-circuit, de celle de la sonnerie et également sur le mode de remorquage qu'il convient d'adopter.

Ferme-circuit. — Dans le moulinet simple, la liaison du conducteur de la remorque à l'instrument exige la réunion, par un isolement, dit « provisoire », de deux bouts distincts. Le ferme-circuit du double moulinet remédie à cet inconvénient.

La lame de contact X (fig. 13) est solidaire d'une tige en cuivre *ab*, qui se termine par un disque métallique *b*, et qui traverse un bloc en ébonite B. Le tube R a son bout taraudé sur la surface extérieure. L'extrémité du tube *qq* est taraudée intérieurement au même diamètre et au même pas.

Le conducteur électrique traverse successivement :

- 1° le tube *qq*,
- 2° le bouchon EE' en ébonite,
- 3° la rondelle *dd* en caoutchouc *mou*,
- 4° la rondelle en ébonite *c*.

A sa sortie de la rondelle *c*, l'âme du conducteur est soudée à une petite masselotte métallique, l'empêchant de sortir de la rondelle sous l'effet d'une traction accidentelle. Dans cette situation, il y a donc indépendance complète entre la remorque et le moulinet proprement dit.

Mais si on veut établir la relation, il suffit d'engager dans le tube amorce R l'ensemble du bouchon et des rondelles enfilées

sur le conducteur, puis de visser le tube qq sur le tube R. La nervure yy' , en pressant la partie E' du bouchon, pousse fortement l'extrémité du conducteur contre la plaque b . Par ailleurs, le gonflement de la rondelle dd rend l'étanchéité parfaite; et si l'on en juge par les essais déjà exécutés, il est bien rare que le joint ait besoin d'être ouvert.

A l'intérieur de la boîte NN, l'extrémité de la tige ab et la lame X, sauf le point de contact, sont recouvertes d'un enduit isolant.

Sonnerie. — La sonnerie comprend un électro-aimant HH actionnant une armature u , qui pivote sur pointes en S. L'armature est prolongée par la lame élastique T, qui joue le rôle de ressort antagoniste. A cet effet, un fil de soie V, enroulé autour de la vis de réglage R, vient se fixer à l'extrémité de la lame. En agissant sur la vis R, on donne à la lame la bande que l'on juge convenable.

Le courant, venant du pôle zinc de la pile, entre dans la sonnerie par la borne e , et en ressort, après avoir traversé l'électro-aimant, par la borne a , pour se rendre au centre du commutateur, qui le dirige à volonté, soit sur le loch, soit sur l'anémomètre. Le pôle charbon de la pile est relié au doublage. Mais les modifications incessantes de l'intensité du courant, sous l'effet de la polarisation de la pile ou plutôt sous celui des changements d'état d'isolement de la remorque, rendent assez délicat le réglage exact de la tension du ressort antagoniste de l'armature. Si la tension est trop grande, l'armature n'est pas attirée; si elle est trop faible, il y a adhérence permanente. Pour faire disparaître cette difficulté pratique, on a, d'une part, établi en H, une vis butante, en relation continue avec la borne e ; d'autre part, on a relié l'axe S de l'armature à la borne a . Dès lors, quand l'armature est attirée, la tige du marteau du timbre vient buter contre la vis H, et établit la communication électrique directe entre les bornes e et a par le chemin $e H u S c a$. La résistance de ce circuit étant nulle, l'attraction cesse instantanément dans l'électro-aimant. L'armature tend à reculer, mais est rappelée aussitôt que le contact se rompt en H. De là, un tremblement extrêmement rapide et d'amplitude infiniment petite pendant toute la période d'attraction. Ce mouvement vibratoire, imperceptible à l'œil, ne modifie en rien la netteté des coups de timbre, mais

s'oppose à toute permanence d'attraction. Autrement dit, dès que l'intensité du courant devient inférieure à la tension du ressort antagoniste, l'armature revient brusquement en arrière.

Ce dispositif a donné les meilleurs résultats, en ce sens qu'il a permis de fonctionner pendant des périodes très longues *sans se préoccuper du réglage de la vis R*.

Mode de remorquage. — La condition essentielle de bon fonctionnement et de précision de l'instrument, est qu'il soit maintenu immergé à la plus grande profondeur possible. Si, en effet, les cuillers supérieures venaient à émerger entre deux lames, les résultats seraient aussitôt faussés dans une très forte proportion. En outre, les détritits flottant sur l'eau (et ce sont heureusement les plus nombreux) ont évidemment d'autant moins de chances d'être rencontrés par les bras des hémisphères que ceux-ci sont plus plongés. D'après tout cela, la meilleure manière de remorquer le loch est celle qui est employée à bord des cuirassés et des grands transports, et qui consiste en ce qui suit :

Sur une boucle placée le long des flancs du navire, au niveau de la flottaison, ou même en contre-bas, s'il est possible, on frappe à demeure un filin auxiliaire, de 60 millimètres de circonférence environ, dont l'autre extrémité est raidie par-dessus le bastingage en rade ou pendant les évolutions. La remorque, d'une longueur égale au moins à celle du navire, se file par-dessus le couronnement. Lorsqu'il ne reste plus à bord que 10 à 15 mètres, on bosse sur le câble le filin auxiliaire, puis on continue à filer.

Nécessairement ce filin ne tarde pas à raidir; dès lors le point d'appel devenant la boucle de la flottaison, le loch reste coulé à au moins 3 mètres, même pour des vitesses de 12 à 14 nœuds.

Quant à la partie de la remorque comprise entre le point de bosse et le bout extrême en relation avec le fil de sonnerie, elle n'éprouve plus aucune traction; et passant toujours par-dessus le couronnement, elle reste prête à être saisie lorsque ordre est donné de rentrer l'appareil.

Il est probable que pour les navires à deux hélices, la meilleure position à donner au dormant du filin auxiliaire serait sur le gouvernail, à 2 ou 3 mètres sous l'eau; mais on n'a pas eu l'occasion de faire des essais concluants à cet égard.

Confection de la remorque. — Une remorque à armature extérieure métallique, comme celle des anciennes torpilles divergentes, serait inusable ; mais un filin en acier pourrait devenir un danger dans le cas de coincement entre le moyeu de l'hélice et l'étambot, à la suite d'une marche en arrière subite.

Le chanvre, surtout sous le faible diamètre de 20 millimètres, ne présente aucun inconvénient. Engagé entre l'étambot et l'hélice, il est réduit en pâte presque immédiatement (expériences faites). Mais il est bien difficile de préciser le meilleur mode d'assemblage du filin et du câble électrique. Est-il préférable de loger le câble au lieu et place d'un toron du quarentenier (supposé commis en quatre), ou simplement de l'enrouler autour du filin naturel en multipliant les genopes ? Les deux procédés ont été employés, et ont donné l'un et l'autre des résultats satisfaisants. (L'enlèvement du toron est plus rationnel).

Quoi qu'il en soit, il est probable qu'un câble électrique, enroulé autour d'une corde, sera toujours plus ou moins vite dénudé par les frottements causés par la mise à l'eau et surtout par la rentrée du loch.

§ 169. **Utilisation de la sonnerie et du compteur à bouton pour la mesure de la vitesse du vent.** — Le système de comptage adopté pour le double moulinet, se prête tout particulièrement à la mesure de la vitesse du vent au moyen de l'anémomètre.

Les anémomètres habituels ont 0^m,53 de diamètre de centre en centre des hémisphères, ce qui conduit à un déplacement de l'air de $(0^m,53 \times \pi) \times 3 = 5$ mètres pour chaque tour. La vis de l'axe commande une roue de 80 dents portant 10 fiches de contact. Dans l'état actuel, la sonnerie donne donc un coup de timbre pour 8 tours, soit pour 40 mètres ; et le nombre de coups entendus pendant la durée d'une ampoulette de 40^s représente le nombre de mètres que le vent parcourt en 1 seconde.

Ce mode d'appréciation est excellent pour la mesure de la vitesse d'un vent régulier ; malheureusement il ne permet pas (du moins avec l'ampoulette de 40^s) d'évaluer l'intensité d'une rafale de courte durée. Mais supprimons 8 fiches de la roue, et n'en conservons que 2 diamétralement opposées. La sonnerie ne donnera un coup de timbre que pour 40 tours, soit pour 200 mètres ;

et telle serait la vitesse du vent à la seconde, si on entendait 2 coups séparés seulement par un intervalle de 1^s.

Par analogie avec le loch on aura, d'une façon générale,

$$\text{Vitesse du vent} = 200 \times \frac{N}{T},$$

formule qui permettra d'établir un tableau utilisable avec le compteur et la sonnerie du loch. S'il s'agit d'une rafale, ou que la brise soit très faible, on relèvera le doigt sur le 1^{er} coup après le départ. Si l'on désire plus de précision, on attendra que l'aiguille du compteur ait dépassé 20^s; et certes ce procédé sera plus pratique que celui qui consiste à attendre 40^s pour obtenir un élément qu'il est *très utile* mais suffisant de connaître à 1 ou 2 mètres près.

T. II, 4^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE II

APPAREILS DE SONDAGE

Les appareils de sondage se divisent en catégories bien distinctes. Les uns indiquent la profondeur de l'eau par la quantité de ligne filée; et souvent ils sont organisés de façon à donner en même temps la nature du fond. D'autres, au contraire, sont munis d'enregistreurs, qui permettent de connaître par une simple lecture la profondeur atteinte. Enfin il y en a qui, étant destinés à de grandes profondeurs, comportent tout un ensemble de pièces.

SONDEURS SIMPLES

§ 170. **Sondeurs donnant la nature du fond.** — Parmi les instruments de cette

espèce, on peut citer :

1° Le « *Bull dog clam* » (fig. 14), destiné à fournir un spécimen du fond.

Les mâchoires A et A', formant ciseaux, tendent à se fermer par suite de l'effort qu'exerce sur la gorge cc le collier de caoutchouc K K'. La fermeture des mâchoires est empêchée par le poids

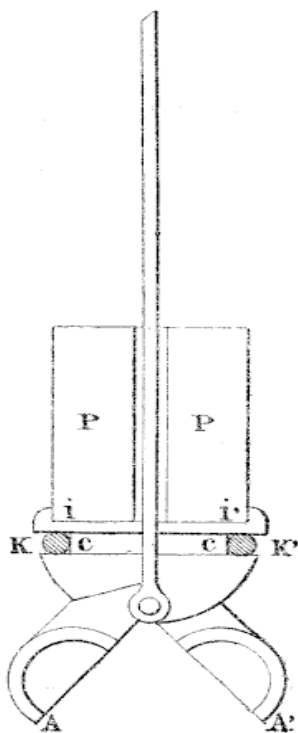


Fig. 14.

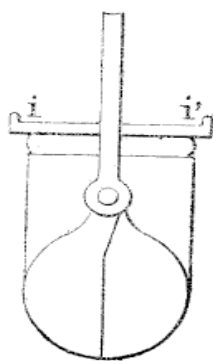


Fig. 15.

P qui repose sur l'assiette ii'. Lorsque l'appareil heurte le fond,

le poids P, qui est en deux morceaux, décapelle de dessus son assiette de support, et tombe; en même temps le caoutchouc se resserre et le sondeur remonte dans la position montrée par la figure 15.

2° *Appareil de Skead.*—Ce sondeur (fig. 16) descend dans la position indiquée sur le dessin. En arrivant au fond, le poids P ne pèse plus sur le bec B.

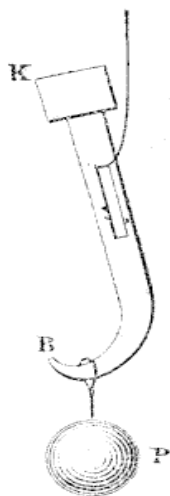


Fig. 16.

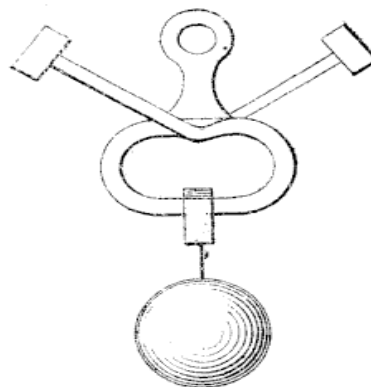


Fig. 17.

Le contrepoids K fait basculer la tige; P se détache; et le corps creux du sondeur, crochant dans le fond, se remplit de la substance de celui-ci.

3° *Système Bonnici.* — Ce système est analogue au précédent; un simple coup d'œil jeté sur la fig. 17, qui représente l'organisation des mâchoires, suffit à en faire comprendre le fonctionnement.

4° *Sondeur de Baillie.* — Cet instrument, inventé en 1872 par le lieutenant Baillie, de la marine anglaise, a été d'un usage général à bord du *Challenger*, pendant la célèbre campagne scientifique de ce bâtiment autrichien.

La figure 18 représente une coupe dans la sonde. L'appareil se compose d'un cylindre en fer creux C. L'extrémité supérieure de ce tube est conique, et reçoit à l'intérieur une pièce de fer D; cette pièce est munie de tenons T, T', qui peuvent glisser dans une fente longitudinale MN pratiquée dans le tube. A la boucle E de D est attachée la ligne de sonde.

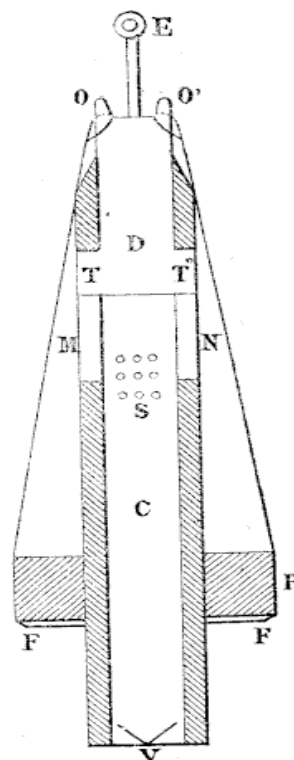


Fig. 18.

Le poids P est perforé de manière à se laisser traverser par le cylindre. Il est soutenu pendant la descente par un anneau FF, relié à deux fils de fer que terminent des boucles qui prennent point d'appui sur les oreilles O, O' de la pièce D.

Lorsque l'extrémité du cylindre a touché le fond, le poids P, continuant à agir sur les oreilles O, O', fait glisser le cylindre C dans les rainures M, N. Les oreilles disparaissent dans l'épaisseur du tube, et le poids P se détache. Toutefois, il a préalablement servi à enfoncer dans le sol le cylindre C, qui, grâce aux valves V dont il est muni à sa partie inférieure, peut recevoir et retenir un spécimen du fond, tandis que l'eau qu'il contient est évacuée par de petits trous pratiqués en S.

SONDEURS COMPLEXES

§ 171. **Sondeurs avec enregistreurs.** — Les appareils énumérés ci-dessus ont pour but la détermination des grands fonds, et ne sont guère usités que pour les recherches scientifiques.

Au contraire, les appareils à enregistreurs ne servent en général qu'à la connaissance des petits fonds, et sont dès lors plus spécialement employés dans la navigation courante, aux exigences de laquelle leur facilité de manœuvre leur permet de se prêter.

Les principes sur lesquels reposent ces sondeurs, consistent ou dans l'enregistrement, par un compteur, du nombre de tours que fait une hélice entraînée par un poids; ou dans la constatation de la diminution d'un certain volume d'air par suite des pressions croissant avec les profondeurs.

1° *Sondeur Massey* (fig. 19) est basé sur le premier principe.

Le cadre AA, évidé en E, reçoit l'hélice H qui est protégée par l'anneau BB. Dans la partie supérieure du cadre est pratiquée une chambre qui reçoit le compteur. Le cadran C, muni d'une aiguille, est gradué en brasses jusqu'au nombre 120.

Lorsque le sondeur, étant arrivé au fond, commence à être remonté, la résistance de l'eau exercée de haut en bas fait basculer un doigt

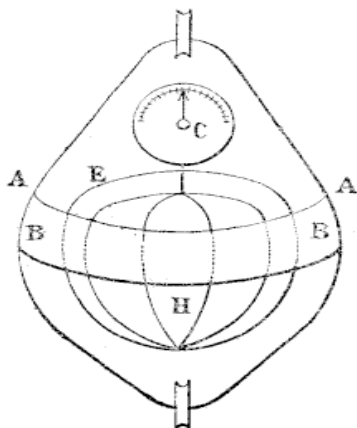


Fig. 19.

articulé, qui s'engage entre les ailes de l'hélice et l'empêche de tourner.

Les sondeurs à hélice, malgré leur séduisante simplicité, ne doivent inspirer qu'une médiocre confiance.

2° *Sondeur Thomson*. — Cet instrument est basé sur l'application de la loi de Mariotte. La compression de l'air dans un tube qui coule est en raison de la profondeur, et s'enregistre par la quantité d'eau qui passe dans le tube.

Ericsson a construit un sondeur de cette sorte; mais sir Thomson a perfectionné le système, et l'a rendu vraiment pratique.

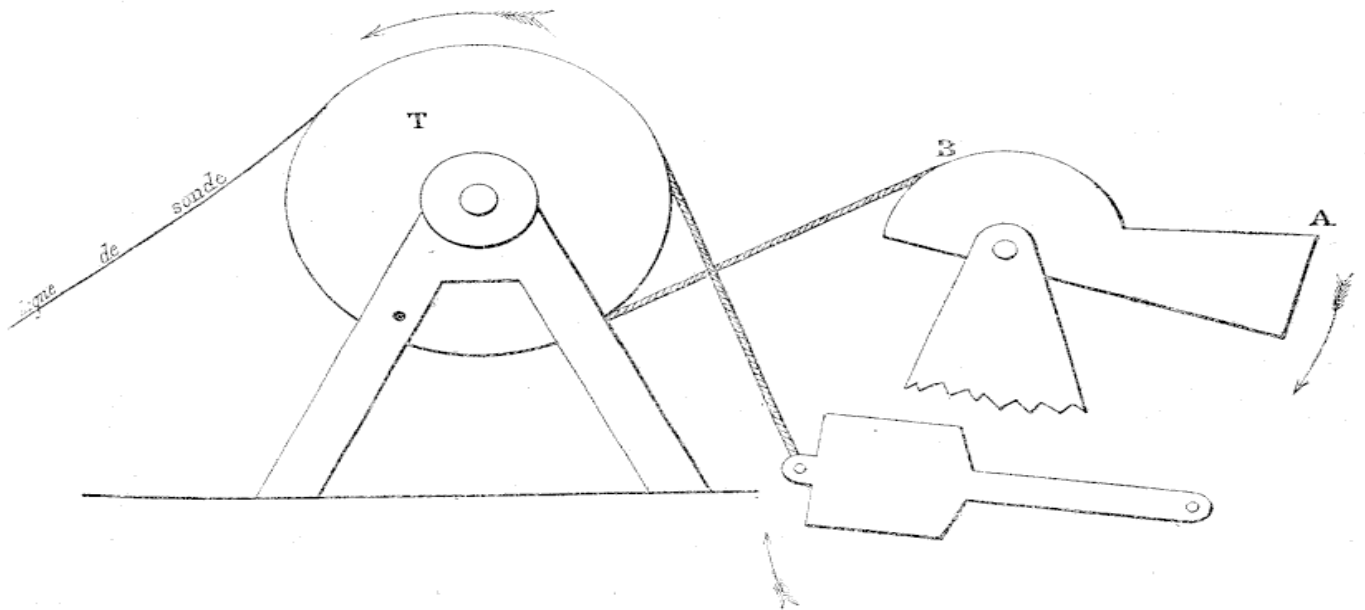


Fig. 20.

Un tube de verre d'une longueur de 0^m,40 et de 0^m,002 de diamètre intérieur est ouvert à l'une de ses extrémités, et logé dans un tube de cuivre percé de trous. Un plomb de 25^{kg}, attaché à un fil d'acier enroulé sur un tambour, entraîne le tube au fond. Suivant la profondeur, l'eau presse plus ou moins l'air contenu dans le tube de verre, et, par suite, pénètre plus ou moins avant dans ce tube. Lorsqu'on le relève, la hauteur à laquelle l'eau est parvenue est nettement indiquée.

En effet, sur toute cette hauteur, le tube est devenu blanc par suite de l'action du liquide sur une composition appliquée à la

paroi intérieure. Il ne reste qu'à rapprocher ce tube d'une échelle graduée et à lire la profondeur atteinte.

De la sorte, on obtient les fonds jusqu'à 200^m environ. Au delà, les divisions de l'échelle deviennent très petites et la moindre erreur de lecture peut conduire à une appréciation fort inexacte de la profondeur.

Le grand avantage du sondeur Thomson est la possibilité qu'il donne de sonder en marche. Le tambour T (fig. 20) est monté à l'arrière du bâtiment sur le plat-bord ; et, le plomb ayant été mis à l'eau, on laisse le fil d'acier se dérouler librement. Lorsque le plomb vient à rencontrer le fond, un ralentissement momentané se produit dans le déroulement. A ce moment, on pèse sur la partie A du contrepoids articulé AB ; et le frottement de la corde enroulée sur une gorge pratiquée dans le tambour T arrête celui-ci rapidement et sans secousse. Deux manivelles sont alors emmanchées sur l'axe ; et le poids est halé à bord.

SONDEURS DE GRANDES PROFONDEURS : APPAREIL EMPLOYÉ DANS L'EXPÉDITION SCIENTIFIQUE DU TALISMAN

Pour opérer des sondages à de grandes profondeurs on a employé sur *le Talisman*, dans l'expédition scientifique dirigée par M. A. Milne-Edwards, le savant naturaliste, membre de l'Institut, une disposition spéciale qui comprend :

1° L'appareil de sondage ; 2° le sondeur proprement dit ; 3° la bouteille destinée à recueillir l'eau de la mer à toutes les profondeurs.

§ 170. **Appareil de sondage.** — Les organes principaux de cet appareil (Pl. XV, t. II, fig. 1) sont :

1° Une bobine *b* (vue 1) sur laquelle est enroulé le fil de sondage ;

2° Un compteur différentiel *c*, indiquant le nombre de mètres de profondeur ;

3° Un chariot *c'* actionnant un frein *f* placé sur l'arbre de la bobine, pour arrêter instantanément cette dernière lorsque le sondeur touche le fond, et aussi pour régler le déroulement du fil pendant la descente ;

4° Deux montants *m*, *m* en bois de chêne servant de bâtis à

tout le système de poulies de retour et au disque guide du fil de sondage;

5° Un disque d à galets très mobiles pour guider le fil avant son entrée dans la mer.

1° *Bobine*. — La bobine b est en bronze, elle est clavetée solidement sur un arbre en fer a . Lorsqu'il s'agit de remonter le sondeur, cet arbre est entraîné, au moyen d'un embrayage à mâchoires, par un moteur Brotherood placé sur l'avant de la bobine. Sur l'extrémité arrière de l'arbre a est clavetée une poulie P en fonte, sur laquelle agit un frein f actionné par un chariot spécial dont il sera parlé plus loin. Le tout est supporté par un bâtis en cornière relié solidement par des boulons à la passerelle.

Le fil de sondage f_s , enroulé sur la bobine, est en acier. Il a un diamètre de 1^{mm} , et une longueur totale de 8.000^{m} .

On a obtenu cette longueur en ajoutant entre eux, au moyen d'une épissure, des bouts de 50 à 100^{m} de longueur. Le parcours du fil de sondage, depuis la bobine jusqu'à la mer, est marqué dans la vue 1 par la notation f_s . Le poids du fil de sondage est de 7^{kg} par kilomètre, et sa résistance à la rupture est de 150^{kg} .

Pour empêcher le fil d'acier de s'oxyder, après sa sortie de la mer, on l'essuie *grosso modo* avant qu'il s'enroule sur la bobine; et on fait tourner cette dernière dans une auge contenant une dissolution composée de 500^{gr} de soude caustique pour 10 litres d'eau.

2° *Le compteur différentiel c*, représenté à plus grande échelle (vues 3 et 4), comporte l'organisation suivante :

Une poulie en bronze p est clavetée sur un arbre en fer a' tournant dans deux coussinets en bronze fixés sur un bâtis en cornière relié à la passerelle. L'extrémité arrière de l'arbre a' porte une vis sans fin V , qui engrène avec deux petites roues dentées en bronze r, r' . Ces deux roues sont montées folles sur un même axe a'' ; cet arbre peut avoir, en desserrant la vis V , un petit mouvement vertical, qui permet de désengager les deux roues r, r' d'avec la vis sans fin. Cette disposition sert à mettre le compteur à zéro au commencement de chaque opération.

La graduation du compteur est la suivante :

La roue r a 100 dents, et la roue r' 99; sur chaque roue est tracée une circonférence graduée d'un nombre de divisions égal au nombre des dents. Un premier index i correspondant à la

roue r est horizontal; et un second index correspondant à la roue r' se trouve dans une autre direction. La roue r est, au surplus, découpée pour laisser voir la graduation de la roue r' .

Par ailleurs, la circonférence de la gorge de la poulie p a une longueur d'un mètre, c'est-à-dire que pour un tour de cette poulie il se déroule un mètre de fil d'acier; en même temps chacune des roues tourne d'une dent. Lorsque la roue r a fait un tour, la roue r' a fait un tour plus une dent; et le second index marque successivement 0 et 1 sur la roue r' , tandis que le premier index marque successivement 0 et 100 sur la roue r . D'après cela on comprend facilement que les divisions de la roue r indiquent les mètres, tandis que celles de la roue r' marquent les centaines de mètres. Ce compteur peut enregistrer les plus grandes profondeurs, puisqu'un seul tour de la roue r' suffit pour accuser 9.900^m.

Les deux petits rouleaux h, h , en acier, guident le fil de sondage sur la poulie p .

Les deux poulies en bronze g, g servent de retour aux bouts de filin qui transmettent l'action du chariot c' (vue 1) au frein f de la bobine b .

3° *Le chariot c'* , indiqué sommairement vue 1, est représenté à plus grande échelle vues 5 et 6.

Il est formé par deux cadres rectangulaires en cornière rivés entre eux et sur une tôle de même forme extérieure. Au milieu de cette tôle est pratiquée une mortaise, dans laquelle tourne une poulie en bronze p' folle sur son axe; cette poulie sert de retour au fil de sondage.

Aux quatre coins du cadre sont disposés des galets n , qui permettent au chariot de se mouvoir facilement le long du plan incliné formé par les deux montants en bois m, m (vue 1), garnis à cet effet de deux bandes de fer. Deux cornières e , vissées sur les montants en bois, servent de glissières supérieures au chariot. Le poids de ce chariot est calculé de manière que, lorsque pour une cause quelconque, le roulis par exemple, l'action du sondeur sur le fil diminue d'intensité, le chariot descend sur le plan incliné en faisant appliquer le frein de la bobine. La vitesse de cette dernière se trouve immédiatement réduite; on évite ainsi la rupture du fil, causée le plus souvent par les coques qui se forment quand le déroulement est plus rapide que l'appel du sondeur. Au moment où le sondeur touche le fond, le chariot agit seul sur

le fil et descend alors brusquement; et l'arrêt de la bobine est instantané.

Lorsqu'on sonde par de grandes profondeurs, les deux tiges en fer t, t (vue 5) permettent de placer sur le chariot des poids additionnels en plomb pour compenser, pendant la descente du sondeur, le poids du fil d'acier immergé.

4° *Les deux montants m, m* (vues 1 et 2), en bois de chêne, servent de points d'appui aux poulies de retour et au disque à galets; et leur partie inférieure sert de glissière au chariot c' , comme il a été dit en 3°.

Ces deux montants sont placés à tribord et inclinés parallèlement entre eux dans le sens de l'avant à l'arrière. Ils sont fixés solidement au moyen de brides S, S en fer, boulonnées sur le pont supérieur et sur la passerelle.

Les pièces u et p'' sont deux poulies en bronze montées folles sur leurs axes respectifs. La poulie p'' est reliée par une chape en fer à une autre poulie u' , qui lui est perpendiculaire, et qui est suspendue par un bout de filin, dont les extrémités sont fixées à deux pitons t, t , placés sur les faces intérieures des montants.

Au début de l'expédition, pendant les premiers sondages, les deux extrémités du filin q étaient reliées à deux ressorts à boudin fixés par leur partie inférieure sur les montants près de la passerelle. Cette disposition avait pour but de permettre à la poulie p'' de se déplacer verticalement pendant l'opération. L'expérience ayant démontré que la position de cette poulie restait invariable, on a supprimé les ressorts; et il est probable que lors de la prochaine expédition scientifique la poulie p'' sera fixée directement sur les montants.

Le graissage des trois poulies p', u, p'' se fait au moyen d'un godet à mèche, qui envoie l'huile dans un trou percé suivant l'axe du tourillon.

5° *Le disque à galets*, qui sert à guider le fil dans son parcours vertical avant son entrée dans la mer, est fixé en K (vues 1 et 2) au moyen de quatre petits boulons, sur deux demi-cercles en cornière X, X , maintenus dans une position fixe par un assemblage de cornières y, y ; celles-ci sont elles-mêmes articulées sur les montants en bois au moyen de charnières. Il est possible avec cette installation de replier tout le système le long des montants, lorsque l'appareil ne fonctionne pas.

Le disque-guide est représenté à grande échelle sur la vue 7. Il se compose d'un disque d en bronze dans lequel sont percées, suivant les rayons d'un octogone régulier, huit mortaises servant de logements à autant de réas en bronze $r, r...$; ces derniers sont fixés sur des axes $a, a...$, en acier, très mobiles dans leurs coussinets. L'intervalle compris entre deux réas contigus est évidé pour rendre le disque le plus léger possible.

Le disque d s'encastre avec du jeu dans une couronne en bronze c'' , qui porte quatre oreilles percées permettant de fixer tout le système en K (vues 1 et 2). Des petits galets m rendent le disque très mobile sous l'action du fil d'acier; ce dernier passe en o (vue 7) lorsqu'il est vertical, ce qui arrive très rarement. Quand le fil de sondage prend une position oblique par suite des mouvements du navire, il s'engage dans une des huit rainures, où il rencontre un réa r qui le guide.

§ 173. **Sondeur proprement dit.** — Le sondeur, représenté vues 8 et 9, se compose d'un cylindre en acier e . Sur l'extrémité supérieure de ce cylindre se visse un écrou ogival percé d'une mortaise, dans laquelle passe une tige a' en fer, cylindrique à l'intérieur du sondeur et plate à l'extérieur. Cette tige est terminée à son extrémité supérieure par un anneau qui sert à fixer le sondeur sur le fil d'acier. A l'intérieur, la tige en question porte deux clavettes b, b , qui viennent heurter les extrémités d'une mortaise percée dans le cylindre e , ce qui permet à la tige a' un mouvement limité dans le sens de l'axe.

Deux dents, venues de forge à l'extrémité supérieure de la partie plate, servent à suspendre, au moyen d'un fil d'acier et de trois anneaux e', e', e' , des poids additionnels p, p cylindriques et en fonte. Le nombre de ces poids augmente avec la profondeur supposée; pour les plus grands fonds trouvés pendant l'expédition (5.290^m et 6.067^m), il n'a été employé que deux poids pesant 23^{kg} chacun.

A l'extrémité inférieure du cylindre e se visse une boîte cylindrique d , qui porte deux clapets à charnière h, h . Pour la descente, ces deux clapets sont tenus ouverts au moyen d'un fil à voile amarré sur le fil d'acier qui supporte les poids additionnels.

Le poids du sondeur est de 9^{kg}; parmi les poids additionnels, il y en a qui pèsent 23^{kg}, et d'autres 11^{kg}.

Pour amarrer facilement le sondeur sur le fil de sondage, ce dernier est muni à son extrémité d'un bout de ligne de grosseur convenable, et d'une longueur telle que, lorsque le sondeur touche l'eau, le fil d'acier commence à s'engager sur la poulie du compteur. Une plate-forme à rabattement disposée le long du bord à la hauteur du pont supérieur, sert à supporter l'homme qui opère avec le sondeur.

Pour effectuer un sondage, on passe le bout de ligne du fil d'acier dans toutes les poulies de retour, y compris le disque à galets; on amarre à l'extrémité de ce bout de ligne le sondeur, qu'on laisse descendre doucement jusqu'à ce que la partie inférieure touche l'eau. On le maintient dans cette position, au moyen d'un filin de retour passé en double dans l'anneau du sondeur, et fixé sur un taquet vissé sur le montant *m* (vue 1) de l'arrière. A ce moment, on met le compteur différentiel à zéro; et l'appareil est prêt à accomplir l'opération.

Aussitôt l'ordre donné, on retire le filin qui sert de retour au sondeur; ce dernier s'immerge, et entraîne le fil d'acier qui se déroule de la bobine *b*. Le compteur différentiel fonctionne ainsi que le chariot *c'*. Au moment où le sondeur touche le fond, la boîte en bronze dont les clapets sont ouverts recueille une certaine quantité de la substance de ce fond; en même temps, les poids additionnels *p, p* (vue 9) font descendre brusquement la tige *a'*; ils se décrochent alors, et tombent sur le fond en fermant les clapets *h, h*.

A ce même moment, la bobine est arrêtée instantanément par le chariot *c'* (vue 1); et on lit sur le compteur la profondeur indiquée. Aussitôt on embraye la bobine *b* avec le moteur Brotherhood; et on remonte le sondeur avec une vitesse modérée pour ne pas fatiguer la bobine. Lorsque le sondeur est devenu accessible, on dévisse sa boîte en bronze; et on se rend un compte exact de la nature du fond par ce qui est contenu au-dessus des clapets de cette boîte.

Pendant toute la durée de l'opération, le fil, avant son entrée dans l'eau ou sa sortie, doit être tenu dans une position verticale autant que possible; on y parvient en manœuvrant convenablement la machine motrice du navire.

En résumé, le fonctionnement de l'appareil qui vient d'être décrit a été satisfaisant durant toute l'expédition; seule la bobine *b*

a été changée deux fois pour cause d'écrasements dus à ses trop faibles dimensions.

§ 174. **Bouteille à eau.** — Pour se procurer de l'eau de mer à une profondeur quelconque, on a employé la bouteille représentée vue 10.

Cet appareil se compose d'un cylindre c'' , en bronze, qui forme le corps de la bouteille. Sur chaque extrémité de ce cylindre est vissé un écrou en bronze de forme ogivale, dans lequel se trouve logé un robinet r' pourvu d'une clef de manœuvre.

Ce robinet peut, au moyen de l'orifice e_1 , faire communiquer l'extérieur avec un compartiment a_1 situé à l'extrémité du cylindre. Enfin, ce compartiment a_1 est mis lui-même en communication avec l'intérieur de la bouteille par un clapet s , appuyé sur un siège en bronze fixé par des vis contre les parois de la bouteille. Le clapet s est fixé sur une tige b' , mise en mouvement par la noix du robinet r' , qui possède, à cet effet, une gorge creusée de manière à former une espèce de petite came sur un arc de 90° . Lorsque la partie la plus profonde de cette gorge se présente sous la tige b' , le clapet est fermé, le robinet aussi, et la clef de manœuvre de ce dernier est verticale. En tournant d'un quart de tour, c'est-à-dire en mettant la clef de manœuvre horizontale, le clapet et le robinet sont ouverts; et l'intérieur de la bouteille se trouve en communication directe avec l'extérieur.

Un ressort à boudin i est fixé, du côté du robinet, sur la tige b' , et sert à rappeler le clapet s au moment de la fermeture. Une crépine p' empêche les petits corps flottants de pénétrer dans la bouteille.

Pour vider cette dernière, aussitôt qu'elle a été remontée, il suffit d'enlever la vis V'' .

Les trous t', t' percés dans les écrous ogivaux servent l'un pour élinguer l'appareil, l'autre pour amarrer sur la bouteille un poids additionnel destiné à faciliter la descente aux grandes profondeurs.

Pour fermer les robinets r', r' lorsque la bouteille est immergée, on se sert d'une couronne f' , représentée en coupe vue 11, que l'on fait glisser le long de l'orin sur lequel la bouteille est amarrée.

Pour obtenir un échantillon d'eau de mer à une profondeur choisie, on opère de la manière suivante :

Les deux clefs de manœuvre m' , m' (vue 10) sont mises horizontales, c'est-à-dire que les robinets r' , r' et les clapets s' , s' sont ouverts. Après avoir été lestée d'un poids additionnel, semblable aux poids employés pour le sondeur, la bouteille est élinguée sur un orin passé préalablement dans la couronne précitée. Cet orin, enroulé sur un touret, a une longueur de 8.000^m, divisée en décimètres; il est manœuvré par le cabestan d'un treuil à vapeur.

On fait descendre la bouteille; l'eau circule dans son intérieur; et lorsqu'elle se trouve à la profondeur désirée, chose facile à constater en observant les marques de l'orin, on laisse tomber la couronne, qui ferme dans sa chute les robinets r' , r' , au moment où elle atteint leurs clefs respectives m' , m' .

La bouteille est remontée aussitôt au moyen du treuil; et on extrait l'eau qu'elle contient par le trou de la vis V'' .

T. II, 4^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE III

PRODUCTION DE SIGNAUX

A côté des signaux de bord de service courant, dont les plus récents ont été décrits au § 692 du tome I, on a encore besoin en marine de signaux spéciaux, notamment pour prévenir les collisions.

Dans bien des circonstances aussi, les officiers de vaisseau peuvent, dans des débarquements, être appelés à communiquer avec le bord ou de détachement à détachement.

Les signaux de première espèce sont phoniques, ou lumineux simples, c'est-à-dire constitués par des matières éclairantes qui se voient d'une manière immédiate. Ceux de seconde espèce peuvent être lumineux simples ; mais le plus souvent aujourd'hui on a recours aux signaux lumineux complexes ou médiats, c'est-à-dire à des signaux où la lumière soit solaire, soit artificielle, est projetée par un appareil spécial dans la direction du correspondant.

SIGNAUX LUMINEUX SIMPLES ET SIGNAUX ACOUSTIQUES

§ 175. **Principe de ces signaux.** — La sécurité de la route à la mer, par les temps de brume ou de neige, ne peut être pratiquement assurée que par l'emploi de signaux de l'une ou l'autre espèce, mais possédant une grande puissance et de plus ne laissant aucun doute sur la direction d'où ils proviennent.

Les signaux lumineux tels que les feux de route des bâtiments, remplissent cette dernière condition, mais non la première. Jusqu'ici on n'a pu se procurer des systèmes d'éclairage, y compris les appareils photo-électriques, assez intenses pour traverser, sur une longueur d'au moins un kilomètre, des brumes et des neiges épaisses.

On commence à espérer une heureuse solution de l'emploi du magnésium en poudre, substance dont la combustion produit une lumière d'un éclat extraordinaire.

Les signaux phoniques (1) comprennent des sifflets, des sirènes (bien connues en physique), et des trompettes à vapeur, ou à vent produit par un soufflet sur les navires à voiles, puis des cloches et des gongs.

Les cloches sont, en principe, sonnées pour signaler que le navire (vapeur ou voilier) ne fait pas route. Le sifflet ou tout autre appareil à vapeur indique un steamer en marche à la vapeur. Si on entend un instrument à vent, on a affaire à un voilier ou à un steamer naviguant à la voile.

Les divers signaux précédents ont, en général, une portée suffisante. Mais ils présentent deux inconvénients graves : le premier, c'est qu'on peut les confondre, le long des côtes, avec des signaux émis par les stations terrestres. Le second inconvénient, bien plus sérieux que le premier, git dans la difficulté, surtout avec les brumes épaisses, d'apprécier même approximativement la direction d'où émanent les sons perçus.

Les portées des sons avec les instruments à vapeur, varient de 1^{mille},5 à 6^{milles},3 suivant l'espèce de l'appareil et sa force, ainsi que la direction du vent (contraire ou favorable). Avec les systèmes des navires à voiles, les portées varient de 1^{mille},5 à 8^{milles},5. Enfin elles oscillent de 0^{mille},5 à 2^{milles} avec les cloches.

D'après les chiffres précédents, on voit que l'intensité des sons à distance est très influencée par la force et la direction du vent. Mais la *vitesse* du son, qui est de 333^m par seconde à 0°, est peu ou point modifiée par cette circonstance, attendu que, sauf en cas d'ouragan, la vitesse du vent n'est jamais qu'une fraction minima de celle du son.

En tous cas, il importe que les appareils phoniques soient orientés de façon que leurs sons se trouvent concentrés dans la direction la plus convenable selon les circonstances.

En se basant sur les augmentations de la vitesse du son avec la température de l'air, et en admettant un décroissement graduel, en temps de brume par calme, de la température des

(1) La description détaillée de tous les signaux phoniques employés à bord des bâtiments, a été donnée par le commandant Banaré, dans le 1^{er} volume de 1888 des *Annales hydrographiques*.

couches atmosphériques de bas en haut, M. Fizecon, membre de l'Institut, a établi que le son projeté horizontalement dans les couches voisines de l'eau décrit une courbe parabolique concave vers le ciel. De là cette conclusion qu'il convient de placer les points d'émission et de réception à une assez grande hauteur au-dessus des couches inférieures de l'air.

Dans le cas où, comme cela arrive parfois, les températures de l'air varient, à l'encontre de l'hypothèse précédente, en augmentant de bas en haut, la parabole décrite par le son serait concave vers la mer; mais la disposition précédente ne gênerait aucunement ici la meilleure réception des ondes sonores.

§ 176. **Appareil d'audition.** — La plus grande difficulté que rencontre un marin dans l'utilisation des signaux phoniques par temps de brume, réside, répétons-le, dans l'appréciation de la direction d'où ils émanent. Les écarts simultanés d'appréciation pour plusieurs observateurs dépassent souvent plus de quatre quarts de compas.

L'idée se présente naturellement à l'esprit d'obtenir la reconnaissance précise du point de départ des sons à l'aide d'un instrument particulier. La combinaison qui semble se prêter le mieux au résultat cherché consiste en un seul et même cornet acoustique. On évite ainsi le jeu propre à chaque cornet, qui se manifeste dans le cas où l'on en emploie plusieurs; car leur structure ne saurait jamais être strictement identique. Ce cornet unique est muni d'un microphone, et se trouve monté sur un cercle horizontal. Il parcourt ce cercle en ayant toujours son axe dirigé vers le centre de celui-ci. L'azimuth où l'observateur estime que le son est le plus fort, indique la direction du point d'émission du son.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que de nombreuses anomalies de transmission du son ont été souvent constatées, sans qu'on puisse en donner une raison bien plausible. Suivant Tyndall, cela tiendrait à la *transparence* et à l'*opacité acoustiques* de l'atmosphère, et probablement aussi à l'influence physiologique de cet état sur le tympan de l'oreille. Par exemple, tel son entendu à 10^{milles} un certain jour de beau calme, peut ne pas être perçu au delà de 3 à 4^{milles} un autre jour d'apparence semblable. Bien plus, un jour le bruit du canon sera mieux entendu que celui d'une sirène; et le lendemain ce sera le contraire.

En résumé, pour toute distance au delà de 2^{milles}, il n'y a aucune prévision qui puisse présenter une garantie sérieuse.

§ 177. **Hydrophone.** — Depuis l'invention du microphone et du téléphone, l'attention des chercheurs a été appelée sur les célèbres expériences faites par Colladon, sur le lac de Genève, pour étudier la propagation du son dans l'eau; et les résultats obtenus par le célèbre physicien ont donné l'idée de prévenir les collisions en mer en recourant à des signaux sous-marins phoniques, dont les sons seraient recueillis par des instruments spéciaux.

En 1887, divers projets furent présentés. Parmi ceux-ci figure en première ligne celui de M. Le Blon, ingénieur civil, qui, en 1881, avait pris un brevet pour un système de son invention. Dans cette même année, M. Blake, des États-Unis, lisait, devant l'association américaine pour l'avancement des sciences, un intéressant mémoire. Il y exposait, en même temps que les projets qu'il avait conçus depuis 1883, à Berlin, de concert avec le docteur Koenig, de l'Université royale, les expériences tentées par lui aux États-Unis, et poursuivies jusqu'en 1887 pour la réalisation de ce projet. C'est, au point de vue nautique, le premier document présentant un caractère sérieux, qui ait été écrit sur la matière. Le projet était bien conçu; mais les tentatives faites ne répondirent que très imparfaitement aux efforts de l'auteur.

D'autres essais d'audition à l'aide de microphones immergés, entrepris en France et ailleurs, n'avaient jusqu'ici donné aucun résultat pratique satisfaisant, eu égard à la complexité de la question à résoudre. L'action du sillage du navire sur les plaques des instruments fixés à la coque, ainsi que les mouvements de roulis et de tangage et les bruits intérieurs du bâtiment, sont, en effet, des obstacles qui annihilent complètement les vibrations de la plaque microphonique.

Le capitaine de frégate Banaré a eu l'idée, pour soustraire l'appareil récepteur des sons à ces actions nuisibles, de l'élever au-dessus de la surface, tout en le maintenant en communication directe avec le milieu liquide mis en vibration par l'instrument sonore immergé. A cet effet, il place le microphone récepteur dans un tube métallique, à l'intérieur duquel il maintient une colonne d'eau en équilibre par la pression atmosphé-

rique, ainsi qu'il est fait pour le tube barométrique. Cette colonne liquide, aussi bien que les parois métalliques du tube, transmettent, pendant la marche du navire à la membrane microphonique les vibrations de l'eau provenant d'un son lointain sous-marin. Pour maintenir la pression de l'intérieur de la boîte microphonique égale à celle du tube, l'inventeur met cet intérieur en communication avec un ballon vide et aplati, soumis à ladite pression du tube, et où l'air de la boîte peut se répandre quand cette dernière pression diminue.

Si on veut que le microphone reste placé dans l'eau, M. Banaré adopte, pour ce cas, une disposition simple, qui assure, d'une façon automatique, l'égalité des pressions au-dessus et au-dessous de la plaque, condition qu'il considère comme indispensable pour le mouvement vibratoire de celle-ci. Il est évident, en effet, que si l'on descendait dans la mer un microphone hermétiquement fermé, la plaque de l'instrument serait soumise extérieurement à une pression qui augmenterait avec la profondeur d'immersion; l'excès de cette pression sur celle de l'intérieur de la boîte serait nuisible à la fois aux vibrations de cette plaque et à l'étanchéité de l'appareil. Pour obvier à cet inconvénient, M. Banaré met alors la boîte microphonique en communication avec un ou deux ballons préalablement remplis d'air, et pressés extérieurement par l'eau. La pression intérieure se maintient ainsi automatiquement par le seul effet de montée ou de descente de l'appareil.

Enfin, l'appareil, auquel l'auteur a donné le nom d'*hydrophone*, serait encore dans de mauvaises conditions pour recueillir et transmettre les sons, si la partie du tube qui est immergée restait elle-même soumise à l'action du sillage; aussi l'hydrophone doit-il être installé dans un puits spécial, pratiqué dans le bâtiment, et garanti en outre à l'aide d'un cylindre en plomb installé à la partie centrale du puits.

C'est avec l'instrument ainsi disposé qu'ont été effectuées, à Brest, des expériences qui ont donné des résultats satisfaisants constatés par une commission officielle.

Dans ces expériences, on a pu recueillir à distance les sons émis sous l'eau par divers instruments sonores, cloches, sifflets et trompettes. Les sons d'une cloche immergée à 5 mètres de profondeur ont été facilement entendus à la distance de 5.200 mètres,

jusqu'à laquelle les expériences ont été poussées, et qui aurait pu être dépassée.

En tous cas, l'instrument devra avoir son appareil récepteur ultime disposé, suivant les indications du § 176, pour reconnaître la direction exacte du point sonorifique d'émission.

TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE

§ 178. **Son origine.** — La télégraphie aérienne fut abandonnée en France en 1840, au moment où la télégraphie électrique a été créée ; mais elle fut encore utilisée pendant la guerre de Crimée aux environs de Sébastopol. On fit alors usage d'un alphabet, concurremment avec les vocabulaires de traduction. Il y a quelques années à peine, un télégraphe aérien fonctionnait encore au Sénégal, entre Dakar et l'île de Gorée, en raison de la difficulté d'établir un câble sous-marin pouvant résister aux actions de la mer dans le détroit. En Algérie, le télégraphe aérien a dû être maintenu pendant plusieurs années après sa suppression en France. C'est là que l'idée de la télégraphie optique a pris naissance, vers 1855. Les communications aériennes avec le Sud ne pouvaient être établies que difficilement ; car il eût été indispensable de créer un nombre considérable de postes intermédiaires le long de routes à peine frayées. D'autre part, on n'osait pas installer des lignes électriques ; car on redoutait de les voir couper à tout instant, sans pouvoir les réparer rapidement.

Un fonctionnaire des télégraphes, Leseurre, à qui la mort n'a pas permis d'achever son œuvre, proposa un instrument qu'il appela *héliographe*, aujourd'hui en usage dans plusieurs armées, et qui était destiné à utiliser la lumière solaire pour franchir de très grandes distances et supprimer ainsi les postes intermédiaires. Cet instrument a été le point de départ de la télégraphie optique. Les diverses vues de la *fig. 2*, Pl. XV, tome II, donnent les perfectionnements successifs de cette télégraphie et les croquis explicatifs de son usage.

L'héliographe consiste en un miroir M (vue 1), sur lequel on fait tomber, soit directement, soit à l'aide d'un second miroir M', un faisceau de rayons solaires, que l'on projette dans la direction du correspondant en donnant aux miroirs une position convenable.

Une lunette LL' permet de rechercher ce correspondant; un petit tube T est intimement lié à la lunette, de telle sorte que les axes des deux cylindres soient parfaitement parallèles. Un écran E se trouve dans le prolongement de l'axe du tube T. Cela posé, si l'on vise avec la lunette le point avec lequel on veut entrer en relation, et qu'on dispose les miroirs M et M' de telle sorte que l'écran E reçoive une partie du faisceau lumineux à travers le tube T, ce faisceau est forcément projeté sur le point occupé par le correspondant. Un écran à persiennes, manœuvré très facilement à l'aide d'un manipulateur Morse, permet de projeter à volonté des éclairs de durée plus ou moins longue. Leseurre se servait de l'alphabet Morse. Le 30 mars 1856, des expériences furent faites entre la tour de Saint-Sulpice et celle de Montlhéry, en présence de M. Le Verrier et de divers astronomes français et étrangers; elles réussirent pleinement. Mais, malgré le succès des essais, la télégraphie optique fut malheureusement abandonnée après la mort de Leseurre. Quelques études ont bien été faites à l'étranger, en Autriche et en Italie notamment, pour faire communiquer les places de Vérone et de Mantoue, mais ce n'est réellement qu'après l'investissement de Paris par les Allemands que la question fut reprise; depuis ce moment, elle a reçu une solution complète.

Elle a été en effet abordée de divers côtés; pendant le siège de Paris, MM. Maurat et Lissajoux ont fait construire des appareils consistant en lunettes destinées soit à projeter la lumière, soit à lire les transmissions du correspondant. Des instruments de cette nature ont été expérimentés par les télégraphistes à la 2^e armée de la Loire, après sa retraite sur Laval.

Depuis la paix, diverses modifications ont été étudiées, particulièrement par M. Mercadier, le savant ingénieur des télégraphes, qui a eu l'idée de donner à la source lumineuse une plus grande intensité, en se servant du manipulateur lui-même pour projeter, à chaque signal, un courant d'oxygène dans la flamme d'une lampe à pétrole. M. Mercadier n'employait qu'une seule lunette servant à la fois à la transmission et à la réception. A cet effet, la lampe L (vue 2), était placée sur le côté et non dans l'axe de l'appareil; au moment où la transmission avait lieu, le manipulateur faisait prendre la position 1 à un prisme à réflexion totale, qui dirigeait le faisceau lumineux de la source dans l'axe de l'instrument.

M. de la Follye, autre ingénieur des télégraphes, avait présenté également un système qui a figuré à l'Exposition de 1878.

Mais, pour le moment, le matériel dont sont pourvues les forteresses et les sections de télégraphie militaire a été construit sous la direction et d'après les idées de M. le colonel du génie Mangin.

On peut dire, sans aucune témérité, que si la télégraphie optique avait été organisée en 1870 comme elle l'est aujourd'hui, Paris serait resté en communication avec la province longtemps après le 19 septembre, et qu'aujourd'hui les communications sont assurées entre les places fortes de la région de l'Est, au moins lorsque l'atmosphère présente une pureté suffisante.

§ 179. **Appareils optiques.** — Les appareils optiques dont on fait usage en ce moment peuvent être classés en appareils de campagne et en appareils de position.

Les premiers sont d'un volume et d'un poids restreints, par conséquent, assez transportables; mais ils ne permettent pas de correspondre pendant le jour, à plus de 10, 15 ou 20^{km}, suivant que l'on fait usage de la lumière solaire ou de la lampe à pétrole; pendant la nuit la portée est très notablement accrue; dans les conditions ordinaires de limpidité de l'atmosphère et dans nos climats, on peut correspondre à 20, 30 et même 40^{km}.

Les seconds appareils sont beaucoup plus volumineux et pesants; en revanche ils rendent possible en Europe l'échange des signaux à des distances de 40, 50, 60 et même 90^{km}. Ces appareils sont dits *télescopiques*, les autres sont fondés sur le principe des lunettes simples.

Il est nécessaire, pour faire comprendre le fonctionnement de ces appareils, de rappeler sommairement les principes des lentilles convergentes.

Une lentille convergente consiste en un verre plan-convexe (calotte sphérique), ou en un verre bi-convexe, c'est-à-dire formé par deux calottes sphériques (vue 3), juxtaposées par leurs bases.

Soient O et O' les centres des deux surfaces sphériques. Considérons un point lumineux F placé sur la ligne OO' dite *axe principal* de la lentille; ce point va projeter sur la lentille un faisceau lumineux conique. Le rayon FO coïncidant avec l'axe ne sera

pas dévié; mais il n'en sera pas ainsi pour un rayon tel que FI. En pénétrant dans la lentille, il se rapprochera de la normale ON, de telle sorte que l'angle JIO' sera $< \text{FIN}$.

Au moment où il émergera, en passant dans un milieu moins dense, le rayon JF' s'écartera au contraire de la normale O'N', de telle sorte que l'angle F'JN' sera $> \text{IJO'}$.

La lentille convexe ou bi-convexe jouit de cette propriété que tous les rayons émanant du point F viendront converger au même point F'. Ce point est dit *foyer conjugué* du point F.

Si l'on suppose que F s'éloigne de la lentille, l'angle FIN allant en diminuant, F' se rapproche de la lentille. Quand F est à l'infini, c'est-à-dire lorsque la lentille reçoit un faisceau de rayons parallèles, F' (vue 4) est dit le *foyer principal* de la lentille.

Une lentille convexe jouit encore de cette propriété que, si le point lumineux est placé en f en dehors de l'axe principal (vue 3), le rayon passant par le centre C n'est pas dévié, et le faisceau conique émis par le point f vient se concentrer en un point f' du rayon central fcf' . De telle sorte que si Ff est un corps lumineux, et qu'on dispose en F' un écran, on recevra sur cet écran l'image F'f' renversée du corps Ff.

Si le point f est à une distance extrêmement grande de la lentille, il projette sur elle un faisceau de rayons que l'on peut considérer comme parallèles, et qui viennent (vue 4) se concentrer en un point f' au-dessous du foyer principal F'.

En second lieu, si l'on place en F' un point lumineux (vue 3), le faisceau qu'il envoie sur la lentille vient se concentrer au point F, son foyer conjugué. Et si F' (vue 4) est le foyer principal de la lentille, le faisceau conique est, à la sortie, transformé en un faisceau cylindrique. Il en est de même si le point lumineux est placé en f' (vue 3); il projette un faisceau conique qui, après avoir traversé la lentille, vient se concentrer en f , ou s'il correspond au foyer principal F' (vue 4), le faisceau conique ressort en un faisceau de rayons parallèles.

C'est cette propriété qui est utilisée dans les appareils de télégraphie optique de campagne du colonel Mangin. Chaque point d'une source lumineuse mn (vue 5), placée au foyer principal F' d'une lentille convergente, donnera naissance à un faisceau lumineux cylindrique; mais l'ensemble de ces faisceaux cylindriques constituera un faisceau conique, de telle sorte que la source lu-

mineuse mn donnera sur un écran placé au delà de la lentille une image MN entourée d'une enveloppe de moins en moins éclairée à mesure que l'on s'éloignera de la partie centrale.

Le champ de l'appareil, représenté par le rapport $\frac{MN}{OC} = \frac{mn}{F'C}$, a une grande importance. En effet, si $mn = 2^{\text{cm}}$ et $FC = 40^{\text{cm}}$, le champ sera mesuré par le rapport $\frac{2}{40}$ ou $\frac{1}{20}$. Si donc la distance $CO = 10^{\text{km}}$, le diamètre de la partie MN éclairée d'où l'on pourra apercevoir la lumière F sera de 500^{m} .

On voit par ces chiffres combien il y a intérêt à réduire le champ de l'appareil, pour éviter que l'ennemi, pénétrant dans le cône lumineux, puisse surprendre les signaux transmis. On y parvient par une disposition spéciale que nous allons indiquer, en décrivant les appareils tels qu'ils sont construits actuellement.

§ 180. **Description des appareils de campagne.** — Ces appareils sont dits de 10, 14, 24, 30 ou 40, suivant le diamètre de l'objectif exprimé en centimètres. Les premiers appareils construits par M. le colonel Mangin comportaient un objectif double, 1 et 2 (vue 6), de 16^{cm} ; ils présentaient une disposition particulière destinée à former au foyer F de l'objectif, et près de l'écran D , une source lumineuse F provenant d'une lampe à pétrole L . Il y avait en M un miroir sphérique comme celui de la vue 7, dont le jeu est expliqué plus loin.

La portée de ces appareils, 8 à 10^{km} dans le jour, ayant été trouvée insuffisante, M. Mangin fut amené à augmenter le diamètre de l'objectif; mais la distance focale étant elle-même très accrue, l'appareil prenait des dimensions considérables, et peu propres à un service de campagne. Dès lors l'inventeur fut conduit à étudier un objectif spécial (vue 7) formé de deux lentilles, l'une bi-convexe L' , l'autre concave-convexe L , qui, réunies suivant leur axe commun, constituent un objectif à court foyer.

Cet objectif est installé à l'une des extrémités d'une caisse rectangulaire divisée en deux parties par une cloison EE ; une lampe à pétrole S , recouverte par un petit dôme C avec événements, est placée dans le second compartiment, de manière que la portion la plus lumineuse de la flamme se trouve au point F , foyer de

l'objectif. La cloison EE est percée d'une ouverture circulaire O à la hauteur de l'axe des lentilles.

Afin d'utiliser la plus grande quantité de lumière de la source, un miroir sphérique M est placé de telle sorte que son centre soit en F ; les rayons que la source envoie sur le miroir sont alors réfléchis suivant la direction inverse, traversent la source elle-même, et viennent renforcer le faisceau lumineux.

La caisse contenant l'appareil de projection, porte en outre, une lunette ll' , fixée à l'aide de vis v, v, v , et dont l'axe est parallèle à celui de la lentille double LL'. Cette lunette sert à orienter l'appareil lui-même, à rechercher le correspondant, et à percevoir ses signaux.

La description précédente suffit pour faire comprendre comment, à l'aide d'un écran très léger D placé devant le diaphragme O, et que l'on manœuvre au moyen d'une pédale p , on peut, à volonté, projeter des éclairs de durée plus ou moins longue, c'est-à-dire transmettre les points et les traits servant à former les lettres de l'alphabet Morse.

La vue 8 représente l'ensemble de l'appareil porté par son chevalet à trois branches, auquel il est fixé par une vis V à écrou, permettant de lui faire prendre toutes les directions nécessaires.

§ 181. **Réglage.** — La lunette est maintenue à l'avant, à l'aide d'un système de deux fourches qui permettent de lui faire subir un déplacement latéral ou vertical; cette disposition rend possible le rétablissement du parallélisme entre l'axe de la lunette et celui de l'appareil. On enlève le miroir sphérique M (vue 7); et on introduit dans la douille T un tube, muni lui-même de deux lentilles plan-convexes et d'un verre dépoli portant deux diamètres gravés en croix : sur ce verre se forment les images produites par l'objectif. On note quel est l'objet que l'on aperçoit au milieu du champ de l'appareil; il suffit alors de modifier à l'aide des vis v la position de la lunette, jusqu'à ce que le même objet soit vu au milieu du champ de cette lunette.

Le parallélisme établi, on place la lampe, qui est reçue dans une douille installée sur une glissière, de telle sorte que le milieu de la flamme se trouve dans le plan focal F. On a soin, en faisant cette opération, que l'image de la flamme se présentant de

champ se forme bien sur l'écran d'une manière symétrique par rapport au diamètre vertical. On obtient facilement ce résultat en enfonçant à refus dans la tubulure T le tube comportant les deux lentilles plan-convexes parallèles et le verre dépoli; le faisceau lumineux envoyé par la flamme traverse les deux lentilles, et vient former l'image de la flamme sur le verre dépoli. Il suffit alors que le diamètre vertical partage bien en deux parties égales l'image de la flamme, ce que l'on obtient en promenant la lampe à droite ou à gauche. Cela fait, pour que la flamme se présente bien de champ, après avoir fixé la douille qui reçoit la lampe, on fait tourner celle-ci sur elle-même jusqu'à ce que l'image de la flamme soit la plus étroite possible. On installe ensuite le petit miroir sphérique M, de telle sorte que le faisceau qu'il renvoie coïncide avec celui que la lampe projette directement. On parvient à ce résultat en regardant par l'objectif: on voit alors la flamme directement ainsi que son image reproduite par le petit miroir, mais renversée; et il suffit de faire tourner le miroir sur son axe jusqu'à ce que cette image coïncide avec la flamme elle-même.

La précaution qui vient d'être indiquée, et qui consiste à présenter de champ la flamme de la lampe à mèche plate, a une grande importance. Si l'on se reporte à ce que nous avons dit au sujet du champ d'un appareil, l'image étant semblable à la source lumineuse, lorsque celle-ci a une forme rectangulaire, il en est de même de son image; et alors on applique (vue 5) la formule

$$\frac{MN}{OC} = \frac{mn}{F'C}; \text{ d'où } MN \text{ ou } x = \frac{mn \times OC}{F'C}.$$

Nous pouvons admettre pour mn une valeur de $0^m,005$ dans le sens horizontal, et de $0^m,02$ dans le sens vertical. A une distance $OC = 10^{\text{km}}$, l'image aura ainsi une largeur de 125^m et une hauteur de 500^m pour un distance focale $F'C$ de $0^m,40$. La zone dangereuse à droite et à gauche des correspondants est donc assez restreinte, 60 à 70^m environ. Il n'en est pas de même dans le sens vertical; mais alors le danger est moindre, à moins que (vue 10) l'ennemi n'occupe la vallée que le faisceau FO doit franchir. Toutefois il faut dire, d'une part, que la combinaison des deux lentilles adoptée par le colonel Mangin a pour but de réduire la zone dangereuse en diminuant l'ouverture du faisceau conique,

et, d'autre part, que l'inconvénient signalé est compensé par de grands avantages au point de vue de la recherche du correspondant. Il appartient d'ailleurs aux télégraphistes de choisir les emplacements de leurs postes en conséquence, toutes les fois qu'ils le pourront.

Lorsque deux correspondants se sont trouvés et qu'ils ont braqué leur appareil de manière à s'apercevoir par la lunette, ils restent sur feu fixe jusqu'à ce qu'ils aient à correspondre; un verrou I (vue 8) permet de maintenir la pédale *p* dans la position qui dégage la lumière. Si l'un d'eux veut transmettre, il appelle son correspondant par l'envoi successif d'émissions de lumière; le correspondant répond et masque son feu, à moins qu'il n'ait à interrompre celui qui transmet ou à lui accuser réception des signaux reçus.

Les règles de transmission sont, d'ailleurs, les mêmes que pour l'appareil Morse, avec cette différence toutefois qu'après la transmission d'une lettre, le télégraphiste qui reçoit projette son feu pour indiquer qu'il l'a reçue. Lorsque le collationnement d'une dépêche est achevé, les deux correspondants font de nouveau feu fixe.

Pour se retrouver, deux opérateurs doivent autant que possible s'être entendus à l'avance; tout au moins doivent-ils connaître, pour éviter de longues recherches, les directions générales dans lesquelles ils ont à examiner l'horizon. L'un d'eux placé en A (vue 11) explore successivement l'espace horizontal devant lui par petits secteurs; l'autre, en B fait, au contraire, parcourir à son appareil un secteur considérable; eu égard au champ des appareils, le cône lumineux projeté par B et celui d'exploration de l'observateur A doivent à un moment se pénétrer. Lorsque la rencontre a lieu, l'observateur A fixe son appareil, et projette son feu d'une manière continue sur B, qui, souvent alors, l'aperçoit à l'œil nu, et dirige sa lunette en conséquence pour la réception.

D'ailleurs, à de petites distances, les recherches entre deux points qui s'aperçoivent, comme Villejuif et Montlhéry, Châtillon et le Mont-Valérien, sont très simplifiées par de simples observations faites à l'œil nu. Néanmoins, on peut dire que la mise en station constitue une des réelles difficultés à surmonter dans l'usage de la télégraphie optique.

La vitesse de transmission peut être évaluée à la moitié de celle obtenue avec l'appareil Morse.

Quant à la portée des appareils, on peut admettre que la nuit ils permettent de communiquer, dans nos climats, à un nombre de kilomètres égal à celui qui représente leur indice : 10, 14, 24, 30, 40^{km}, suivant que leurs objectifs ont 10, 14, 24, 30, 40^{cm} de diamètre. Dans le jour à *la lampe*, ces évaluations doivent être réduites au moins à la moitié, 5, 7, 12, 15, 20^{km}; encore faut-il que les conditions atmosphériques soient favorables. Si la lumière du soleil n'est pas affaiblie par des vapeurs, on retrouve en l'utilisant le jour, une portée à peu près égale à celle de la nuit.

§ 182. **Emploi de la lumière solaire; héliostat.** —

Dans le jour, la lumière de la lampe à pétrole perd de son intensité; il est préférable d'utiliser la lumière solaire chaque fois qu'il est possible de le faire. On obtient ainsi plus de lumière et, par suite, plus de portée. On supprime alors le miroir sphérique; et on place, dans la douille, un tube muni d'une lentille convexe ayant son foyer principal en F (vue 9). Ce tube porte un miroir plan MM', à l'aide duquel on projette, à travers l'appareil, un faisceau de rayons solaires. L'orientation du soleil pouvant rendre souvent cette opération difficile et même irréalisable, on fait au besoin usage de un ou deux autres miroirs que l'on place dans des conditions convenables, et à l'aide desquels il est toujours possible de diriger des rayons solaires par réflexion sur le miroir MM'.

Mais le soleil se déplaçant dans son mouvement apparent autour de la terre, il faut, toutes les deux ou trois minutes, modifier légèrement l'orientation du miroir qui reçoit les rayons solaires; un instrument spécial appelé *héliostat* supprime cet inconvénient.

Admettons que l'orientation de deux miroirs m, m_1 (vue 12) ait été déterminée de telle sorte que le rayon solaire Sm réfléchi successivement par les trois miroirs devienne parallèle à l'axe optique de l'appareil. Si l'on suppose d'une part le miroir m rendu solidaire du plan Smm₁ et de son mouvement dû au déplacement du soleil, et, d'autre part, que ce mouvement s'effectue autour de la ligne mm₁ elle-même, tous les rayons S'm, S''m se réfléchiront suivant mm₁; et il n'y aura jamais à toucher aux

miroirs m et MM pour renvoyer le faisceau lumineux dans l'appareil. Or, si la ligne qui joint les centres des miroirs m, m_1 est parallèle à l'axe terrestre, on peut admettre, sans erreur sensible, eu égard à la très petite valeur du rayon terrestre Om (vue 13) par rapport à la distance OS du soleil à la terre, que le mouvement s'effectue autour de la ligne mm_1 parallèle à l'axe terrestre PP' .

L'héliostat fournit le moyen de réaliser les diverses conditions à remplir. Si l'on considère (vue 14) le plan méridien d'un point A de la surface terrestre (on peut toujours, à l'aide de la boussole, déterminer sur un plan horizontal la méridienne qq' de ce point et, par suite, le plan du méridien lui-même), ce plan contient la ligne qp parallèle à l'axe terrestre PP' ; la ligne qq' fait avec la direction qp un angle égal à l'angle AOE , c'est-à-dire à la latitude du lieu.

L'héliostat comporte une règle horizontale, que l'on place sur la partie supérieure de la boîte de l'appareil à l'aide d'une vis formant axe, et que l'on peut diriger au moyen de la boussole suivant qq' . A l'extrémité de cette règle (vue 15) se meut, dans un plan vertical autour du point q' , un axe $q'B$. Un secteur gradué permet de mesurer l'angle $Bq'q$, et de le rendre égal à la latitude du lieu où l'on opère. Cet axe $q'B$ porte une boîte cylindrique B pourvue d'un mouvement d'horlogerie qui fait tourner en 24 heures le prolongement de l'axe Bq' sur lequel un miroir psyché est installé. Un second miroir m' , au contraire, est porté par un support ss' fixé à la partie extérieure de la boîte B .

L'appareil étant ainsi conçu, orientons le miroir m de manière à faire coïncider avec le centre du miroir m' le centre de l'image du soleil. Il est évident que, le mouvement d'horlogerie fonctionnant, le miroir m' occupera toujours la même position par rapport au plan $m'mS$, comme si ce miroir était solidaire de ce plan et entraîné par le mouvement du soleil.

§ 183. **Appareils télescopiques.** — Ces appareils destinés aux communications à grande distance, sont fondés sur les propriétés des miroirs courbes.

Sur l'axe d'un miroir sphérique concave AB (vue 16), dont le centre est en C , plaçons une source lumineuse F réduite à un point; chacun des rayons FA envoyé sur la surface interne se réfléchira suivant une direction AF' , telle que l'angle $FAC = CAF'$;

et tous les rayons réfléchis viendront se concentrer au même point F' , *foyer conjugué* de F .

Si F s'éloigne à l'infini, le faisceau cylindrique projeté sur le miroir viendra se concentrer en un point F'' situé au milieu du rayon CM . Ce point F'' est appelé *foyer principal du miroir*.

Inversement, si un point lumineux est placé en F'' , il donnera naissance, par réflexion sur le miroir, à un faisceau lumineux cylindrique parallèle à l'axe MF .

Considérons maintenant un miroir sphérique convexe AB (vue 17), dont le centre est en C . Un point lumineux placé sur l'axe du miroir en F , projettera sur lui un faisceau conique dont chaque rayon FE sera réfléchi de manière à constituer un nouveau faisceau divergent $ED, E'D' \dots$; mais tous ces rayons prolongés à travers le miroir viendraient se rencontrer en un point F' de l'axe. Ce point est appelé *foyer conjugué virtuel* du point F .

Ces propriétés des miroirs courbes étant rappelées, le fonctionnement de l'appareil télescopique est facile à saisir.

Au fond d'une caisse rectangulaire $ABCD$ (vue 18) ouverte en CD , est installé un miroir concave AB de 35, 45 ou même 60^{cm} d'ouverture. Le foyer principal de ce miroir est en F . Ce miroir est percé en son centre d'une ouverture O , par laquelle on projette à l'aide de deux lentilles plan-convexes 1 et 2, un faisceau lumineux conique, venant converger en un point F' situé à 20^{cm} du miroir concave, et qui d'ailleurs se renforce à l'aide du petit miroir sphérique mn . On place entre les deux foyers F et F' un miroir convexe IJ qui se manœuvre à l'aide d'une vis, de telle sorte que le foyer conjugué virtuel de F' tombe en F , foyer principal du miroir AB . D'après ce que nous avons rappelé sur les propriétés des miroirs sphériques, le faisceau conique émanant du point F , après s'être réfléchi sur les deux miroirs IJ et AB , sortira parallèlement à l'axe de l'appareil.

Pour placer le miroir IJ , il suffit d'exposer l'ouverture CD au soleil, et de vérifier que le point lumineux formé après la double réflexion se présente bien au point F , où un diaphragme est installé d'une manière fixe.

On peut également remplacer les lentilles 1 et 2 par un oculaire dont le foyer coïncide avec le point F' ; on manœuvre alors le petit miroir IJ jusqu'à ce que l'image d'un objet bien éclairé se forme en ce point.

Le diaphragme installé en F' a 6^{mm} d'ouverture; en avant, se trouve l'obturateur des signaux.

Les appareils télescopiques sont pourvus de deux lunettes: l'une petite et permettant d'embrasser un champ considérable, sert à rechercher le correspondant; l'autre, plus puissante, mais d'un champ réduit, permet d'achever de mettre l'appareil en position, et sert à la réception. Le parallélisme de l'axe des lunettes et de l'axe de l'appareil est indispensable; elles sont, à cet effet, supportées au milieu d'un cercle en cuivre à l'aide de trois vis calantes, ou de deux glissières permettant de donner l'une, un mouvement de haut en bas, l'autre un mouvement horizontal.

On peut également adapter l'héliostat aux appareils télescopiques pour utiliser la lumière solaire. Ces appareils sont très puissants et servent à mettre en communication les forteresses à des distances de 40, 50 et même 90^{km}.

§ 184. **Emploi et fonctionnement de la télégraphie optique.** — Lorsqu'on examine au point de vue pratique les conditions de fonctionnement de la télégraphie militaire, on est tenté d'attribuer à la télégraphie optique une supériorité considérable sur la télégraphie électrique; la première n'exige pas, en effet, l'établissement préalable et ensuite la surveillance continue d'un conducteur. On est porté également à admettre que l'installation des postes optiques a lieu instantanément. Tout cela est vrai dans une certaine mesure, mais toujours à cette double condition que le temps soit favorable et que les deux correspondants soient placés de manière à apercevoir leurs feux.

La télégraphie optique est d'un emploi tout indiqué dans le service des forteresses, lorsque les communications électriques ont été interrompues par l'ennemi. On peut, en effet, en temps de paix, déterminer les points qui peuvent entrer en correspondance, y installer des appareils puissants, et franchir ainsi de grandes distances durant la guerre en passant au-dessus de l'ennemi. Le fort de Chailluz, par exemple, à Besançon, peut communiquer avec Dijon à 81^{km}, et avec le Salberg et le ballon de Servance à 80^{km}. Mais ces communications seront souvent entravées par la pluie, les brouillards et d'autres causes qui autrefois suspendaient l'action des télégraphes aériens.

Ces interruptions n'ont pas une grande importance lorsqu'il

s'agit de la correspondance de troupes momentanément à l'abri, et qui, le plus souvent, peuvent attendre l'instant favorable à la transmission. Mais il n'en est pas de même en rase campagne, lorsqu'il s'agit de transmettre sans aucun retard un ordre ou un avis à une troupe toujours exposée aux atteintes de l'ennemi, ou, dans un débarquement, aux navires qui ont servi aux opérations.

Or, en rase campagne, aux causes d'interruption telles que la pluie, le brouillard, les ondulations de l'atmosphère, etc., surtout importantes quand il faut franchir de grandes distances, 20, 30^{km}, ou plus, s'ajoutent les difficultés souvent insurmontables que présente le terrain. Si le pays est plat, le moindre obstacle, le moindre mouvement du sol, une levée de terre comme les voies ferrées en présentent souvent, un rideau d'arbres, etc., suffisent pour empêcher deux correspondants qui se recherchent de s'apercevoir. Si le pays est montagneux, les télégraphistes rechercheront des points culminants et auront, par conséquent, des chances nombreuses pour se trouver, surtout s'ils savent à peu près d'avance dans quelle direction ils doivent se rechercher; mais il faut qu'ils puissent aborder ces points, et ils ne le pourront pas toujours.

Dans la campagne de Tunisie on a fait beaucoup usage du télégraphe optique, mais avec des résultats très divers. Les cavaliers télégraphistes, lors de l'envahissement du pays des Kroumirs, ont pu presque toujours établir des communications optiques, reliant le quartier général avec les colonnes dès que celles-ci occupaient une position; à la vérité les troupes, après avoir franchi les vallées et les ravins, venaient camper sur les plateaux au sommet des hauteurs. Au contraire, une autre section n'a pu échanger une seule dépêche de Mateur à Bizerte, bien que les feux des appareils fussent aperçus de part et d'autre, parce que les vapeurs s'élevant des lacs de Bizerte et de Lachkeul, dénaturaient les signaux. Dans d'autres marches, les ateliers télégraphiques qui accompagnaient les troupes ne purent entrer en communication, parce que la nature du terrain ne permettait pas aux postes de se voir.

Pendant la seconde partie de la campagne de Tunisie, les différentes colonnes étaient pourvues d'appareils optiques. Toutefois les télégraphistes se sont souvent recherchés à des distances ne dépassant pas 26 kilomètres; car une série de petites collines formait un écran infranchissable.

En revanche, on put parfois, la nuit, communiquer à 65^{km} de distance, à l'aide d'un appareil de campagne de 0^m,24. D'un autre côté, avec un appareil de 0^m,40 et un de 0^m,60, on arriva à franchir des distances de 75^{km} et de 80^{km}, du moins par temps favorable.

On voit par ces faits que, si la télégraphie optique donne à certains moments des résultats remarquables, on ne peut les obtenir d'une façon assurée et aussitôt qu'il faudrait pouvoir en profiter; nous sommes loin de disposer d'une télégraphie optique de campagne qui permettrait de mettre constamment en relation des colonnes en marche. Ce qui a été fait dans les dernières expériences ci-dessus était de la télégraphie de position et non de la télégraphie de campagne.

Dans la campagne du Sud-Oranais, on est parvenu à communiquer à 106^{km}. Ces communications obtenues à l'aide de simples appareils de campagne, étaient assurément inattendues et constituaient un beau succès pour la télégraphie optique. Mais ici encore il s'agit de télégraphie de position, et non de combinaisons assurant les relations des colonnes entre elles. Malheureusement il n'a pas été possible de faire de la télégraphie optique pendant les marches; le pays ne s'y prêtait pas, les haltes avaient toujours lieu dans des bas-fonds, aux points d'eau; et le commandement ne consentait pas à ce que l'on se risquât à s'éloigner du camp pour rechercher des points favorables.

En résumé, la nature du terrain est un grave obstacle au fonctionnement de la télégraphie optique; et ce n'est qu'exceptionnellement que des colonnes en marche pourront entrer en communication; car, si le terrain est plat, le moindre rideau d'arbres ou la moindre ondulation du sol formera écran; et si le terrain est accidenté, les colonnes seront séparées par des mamelons ou des chaînes de hauteurs qu'on ne pourra dominer, surtout dans une région mal connue et dont on ne sera pas entièrement maître. Au contraire, les communications en arrière, pour remplacer les lignes électriques ou les prolonger seront le plus souvent réalisables; c'est surtout là le rôle que la télégraphie optique a joué dans les guerres du sud de l'Afrique et de l'Afghanistan. En Asie, en effet, les Anglais ont poussé leurs lignes électriques le plus loin possible; puis ils les ont doublées à l'aide de postes optiques, pour parer aux interruptions, et les ont prolongées à l'aide d'une chaîne d'autres postes; ils ont toujours pu rester ainsi en relation avec leurs bases d'opérations.

Tout le monde connaît l'avis transmis par le colonel Pearson, enfermé dans le fort d'E'Lowe, à lord Chehusford, qui s'avancait à son secours. Il put, à une distance de plus de 50^{km}, faire connaître que des masses de Zoulous marchaient à sa rencontre, et permit ainsi à lord Chehusford de prendre ses dispositions pour recevoir le choc dans une position favorable. C'est à l'héliographe de Lesseure, adopté par les Anglais, que ce résultat est dû.

Les Russes, dans le Turkestan, se sont également servis, dans une large mesure, du même système de correspondance pour leurs communications en arrière.

Au point de vue de la valeur des systèmes, il est assez difficile d'émettre un jugement. En France, nos appareils sont mixtes, et par suite disposés pour utiliser la lumière du soleil ou employer la lampe à pétrole. L'expérience qui a été faite en Algérie, en Tunisie et au Tonkin, n'est pas très concluante; car, si sur certaines lignes on a pu marcher à volonté au soleil ou à la lampe, sur d'autres on n'a jamais pu marcher que la nuit; cependant on peut dire que, si la lampe perd dans le jour de son éclat, le soleil est souvent masqué; par suite, il vaut mieux avoir une source de lumière affaiblie que de renoncer à toute communication. Mais à l'étranger on cite des faits qui montrent que, même avec un ciel couvert, on a encore eu assez de lumière pour utiliser l'héliographe.

A égalité de diamètre (miroir et lentille), l'héliographe doit évidemment être plus puissant, puisqu'aucune diminution de l'intensité du faisceau lumineux n'a lieu par un passage préalable à travers des lentilles. Enfin, il est incontestable que l'on peut transporter partout l'héliographe, tandis qu'il n'en est pas de même pour un appareil télescopique de même puissance.

En un mot, aucun système n'est parfait, mais aucun n'est à rejeter; l'outil existe, il a déjà fait ses preuves, le tout est de savoir l'utiliser à propos; et il n'est pas douteux que dans une foule de circonstances la télégraphie optique rendra de grands services à l'armée; la campagne du Tonkin en a donné la preuve.

Si l'on veut mettre en parallèle les télégraphies optique et électrique, on pourra certainement faire à chacune d'elles une part suffisante pour justifier la mesure prise sur la proposition de la commission de télégraphie, et qui a eu pour objet de doter les parcs des sections d'appareils optiques, tout en maintenant au complet le matériel électrique.

La commission a admis, en effet, que loin de s'exclure, les deux systèmes se complètent. Ainsi, très souvent, les communications électriques ne pouvant être établies en temps, pourront être remplacées jusqu'à l'achèvement des lignes par des communications optiques, telles que AB (vue 19), si le corps d'armée A est déjà relié en arrière à un poste électrique G. La communication AB aura, en tout cas, l'avantage de doubler les ressources télégraphiques des postes A et B lorsque les lignes AG et BG seront établies; elle évitera une dépense de matériel de ligne électrique et un travail de relèvement lorsque l'armée reprendra son mouvement en avant.

La nuit, les communications optiques fonctionnent, en général, mieux que le jour avec les appareils adoptés; mais, la nuit aussi, la surveillance des lignes électriques est plus difficile. On devra donc doubler autant que possible les lignes électriques de lignes optiques pour parer à toutes les éventualités.

En revanche, on se rappellera que, lorsqu'une ligne électrique est établie, son rendement est double de celui d'une ligne optique. De plus, on peut toujours amener le fil conducteur là où l'on veut; les postes optiques, au contraire, devront très souvent être établis sur des points spéciaux éloignés des quartiers généraux, et auxquels on devra les relier à l'aide de petites lignes électriques desservies au besoin par le téléphone.

§ 185. Correspondance à l'aide de signaux optiques quelconques : fanions, lanternes. — On admet naturellement une limite à l'utilisation de la télégraphie électrique en campagne, qui, s'il s'agissait de faire franchir une petite distance à un ordre ou un renseignement, deviendrait évidemment plus nuisible qu'utile. Il en sera de même pour la télégraphie optique, puisqu'il faut toujours faire porter une dépêche au poste expéditeur, et que, d'un autre côté, le poste d'arrivée doit la faire remettre au destinataire. D'autre part, le nombre des appareils optiques ne peut pas être augmenté indéfiniment; on ne devra donc jamais chercher à relier à l'aide de ces appareils que des points qui présenteront une importance toute particulière.

Mais si le service télégraphique ou optique proprement dit ne peut offrir des ressources indéfinies, il est possible de le compléter par l'emploi de simples signaux. A la vérité, ce système ne permet de communiquer qu'à de très faibles distances. Quel

avantage peut-il alors présenter? A cela, M. le général Saget répondait que, d'abord, à l'aide de lunettes d'un grossissement plus ou moins fort, on augmente la portée des signaux; dans les cantonnements ou au bivouac, pour que les sentinelles, les postes avancés et les grand'gardes soient reliés par ce moyen, il suffit de pourvoir les hommes de troupe de fanions ou de lanternes, qui serviront à transmettre certains signaux, le jour ou la nuit, aux postes établis en arrière.

On avait essayé d'organiser un service de télégraphie d'avant-poste dans l'infanterie, qui devait faire exclusivement usage du téléphone, pour relier, en campagne, les grand'gardes aux réserves d'avant-postes et ses réserves au corps principal; très exceptionnellement, il devait relier une grand'garde à un poste détaché. Ces essais sont aujourd'hui abandonnés, M. le général Saget, alors président de la commission mixte de télégraphie militaire, ayant en effet fait admettre que l'emploi de signaux optiques était plus simple et moins dispendieux que celui des téléphones et, surtout, d'une généralisation beaucoup plus facile.

En adoptant l'emploi de deux fanions, on a, en effet, le moyen de représenter très simplement le point et le trait de l'alphabet Morse : un fanion à bout de bras représente le point, les deux fanions étendus chacun au bout d'un bras marquent le trait; malgré l'instruction spéciale qu'il faut donner aux hommes, c'est à ce mode de correspondance que M. le général Saget a accordé la préférence. On peut, dans le jour, échanger une correspondance à 700 ou 800^m à l'aide des fanions, et à une distance beaucoup plus considérable, si les correspondants sont pourvus de lunettes; la nuit, à l'aide de petites lanternes pourvues d'un obturateur à persiennes comme celui de l'héliographe de Leseurre et se mouvant au moyen d'une pédale, on peut échanger des signaux à 2 ou 3^{km}.

M. le général Saget n'a pas prétendu imposer aux chefs de corps l'usage de cette télégraphie; mais son but a été de la créer pour que, le moment venu, il en soit fait usage à la volonté du commandement. On a fait à ce système de correspondance une objection indiquée et réfutée ci-après, et qui n'est pas sans présenter une apparence sérieuse. En tous cas, le système de fanions-signaux et même de lanternes est desservi par le personnel des sections de première ligne; le réseau continue ensuite à

se ramifier dans certains cas par des postes de correspondance établis à l'aide d'hommes fournis par les corps de troupe. C'est là l'origine du service des *signaleurs*, dont les agents peuvent être en nombre indéfini. Toutefois le premier avis télégraphique transmis n'offrira certainement aucun avantage, puisque le plus souvent il faudra d'abord avoir établi une entente qui nécessitera l'envoi d'un planton ; mais une fois cette entente établie et les postes en relation, on pourra échanger autant d'avis qu'il sera nécessaire sans déplacer de nouveaux hommes, qui souvent auraient une certaine difficulté à se diriger ou ne le feraient pas sans danger. On comprend, du reste, tout le parti qui peut être tiré d'une telle organisation en pays de montagnes, où les distances très courtes à vol d'oiseau correspondent souvent à de très longs trajets.

Le service des signaleurs est très développé dans plusieurs armées à l'étranger, et notamment en Autriche, où des sections de signaleurs à pied et à cheval sont organisées.

Ces sections ont été utilisées sur une large échelle dans la campagne de Bosnie, soit pour relier avec le gros une colonne détachée, soit pour donner à tout instant les renseignements recueillis sur la force et la position de l'ennemi, par une reconnaissance ou un poste d'observation établi spécialement dans ce but.

Un des procédés employés en Autriche constitue un véritable système de télégraphe aérien. Des panneaux en bois, en forme de triangles isocèles allongés, peuvent tourner autour d'un axe installé près du sommet, et prendre ainsi un certain nombre de positions faciles à distinguer les unes des autres. Chacune de ces positions a la valeur d'un chiffre ou d'une lettre ; il est donc possible de constituer un petit vocabulaire répondant aux besoins du service de campagne. Ce système n'est pas nouveau, c'est une modification de l'appareil Chappe, imaginée en Suède, en 1820, comme se prêtant mieux aux besoins du climat.

En choisissant deux positions bien distinctes, l'une correspondant au point, l'autre au trait, on peut encore appliquer l'alphabet Morse à la transmission.

TOME II. — CINQUIÈME PARTIE

UTILISATION INDUSTRIELLE DU SOLEIL, ET PRODUCTION MÉCANIQUE DE CHAUD ET DE FROID

T. II, 5^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE I⁽¹⁾

APPAREILS POUR RECUEILLIR ET UTILISER LA CHALEUR SOLAIRE

Les appareils en vue sont très utiles à connaître pour les voyageurs; car ceux-ci pourront être conduits à employer ou même à installer de tels systèmes dans les pays chauds, ou plus généralement dans les contrées où le soleil brille un grand nombre de jours par an.

§ 186. **Considérations générales sur les appareils en vue.** — Le mode de chauffage, au lieu de dériver d'un foyer construit de main d'homme et alimenté avec un combustible effectif, se trouve ici puisé directement dans cet immense réservoir de calorique que le soleil déverse sans relâche à travers le monde, et dont une minime partie se trouve arrêtée au passage par le globe terrestre. De cette dernière portion, l'humanité ne saurait jamais utiliser, dans ses rêves les plus ambitieux, qu'une fraction relativement insignifiante; mais celle-ci pourrait cepen-

(1) Ce chapitre et le suivant sont extraits de l'excellent *Cours de machines* de M. Haton de la Goupillière, membre de l'Institut, qui, en les mettant gracieusement à notre disposition, nous a évité un long travail.

dant suffire théoriquement à fournir le total d'énergie nécessaire pour la plupart des besoins industriels, si nous étions en mesure, d'une part, de la capter sur une grande échelle, et, en même temps, d'en uniformiser l'emploi. Le programme précisé en ces termes, reste encore chimérique dans l'état actuel de la question.

On sait en effet, d'après les expériences de Pouillet et de M. Violle, qu'un mètre carré de surface exposé normalement aux rayons du soleil à *Paris* reçoit, *dans les conditions les plus favorables*, environ 13 calories par minute, ce qui représente *théoriquement* en chevaux-vapeur

$$\frac{13 \times 424}{60 \times 75} = 1,22;$$

c'est-à-dire plus d'un cheval (1). La superficie d'un hectare sous une lumière zénithale correspondrait par conséquent à plus de 10.000 chevaux.

Quant au moyen qui sert de véhicule à la chaleur, il reste absolument arbitraire; c'est tantôt la dilatation de l'air, ou une chaudière à vapeur d'eau, l'ammoniaque, etc.

On verra plus loin que l'on a réussi jusqu'ici à en utiliser seulement la vingtième partie environ, et avec des appareils dont la puissance individuelle ne saurait pratiquement dépasser deux ou trois chevaux.

L'application de la chaleur solaire acquerrait évidemment une importance toute spéciale dans des contrées beaucoup plus méridionales que Paris, plus chaudes par conséquent, et supposées dénuées d'eau et de moyens de communication qui permettent de se procurer économiquement le combustible. L'une des applications les plus curieuses que l'on y pourrait effectuer, serait assurément l'association des moteurs solaires avec les appareils frigorifiques qui formeront l'objet du chapitre suivant, en vue d'appliquer directement la chaleur torride des tropiques à la fabrication de la glace sans aucun secours étranger; d'où une influence inappréciable sur les effets du climat et sur l'hygiène.

Ainsi que nous venons de le dire, les résultats pratiques sont

(1) Si l'on tient compte à la fois de l'absorption par l'atmosphère terrestre et de la distance, on trouve que l'émission calorifique de la surface entière du soleil représente l'équivalent d'une énergie mécanique égale à 217×10^{20} , ou environ 2 sextillions de chevaux-vapeur.

encore aujourd'hui dans l'enfance. Il n'en est pas moins intéressant d'insister sur l'importance d'une telle ressource pour le jour où quelque trait de génie, qu'il est encore impossible de soupçonner, aurait mis l'homme en possession d'un moyen simple et pratique d'utilisation de la chaleur solaire, sous une forme régulière et suffisamment concentrée. Il s'agit, en effet, d'une source d'énergie qui est, de sa nature, censément inépuisable. Le combustible minéral, au contraire, a ses jours marqués. On peut varier beaucoup sur l'appréciation de l'échéance définitive de son épuisement; elle est assurément fort éloignée de notre époque, mais elle n'en est pas moins fatale. Cet antique approvisionnement, que l'homme dissipe si légèrement aujourd'hui, aura un jour son terme inexorable (1).

L'intérêt de cette question est tel qu'il n'y a pas lieu de s'étonner qu'elle ait depuis longtemps fixé l'attention des investigateurs. On trouve des essais de machines solaires jusque dans les *Pneumatiques* de Héron d'Alexandrie, où cet auteur parle d'inventions de ce genre *légues par les anciens*. Après un long sommeil, ce problème a été repris à partir du XVI^e siècle par une longue série d'inventeurs et de mécaniciens, y compris Ericsson de nos jours.

§ 187. **Appareils solaires réalisés.** — Aujourd'hui les applications effectives se réduisent à la machine Mouchot, dont la première idée peut être cherchée dans les expériences de Tyn-dall sur la chaleur rayonnante de la lune. Cet appareil a été beau-

(1) On peut signaler comme un réservoir analogue d'une quantité rigoureusement inépuisable d'énergie, le phénomène des marées, en vue du jour où l'on posséderait pour la capter sérieusement des ressources qui manquent encore, et où, en même temps, les moyens de transport de la force permettraient de la disséminer convenablement dans l'intérieur du territoire.

Ce problème est lui-même dans l'enfance. Il y a même lieu de se demander s'il est de nature à faire jamais de grands progrès.

On remarquera qu'il s'agit encore ici, comme pour les moteurs solaires, de forces d'origine cosmique, tandis que l'industrie actuelle se sert uniquement de forces essentiellement terrestres. Mais il ne faut pas oublier que si ces dernières ont actuellement leur siège à la portée de notre main, elles ne s'en rattachent pas moins à la même source, soit quotidiennement, par le phénomène de l'insolation qui alimente nos cours d'eau, soit à l'époque reculée de la flore houillère, où l'énergie solaire s'employait avec une grande activité, sous l'influence d'une température qui a sensiblement diminué depuis lors, à fixer dans les plantes l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère en plus grande quantité qu'à notre époque, séparée de ce temps par l'immense formation des carbonates jurassiques et crétacés.

coup perfectionné par M. Abel Piffre qui a fini par l'amener à un état vraiment pratique, quoique limité à de faibles puissances.

Un grand réflecteur, en forme de tronc de pyramide (fig. 21 et

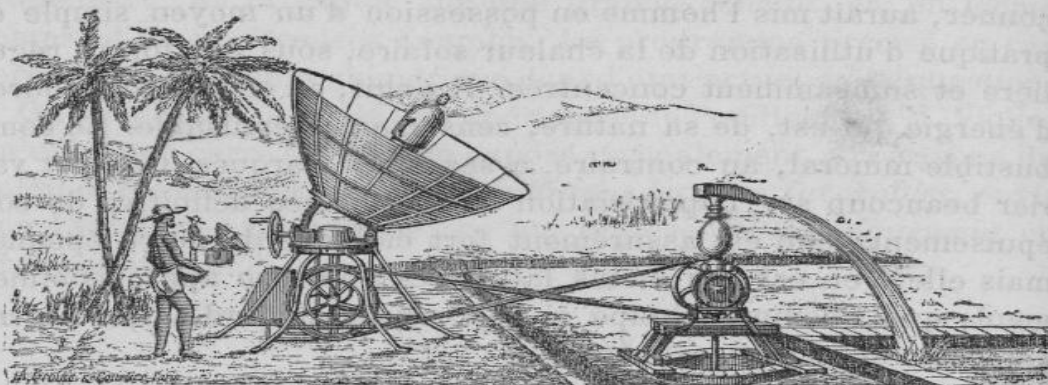


Fig. 21. — Moteur solaire Mouchot-Piffre (vue perspective).

22), dont les faces sont constituées de plaques argentées, est monté à la manière d'un héliostat, de façon à pouvoir suivre le soleil dans son mouvement diurne. Il en concentre l'irradiation

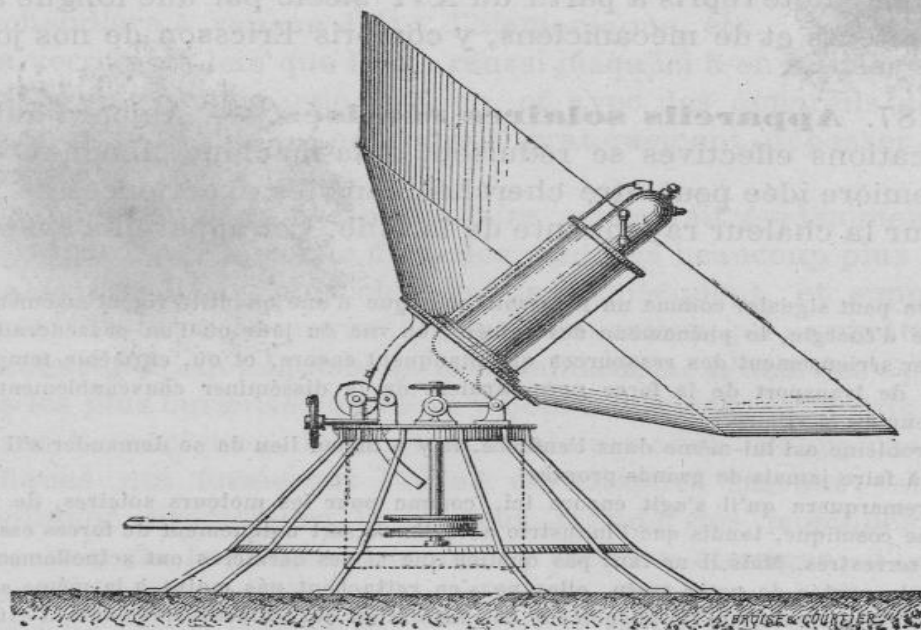


Fig. 22. — Moteur solaire Mouchot-Piffre (coupe verticale).

sur sa ligne focale, occupée par une petite chaudière à vapeur d'eau, dont la surface a été noircie afin d'accroître son pouvoir

absorbant. Une enveloppe de verre augmente encore la concentration de la chaleur solaire dans cette région. Sous l'empire de la vapeur ainsi engendrée, des transmissions de mouvement actionnent une ingénieuse petite machine rotative imaginée par M. Piffre.

On estime que chaque mètre carré d'ouverture du réflecteur fournit pratiquement une force d'un vingtième de cheval.

T. II, 3^E P^{IE}. — CHAPITRE IIMACHINES A PRODUCTION DE CHAUD ET DE FROID

L'emploi de machines frigorifiques en marine, est devenu fréquent. On les rencontre sur les navires spécialement affectés au transport des viandes, et sur nombre de paquebots, où l'on veut pouvoir fabriquer de la glace à l'usage des passagers. Il est donc inutile de donner des notions exactes sur leurs divers modes de constitution, ce qui conduit, pour généraliser, à envisager aussi les machines à production de chaud.

GÉNÉRALITÉS.

§ 188. **Appareils calorifiques et frigorifiques.** — On peut se proposer d'influencer directement, à l'aide de moyens mécaniques, la quantité de chaleur renfermée dans l'air, et cela dans deux sens opposés : soit en vue d'augmenter ladite quantité de chaleur, soit pour la diminuer. De là deux catégories distinctes de machines : les *appareils calorifiques* et les *appareils frigorifiques*.

Les premiers sont à peine représentés dans l'industrie ; et il ne pouvait en être autrement, car les ressources que nous fournit la chimie pour élever la température (la combustion et les foyers) sont si simples et si puissantes, que l'emploi des moyens mécaniques ne pouvait qu'être absolument délaissé.

L'inverse a lieu en ce qui concerne le refroidissement. Les artifices chimiques (mélanges réfrigérants) destinés à retirer la chaleur contenue dans les corps sont compliqués, coûteux, et de peu de portée sur l'échelle des températures. On doit donc considérer comme l'une des plus brillantes conquêtes de l'industrie, l'invention des appareils frigorifiques basés sur l'intervention des moyens mécaniques. Elle est en même temps l'une des plus paradoxales en apparence, puisque les moteurs que l'on emploie d'ordinaire à cet effet (bien que n'importe quelle source de travail puisse évidem-

ment convenir), sont des machines à vapeur; de telle sorte que c'est dans un brasier que se trouve le point de départ de la congélation artificielle.

§ 189. **Thermogène.** — Dans le premier ordre d'idées, nous citerons un appareil, dès longtemps disparu, qui avait été proposé par Beaumont et Mayer sous le nom de *thermogène*.

On sait que certaines peuplades se procurent du feu en faisant subir à du bois sec un frottement intense. On n'a également que trop souvent, sur les chemins de fer, à combattre des commencements d'incendie dus à la friction mal lubrifiée des fusées dans les boîtes à graisse. C'est ce principe qui a été mis en œuvre pour la machine en question.

Une certaine quantité d'eau y est échauffée par le frottement développé entre la paroi d'un vase de révolution dans lequel elle se trouve renfermée, et une garniture autour de laquelle on fait tourner ce récipient sous l'empire de la force disponible. L'appareil consiste en une chaudière cylindrique horizontale, de 2^m de long sur 0^m,50 de diamètre. Elle est traversée suivant son axe par un tube de cuivre creux légèrement conique, ayant 0^m,30 et 0^m,35 comme diamètres extrêmes. Un cône en bois, recouvert d'une tresse de chanvre enroulée en hélice, est monté sur un axe en fer soutenu à l'aide de coussinets fixes, qui sont placés au delà des extrémités de la chaudière. On lui imprime, au moyen d'engrenages, un mouvement de rotation rapide. Un vase plein d'huile placé au-dessus de l'appareil sert à lubrifier les surfaces au degré nécessaire pour adoucir le mouvement, sans toutefois annihiler le frottement. La forme conique de l'arbre est destinée à obvier à l'usure qui supprimerait rapidement toute adhérence entre des surfaces cylindriques. Une vis de rappel sert à maintenir constamment la pression mutuelle la plus convenable. La chaudière est munie des appareils usuels de sûreté et d'alimentation. Son mode de chauffage seul diffère de l'ordinaire. La température s'y élevait à 130°, et la pression à deux atmosphères et demie.

Cette combinaison n'avait, bien entendu, d'autre prétention que d'utiliser des forces perdues, sur des points privés de combustible. Employer du charbon à faire marcher un moteur à vapeur pour fournir la commande à un tel appareil, eût constitué un cercle vicieux absurde.

Le système a nécessairement été frappé de stérilité par le peu d'importance des résultats thermiques obtenus. Tresca l'a exprimé d'une manière frappante, en faisant remarquer qu'il serait plus efficace, pour obtenir un dégagement calorifique, d'employer directement comme combustible l'huile nécessaire pour le graissage.

§ 190. **Procédé d'évaporation Piccard.** — On peut rattacher au même principe le procédé d'évaporation Piccard, à l'aide duquel on fait intervenir avec plus de succès le travail mécanique dans les phénomènes calorifiques. On se fonde à cet effet sur un artifice très ingénieux.

Le travail serait, en effet, impuissant à fournir lui-même l'énorme quantité de chaleur nécessaire pour convertir en vapeur toute l'eau qui se trouve unie au sel traité dans une saline de quelque importance; calorique qui est, avec le mode ordinaire, incessamment perdu dans l'atmosphère comme cette vapeur elle-même. Mais l'inventeur ne demande plus, en principe, au moteur que de s'employer à retirer de la vapeur le stock d'énergie calorifique une fois fourni par la combustion d'une certaine quantité de charbon de mise en train, et de ramener de nouveau cette chaleur dans le bain d'évaporation, de manière à chasser, par son influence, une nouvelle quantité de liquide sous forme de vapeur. Celle-ci, à son tour, sera dépouillée de cette provision thermique, qui fera encore retour dans l'appareil, et ainsi de suite indéfiniment. La question posée de cette manière diffère totalement, comme on le voit, de la précédente; et l'insuccès de celle-ci ne saurait évidemment compromettre la réussite du nouveau problème. Seulement, nous n'en avons formulé jusqu'ici que l'énoncé; et il reste à en présenter le moyen de solution.

Pour y arriver, commençons par nous rendre compte numériquement des éléments de la question. Quand on veut chasser en vapeur dans l'atmosphère 1^{kg} d'eau, supposé pris à zéro, il faut lui fournir, en nombres ronds, en premier lieu 100 calories, afin de porter sa température à 100 degrés, puis 537 autres pour opérer à ce moment sa gazéification. Ces 637 calories par litre d'eau se trouvent purement et simplement perdues avec le procédé classique, qui a pour résultat de décomposer la *saumure* en deux produits distincts, à savoir : 1° du sel solide; 2° de la vapeur

d'eau. Le problème tel que nous venons, au contraire, de le poser, consisterait à résoudre finalement cette saumure en deux produits différents : 1° du sel solide ; 2° de l'eau froide. On arriverait ainsi à récupérer les 637 calories que l'on avait temporairement unies à cette dernière, et que l'on pourrait appliquer de nouveau à un second kilogramme d'eau, tenant en dissolution une quantité correspondante de sel.

Dans ce but, un moteur actionne une pompe qui aspire la vapeur émise par le bain de saumure, et la comprime ensuite, par le mouvement rétrograde du piston, jusqu'à la pression de 2^{at}. La vapeur se trouve alors un peu surchauffée par l'addition de la chaleur résultant du travail mécanique qui a été fourni pour opérer sa compression, et qui équivaut à 26^{cal}. On sait que la détente adiabatique de la vapeur d'eau saturée et sèche s'accompagne d'une précipitation liquide. La compression inverse de l'ensemble devrait le ramener à l'état initial. Si donc l'on supprime préalablement la présence du liquide, en ne comprimant que la vapeur sèche, on n'obtiendra plus ce point précis de saturation, mais au contraire une certaine surchauffe.

Le fluide ainsi amené à la tension de 2^{at} possédera par conséquent une température un peu supérieure à celle de 120°, qui correspondrait à cette pression, d'après la loi de *Regnault* pour une vapeur saturée. La pompe le refoule dans un serpentin immergé au milieu de la saumure, laquelle se trouve pour son propre compte à 100°, puisqu'elle est en train de se volatiliser en communication avec l'air libre. En raison de cette différence de température de l'intérieur à l'extérieur, le serpentin se comporte comme un condenseur de surface, et ramène le fluide intérieur à l'état liquide ; sa chaleur latente traversant le métal pour se rendre dans le bain ambiant. Le kilogramme d'eau considéré en était parti avec 637^{cal}. Il en a acquis 26 en route. Il revient donc dans le serpentin avec 663^{cal}. Reprenant l'état liquide à 100°, il ne retient plus que 100^{cal}, et en cède 563 à l'enveloppe métallique, c'est-à-dire, par cet intermédiaire, au bain d'évaporation.

Mais il y a plus, et l'on peut également récupérer les 100 dernières calories qui manquent encore à l'appel ; auquel cas les 26^{cal} additionnelles formeront, après restitution complète, un surcroît, qui eût été, dans tous les cas, nécessaire pour parer aux pertes et aux mécomptes de toute nature, négligés dans cet aperçu trop

absolu, tandis que l'on ne saurait les éviter dans une réalisation industrielle.

Pour y parvenir, on engage cette eau chaude, à 100° de température, dans un second serpentin immergé au milieu de la saumure froide qui est destinée à l'alimentation de la chaudière. Cette nouvelle quantité de liquide se tiédit ainsi, en se chargeant des 100 dernières calories qu'elle ramènera finalement dans le bain, au moment où l'on alimentera. Le stock entier de 637^{cal}, entraîné par le torrent de vapeur, aura donc fait retour intégralement, avec un appoint supplémentaire de 26 autres qui s'y sont adjointes pendant le trajet, et sauf défalcation des pertes accessoires de toutes natures dont il a été fait abstraction dans ce raisonnement.

Nous voyons maintenant comment la transformation du travail en chaleur, bien loin d'intervenir ici pour fournir, comme dans l'appareil Beaumont et Mayer, 637^{cal} par litre d'eau, n'en produit, au contraire, que 26, lesquelles disparaîtront dans les effets accessoires, mais auront en pour rôle essentiel de provoquer la *régénération*, la *revivification* du stock de 637^{cal}, qui a été fourni une fois pour toutes, et reste ensuite perpétuellement en roulement.

Le rapport de 26 à 637 étant égal à 4 p. 100, on s'explique bien facilement que si le premier système était totalement condamné à l'impuissance, le second, auquel on ne demande plus qu'un résultat d'une importance vingt-cinq fois moindre, ait pu, au contraire, obtenir un réel succès.

Mais, dès lors, on peut faire encore un pas de plus. Il est bien clair, comme nous l'avons fait remarquer, que le thermogène de Beaumont et Mayer ne pouvait prétendre qu'à l'utilisation de forces perdues, telles que les chutes hydrauliques sans emploi. Ici, au contraire, bien que les forces gratuites doivent, bien entendu, recevoir, quand il y aura lieu, la préférence, rien n'empêchera, en chargeant un peu le prix de revient, de demander le faible appoint auquel a été réduite toute la question, à une machine à vapeur, lorsqu'on voudra s'installer dans des conditions quelconques loin des cours d'eau.

§ 191. **Principe des machines frigorifiques** (1). — Le principe des appareils frigorifiques consiste à employer une cer-

(1) Pour les lois et les formules de thermodynamique que nous allons avoir à in-

taine quantité de travail, fournie par un moteur spécial, pour comprimer un fluide quelconque. On y provoque par là une élévation de température, en même temps que de pression. On fait évanouir la première par l'application d'un courant d'eau froide, puis la seconde par la détente. Si cette expansion s'était effectuée sans refroidissement préalable, elle eût, en la supposant réglée d'après la même loi que la compression, ramené le gaz aux conditions initiales, aux dépens de l'accroissement momentané de chaleur interne. Mais celui-ci vient d'être préalablement dissipé; et il n'en faut pas moins faire, pour la détente, un emprunt à l'énergie interne. On abaissera donc par là le niveau thermométrique du corps beaucoup au-dessous du point de départ. Cela fait, on relève enfin sa température, de manière à le ramener aux conditions initiales et à fermer le cycle. Seulement on a soin (en employant pour la transmission un bain liquide incongelable) d'emprunter les calories nécessaires pour cette dernière opération aux objets que l'on se propose de refroidir industriellement : eau à convertir en glace, viande à maintenir au-dessous de la température de décomposition, etc.

Pour la réalisation de ce programme, il convient d'établir entre les divers frigorigères une distinction essentielle d'après la nature du fluide employé. A cet égard, on peut établir trois catégories d'appareils, suivant que le gaz est incoercible dans les limites de l'expérience, ou qu'il est liquéfiable, ou enfin qu'il est soluble dans l'eau. Nous les appellerons, d'après l'usage établi, frigorigères *à gaz* et en particulier *à air*, *à liquide*, ou *à affinité*.

MACHINES FRIGORIFIQUES A AIR

§ 192. **Théorie de ces machines.** — Ici les quatre phases se développent de la manière suivante :

L'air part de l'état figuré par le point A (fig. 23). Son volume est Oa . Sa tension Oz est égale à la pression atmosphérique.

Une compression, que nous supposerons d'abord adiabatique, l'amène par la transformation AB, à l'état B. Le volume a diminué jusqu'à Ob . La pression a augmenté en $O\beta$.

voquer dans ce qui suit, le lecteur pourra se reporter à la thermodynamique expérimentale donnée au commencement du cours des *Nouvelles machines marines* de M. Ledieu, ou à son traité de la *Théorie élémentaire des machines à feu*.

On refroidit extérieurement le corps par une application d'eau fraîche, et à pression constante, de telle sorte que le point figuratif décrive le profil BC. Le volume se contracte en Oc, la tension restant égale à Oβ.

La détente, que nous supposerons de même adiabatique, fait passer le corps de l'état C à celui qui est marqué par le point D, en suivant le contour CD. Le volume s'accroît en Od; la tension retombe à la pression atmosphérique Oα.

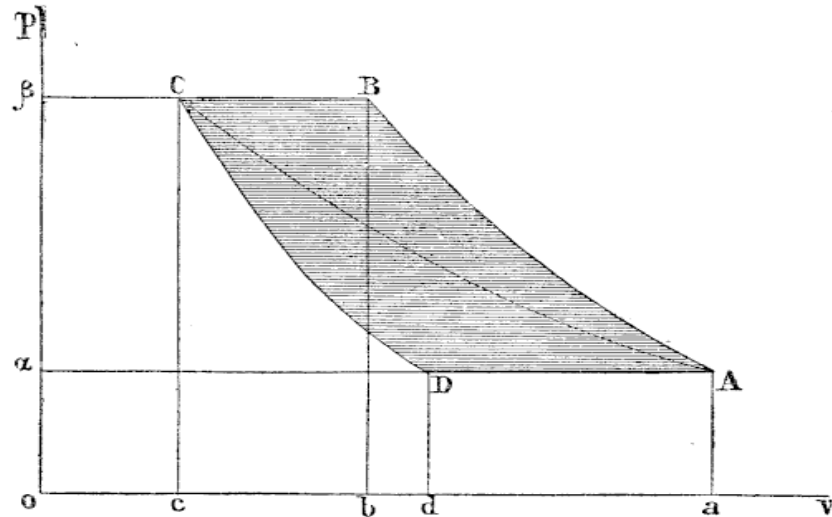


Fig. 23.

On réchauffe alors l'air à pression constante aux dépens des corps soumis à l'expérience. Le volume redevient Oa, la pression restant égale à Oα.

Pour connaître le degré d'échauffement produit par la compression adiabatique, nous invoquerons la relation connue

$$\frac{t'}{t} = \left(\frac{p'}{p} \right)^{\frac{k-1}{k}},$$

où t désigne la température absolue initiale, et t' celle de l'échauffement.

Dans la seconde phase, la pression reste égale à p' , et la température se trouve ramenée à t .

La détente fait ensuite retomber la tension de p' à p , et la température de t à un certain degré de refroidissement t'' , que détermine encore l'équation ci-après, qui correspond à la détente adia-

batique,

$$\frac{t''}{t} = \left(\frac{p}{p'}\right)^{\frac{k-1}{k}}.$$

On remarquera, en combinant les deux équations précédentes, la relation très simple

$$t' t'' = t^2,$$

qui nous montre que le refroidissement se règle d'après l'échauffement temporaire dû à la compression, de telle sorte qu'ils comprennent entre eux la température initiale à titre de moyenne géométrique. En d'autres termes, les deux écarts de température, en plus et en moins, sont en raison inverse l'un de l'autre, quand on les caractérise au moyen des températures absolues.

Le coefficient économique d'un appareil à froid est le rapport des deux quantités de chaleur suivantes : 1° celle que l'on parvient à soustraire aux objets à refroidir, pour la céder à l'air dans la dernière phase DA de son évolution (ou, si l'on veut, CA, puisque la période CD est adiabatique); 2° celle qui correspond théoriquement à l'aire du cycle figuratif, c'est-à-dire au travail effectif T qu'il a fallu fournir industriellement pour réaliser l'opération.

On peut remarquer qu'une telle évolution est exactement l'inverse du cycle réversible d'une machine à air chaud, dans laquelle, partant de l'état C, on aurait échauffé le fluide jusqu'en B à pression constante, pour le laisser se détendre en BA, le contracter ensuite suivant AD au contact de la source froide, et le comprimer enfin artificiellement le long de l'adiabatique DC de manière à le ramener à son état initial.

Le coefficient économique d'un tel moteur aurait pour expression le rapport de la chaleur qui correspond au travail effectif représenté par l'aire du cycle (c'est-à-dire $\frac{1}{425} \times T$) à la chaleur Q' qu'il aurait fallu fournir pour aller de C en A; ou, plus simplement, de C en B, puisque la phase BA est adiabatique.

Cette interversion permet de faire rentrer la théorie des appareils frigorifiques à air dans celle des moteurs à air chaud.

Supposons d'abord que le cycle suivi dans les uns et les autres soit celui de Carnot (ce qui, à la vérité, n'a pas lieu dans le cas précédent, puisque les droites horizontales ne sont pas les isothermes de l'air). On aurait, entre les quantités de chaleur Q et

Q' , qui correspondent aux phases AD et BG, l'équation de Carnot

$$\frac{Q}{t} = \frac{Q'}{t'} = \frac{Q' - Q}{t' - t} = \frac{\frac{1}{425} \times T}{t' - t}.$$

Le coefficient économique ε' du moteur à air chaud conjugué du frigorifère serait

$$\varepsilon' = \frac{\frac{1}{425} \times T}{Q'} = \frac{t' - t}{t'} = 1 - \left(\frac{p}{p'}\right)^{\frac{k-1}{k}}.$$

Celui ε de l'appareil à froid aura pour valeur

$$\varepsilon = \frac{Q}{\frac{1}{425} \times T} = \frac{t}{t' - t} = \frac{1}{\left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1}.$$

On voit donc, qu'à l'inverse de ce qui a lieu pour les moteurs aéro-thermiques, le rendement d'une machine à froid est d'autant plus satisfaisant que les températures extrêmes sont moins écartées. C'est au détriment de l'économie que l'on arrive à exagérer l'intensité du refroidissement.

Ainsi que nous venons de le faire remarquer, le cycle effectif d'un frigorifère à air n'est pas celui de Carnot. Il y a donc lieu d'associer au coefficient économique principal ε un coefficient spécifique ε_1 .

En ce qui concerne ε_1 , on peut améliorer le résultat en superposant l'une à l'autre les deux phases de compression et de refroidissement, de manière à lutter d'une manière progressive contre la tendance à l'échauffement, au lieu d'attendre que ce phénomène soit consommé, pour en abattre alors d'un seul coup le résultat.

On peut même concevoir un si juste équilibre entre les moyens de compression et de refroidissement, que la température reste constante pendant toute l'opération, au lieu de s'élever d'abord, pour être abaissée ultérieurement. La compression devient par là isotherme, tandis que, dans le mode précédent, elle était supposée adiabatique. Avec un tel mode, on doit concevoir qu'une isotherme AC réunisse les deux états figurés par les points A et C, et que cette transformation remplace à elle seule les opérations distinctes et consécutives AB et BC du cycle précédent, en réduisant le nouveau tracé à la forme *triangulaire* ACD.

Il est facile de reconnaître que ce procédé procure un meilleur rendement que le précédent. En effet, la chaleur soustraite aux objets à refroidir continue à correspondre à l'aire $ADad$, tandis que le travail à fournir n'est plus que ACD , au lieu de $ABCD$.

§ 193. **Machines frigorifiques à air de Giffard.** — Parmi les nombreux types de machines frigorifiques à air qui figurent dans l'industrie, nous décrirons comme exemple celle de Giffard, dont les figures 24 et 25 représentent une vue perspective et un ensemble schématique.

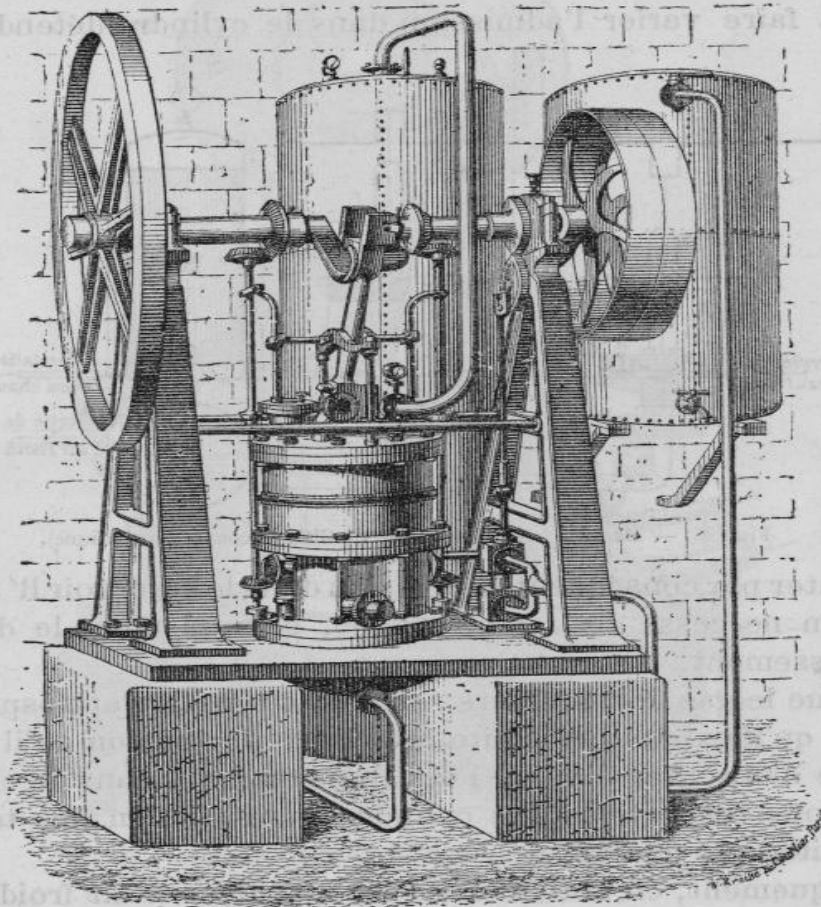


Fig. 24. — Machine frigorifique à air de Giffard (vue perspective).

Un cylindre à simple effet A , enveloppé d'un courant d'eau froide, reçoit l'air par sa partie supérieure. Celui-ci traverse les

clapets d'un piston creux *a* pendant la course ascendante de ce dernier. A la course descendante, le fluide se trouve comprimé, et refoulé à travers le tube L dans un réfrigérant R, alimenté par l'eau froide qui a traversé l'enveloppe du cylindre A. Un réservoir R' est annexé à R. De là, le gaz se rend par le tuyau M au cylindre détenteur B, dont le piston plein *b* se meut à contre-sens du précédent, d'après le calage de leurs manivelles sur l'arbre moteur. Pendant la course descendante, l'air refroidi est évacué à travers la conduite N, et va remplir son office de réfrigération. Les soupapes sont commandées par des excentriques montés sur l'arbre tournant. On reste maître d'en modifier la levée, de manière à faire varier l'admission dans le cylindre détenteur B, à

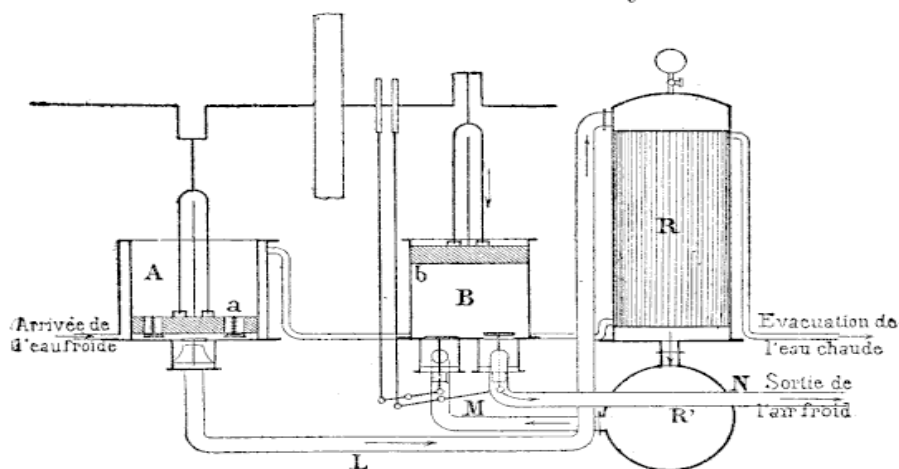


Fig. 25. — Machine frigorifique à air de Giffard (coupe schématique).

augmenter par conséquent la pression dans le réservoir R' (puisque le piston ne cesse d'y refouler l'air), et finalement le degré du refroidissement.

Comme le gaz doit toujours sortir à la pression atmosphérique, on voit qu'il existe une limite inférieure de tension qu'il est nécessaire d'observer d'après l'équation-typique, dans le choix des dimensions respectives des cylindres, en fonction des températures initiale et finale.

Pratiquement, on obtient avec les machines à air froid un rendement de 1.200 *calories négatives* par cheval-heure. La pression la plus favorable paraît être de 4 atmosphères. On peut compter sur un résultat de 25 calories environ par mètre cube d'air passé dans la machine.

L'influence de l'humidité atmosphérique est nuisible. La vapeur se condense finalement en eau, et même en neige ou en glace. Elle restitue à ce moment ses calories de constitution, qui deviennent nuisibles, puisqu'elles tendent à réchauffer l'air que l'on s'est proposé de refroidir. On éviterait cet inconvénient avec des machines fermées, dans lesquelles une même quantité d'air, préalablement desséché, fonctionnerait indéfiniment.

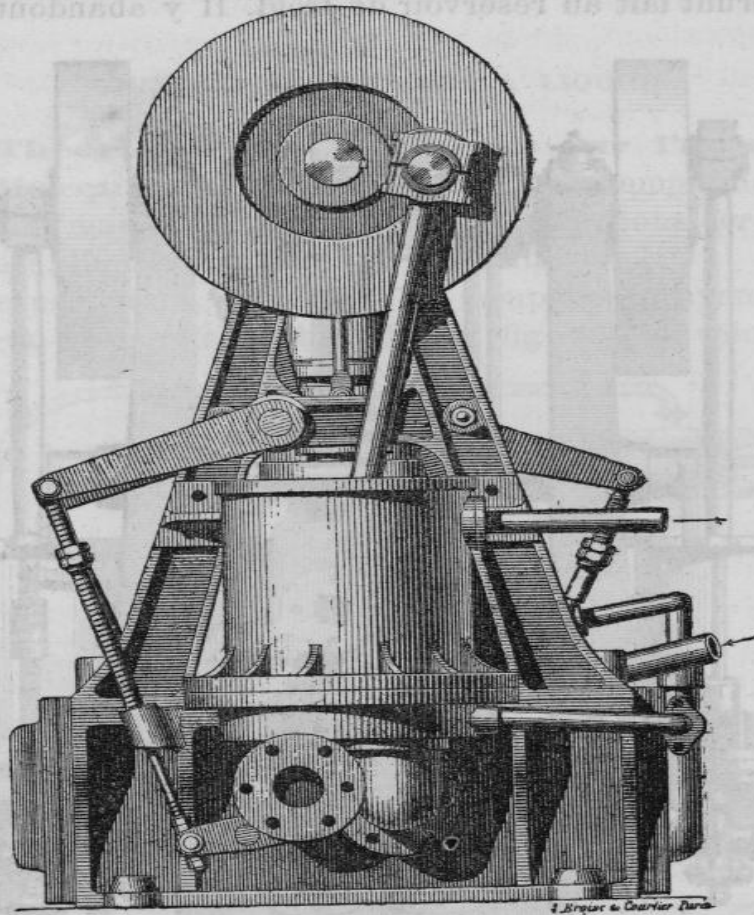


Fig. 26. — Machine frigorifique à air de Lightfoot (élévation latérale).

On peut trouver une sorte de paradoxe dans l'emploi, assez fréquent dans la pratique, d'une injection d'eau froide à l'intérieur du cylindre compresseur. Mais il ne faut pas oublier l'avantage qui résulte, ainsi que nous l'avons reconnu, de la compression

isotherme, ou tout au moins d'un ralentissement marqué de l'échauffement, au moyen de cette injection qui permet de mener de front les opérations de la compression et du refroidissement.

§ 194. **Autres types de machines frigorifiques à air.**

— Dans la machine de Bell Coleman, l'air rafraîchi après sa compression à l'aide d'une injection d'eau, passe dans une série de tuyaux que l'on maintient à une basse température au moyen d'un emprunt fait au réservoir de froid. Il y abandonne presque

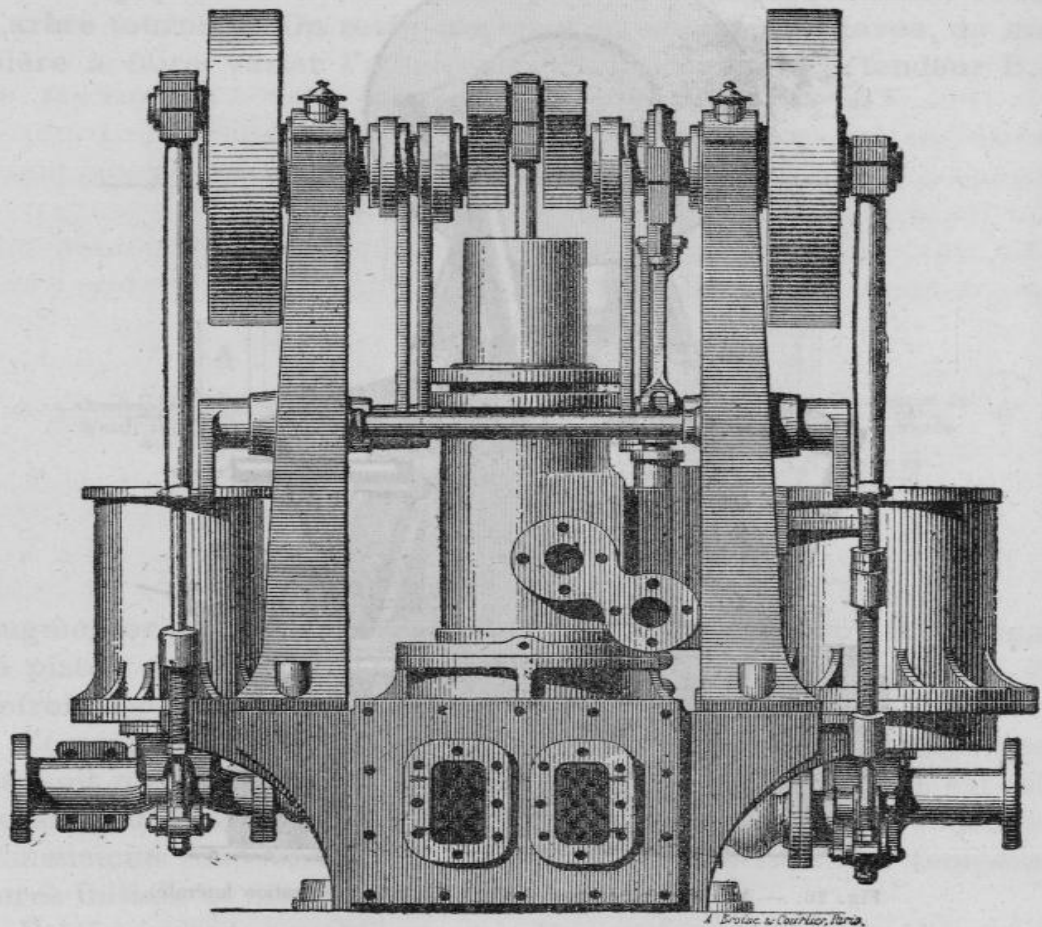


Fig. 27. — Machine frigorifique à air de Lightfoot (élévation longitudinale).

toute son humidité avant d'arriver au cylindre détenteur, ce qui évite la formation de la neige dans ce dernier.

Dans l'appareil frigorifique de Lightfoot (fig. 26 et 27), l'air se

purge de la même manière à l'intérieur d'un premier cylindre détenteur, avant de se rendre au second, où s'accomplit la détente décisive.

Les espaces libres exercent également une influence fâcheuse, comme pour toutes les questions de détente. Elle peut atteindre ici une perte de 100^{cal} négatives par cheval et par heure. Le moyen d'y remédier consiste à fermer la soupape d'émission du cylindre détenteur avant la fin de la course, de manière à reformer la pression dans les espaces nuisibles.

MACHINES FRIGORIFIQUES A LIQUIDE

§ 195. Théorie de ces machines sur l'appareil à acide sulfureux de Pictet. — Comme exemple de frigori-fère basé sur l'emploi d'une vapeur liquéfiable, considérons, pour fixer les idées, l'appareil Pictet à acide sulfureux (1).

Le fluide est admis par un jeu de soupapes convenablement réglé dans un cylindre à double effet A (fig. 28), enveloppé d'un

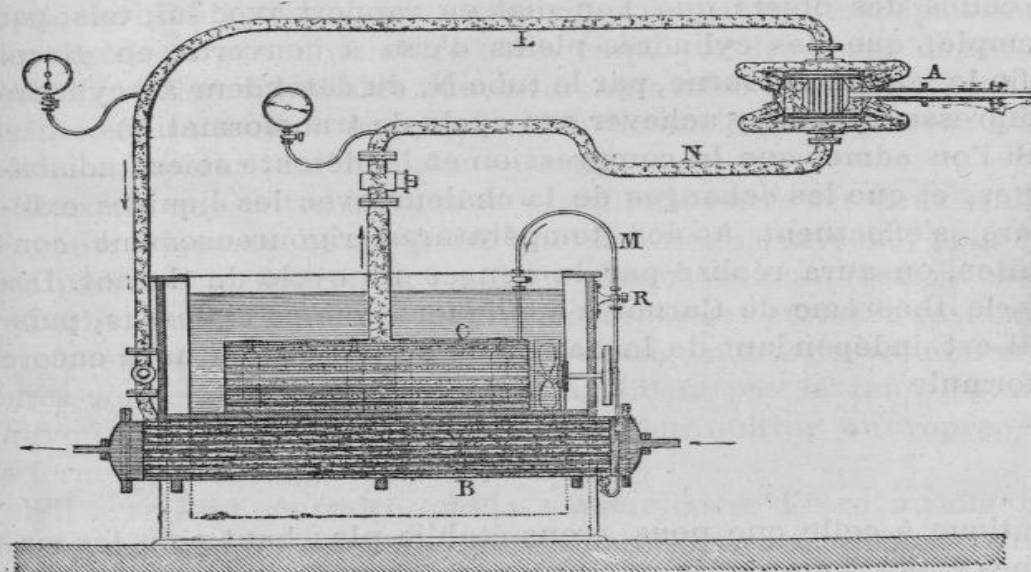


Fig. 28. — Machine frigorifique à acide sulfureux de Pictet (coupe schématique).

courant d'eau à la température t' dont on dispose. La vapeur comprimée jusqu'à la pression p' qui correspond à ce degré de

(1) La machine frigorifique Gillet emploie également l'acide sulfureux liquide.

l'échelle thermométrique (ordinairement $1^{\text{k}},8$ ou 2^{k} de pression effective), est refoulée à travers le tuyau L dans un condenseur de surface B.

La vapeur se liquéfie là sous la pression et la température précédentes. La superficie de ce condenseur doit être calculée sur le pied de 48^{mq} pour 100.000^{cal} effectives par heure, évaluées d'après le poids de glace congelée. Le condenseur est mis en communication avec le détendeur C, au moyen d'un tube M, muni d'un robinet R qui sert, en étranglant à volonté la section de la veine, à en régler l'écoulement, et à faire par là varier arbitrairement la pression p dans le détendeur, ainsi que la température t qui lui correspond d'après la loi des tensions de l'acide sulfureux. Ce dernier organe est construit comme le précédent, et plongé dans une solution de chlorure de calcium, suffisamment concentrée pour être incongelable aux températures d'expérience. C'est ce bain liquide qui sert d'intermédiaire entre la vapeur refroidie par sa détente et les corps proposés. Il cède incessamment ses propres calories au détendeur, et s'empare en même temps de celles des objets que l'on met en rapport avec lui, tels, par exemple, que des cylindres pleins d'eau à convertir en glace. Enfin la vapeur retourne, par le tube N, du détendeur au cylindre compresseur, pour y achever son cycle de transformations.

Si l'on admet que la compression et la détente soient adiabatiques, et que les échanges de la chaleur avec les liquides extérieurs s'effectuent à des températures rigoureusement constantes, on aura réalisé par la pensée un cycle de Carnot. Dès lors le théorème de Carnot s'appliquera comme ci-dessus, puisqu'il est indépendant de la nature du corps; et l'on aura encore la formule

$$\varepsilon = \frac{t}{t' - t},$$

identique à celle que nous avons établie plus haut pour les machines frigorifiques à air.

§ 196. **Remarque importante.** — D'après ce qui précède, le choix du corps qui sert de véhicule à la chaleur reste indifférent dans le fonctionnement des frigorifères, *tant que l'on opère entre les mêmes températures extrêmes.*

Il faut toutefois remarquer que toutes les substances ne se prêteront pas avec la même facilité à ce que l'on réalise effectivement leur cycle de Carnot. En outre, tels ou tels écarts de température seront plus ou moins aisés à atteindre avec les divers fluides. Sous ce rapport donc, il faudrait bien se garder de prendre l'énoncé précédent dans un sens trop absolu.

Ainsi, on peut démontrer que les gaz parfaits permettent un abaissement thermométrique plus marqué que les vapeurs saturées. Il y a dès lors moyen d'obtenir un résultat d'une importance donnée avec des frigorifères à liquide de moins grandes dimensions qu'avec une machine à air froid, ce qui constitue un avantage considérable.

Comme compensation, il convient de remarquer que l'air se trouve partout et ne coûte rien, tandis que les liquides volatils ont une valeur industrielle, et sont d'un emploi plus embarrassant. Enfin, il importe encore d'ajouter que les variations de pression que comporte un écart thermométrique déterminé sont très faibles avec l'air, tandis qu'elles deviennent importantes pour les liquides volatils, et peuvent alors exiger des surcroits d'épaisseur. Il ne faudrait pas, d'un autre côté, employer des corps doués de tensions tellement faibles que, pour agir avec une intensité suffisante, on se trouvât entraîné à des dimensions exagérées. L'air pêche comparativement dans ce sens.

Il existe une autre différence essentielle entre ces deux sortes d'agents. Nous avons vu § 192 quel avantage s'attache, pour les gaz parfaits, à superposer les deux phases de compression et de refroidissement. Avec une vapeur saturée, ces périodes resteront forcément distinctes. En effet, les changements de volume exécutés sous pression constante ne modifient pas la température. On voit seulement une partie de la vapeur quitter ou reprendre la forme liquide.

S'il arrive au contraire que la vapeur cesse d'être au contact de son liquide, elle se comporte plus ou moins exactement comme un gaz permanent ; et la compression mécanique tend à la surchauffer, si l'on n'enlève pas en même temps la chaleur dégagée. Nous avons d'ailleurs reconnu ci-dessus que cette circonstance est plutôt de nature à faciliter l'extension du refroidissement. On peut préciser par le calcul les conditions qui placeront le fonctionnement de l'appareil dans l'un ou l'autre de ces deux cas.

§ 197. **Comparaison des liquides employés.** — Lorsque la vapeur ne cesse pas un seul instant de rester saturée, la question se pose de la manière suivante :

La température t' du réfrigérant dépassera, suivant les conditions de son établissement, de 5 à 10 degrés environ celle de l'eau dont on dispose. Celle-ci se tiendra elle-même à 11 ou 12 degrés, si elle est puisée dans un puits profond, et pourra atteindre 30 à 35 degrés quand elle sera prise à la surface du sol dans des pays chauds.

Lorsque l'on emploie des liquides dont la tension croît rapidement avec la température, on peut trouver insuffisant le refroidissement par l'eau. On y a toujours recours, bien entendu, pour commencer le rafraîchissement, mais on vient en aide à cet agent en sacrifiant une partie de la détente pour achever la condensation au sein de ce liquéfacteur, au détriment de l'expansion décisive qui s'effectuera dans le détendeur. Ce principe se trouve appliqué dans la nouvelle machine à acide carbonique de Raydt.

La température du réfrigérant étant une fois déterminée, la pression p' s'en déduit d'après la loi des tensions propres à la vapeur saturée de la substance employée.

Si l'on fixe, d'autre part, le point t auquel on veut abaisser l'état thermométrique du corps, la pression p en deviendra elle-même une conséquence.

Les valeurs de ces éléments p et p' , jointes à la situation du point critique du liquide volatil, à son prix de revient, aux facilités plus ou moins grandes que l'on trouvera pour se le procurer dans le commerce, aux inconvénients de son action sur les métaux, aux dangers de son inflammation, de sa toxicité, etc., limitent beaucoup le choix à cet égard.

Par exemple, le point critique de l'acide carbonique se trouve à 30°,9 centigrades, température dont nous rapprochent souvent nos conditions climatiques. La pression est alors de 77 atmosphères. On comprend donc combien il est important d'employer des moyens énergiques de refroidissement, ainsi que nous venons de l'expliquer.

On a vu figurer jusqu'ici dans les frigorifères à liquide : l'éther sulfurique, l'acide sulfureux, l'éther méthylique, le chlorure de méthyle, l'éthylène, l'acide carbonique anhydre, le gaz ammoniac anhydre.

Il ne faut pas oublier, en tous cas, que si le travail *théorique* de la pompe de compression reste le même, quel que soit le choix du gaz liquéfiable, pour un même rendement thermique de la machine, cependant le coefficient économique organique diminue avec l'importance matérielle que prend cette pompe.

C'est ainsi, par exemple, d'après M. Windhausen, que, à pouvoir frigorifique égal, le piston de la pompe n'a besoin d'engendrer, avec l'acide carbonique, qu'un volume quinze fois moindre qu'avec le gaz ammoniac, 25 fois moindre que pour l'acide sulfureux, 50 fois moindre qu'avec l'éther. On compte, en valeur absolue, que pour une production de 100 kilogrammes de glace *à l'heure*, le piston de la pompe de compression doit engendrer *par minute* 1 mètre cube dans les machines à gaz ammoniac.

L'éther n'a plus que des pressions tout à fait défailtantes dans les températures inférieures. Aussi son emploi a-t-il disparu. Le gaz ammoniac présente au contraire des tensions excessives aux températures élevées. Sa pression atteint 160.112 kilogrammes par mètre carré, à 40 degrés centigrades. Cependant son usage s'est beaucoup répandu, et ce corps, qui n'est pas sujet à l'incendie, tend aujourd'hui à prévaloir. L'acide sulfureux et l'éther méthylique ou sulfurique ont des tensions mieux réglées, ainsi que le montre le tableau suivant (1).

SUBSTANCES.	PRESSION EN KILOGRAMMES PAR MÈTRE CARRÉ	
	à - 20 degrés.	à + 30 degrés.
Éther sulfurique	917	8.651
Acide sulfureux.	6.519	46.659
Éther méthylique.	11.992	64.961
Gaz ammoniac	19.003	120.083

On est à même de formuler les conditions qu'il faut observer pour que le fonctionnement de la vapeur s'opère sans surchauffe, et qu'elle reste constamment saturée. On se placera en deçà ou

(1) Les points d'ébullition sous la pression normale sont :

Acide sulfureux.	— 10°,0
Chlorure de méthyle	— 23°,0
Gaz ammoniac	— 38°,5
Acide carbonique.	— 72°,0

TOME II.

20

au delà de ce point, suivant que l'on voudra adopter l'une ou l'autre allure.

Lesdites conditions reviennent à calculer par la thermodynamique le volume qu'il est nécessaire d'offrir à l'expansion de l'unité de poids de la substance considérée, pour aller exactement jusqu'à la limite extrême de la saturation, sans la franchir.

Inversement, on pourra connaître le poids qu'il convient, dans ce but, d'aspirer à l'intérieur d'un cylindre dont le volume serait désigné à l'avance.

Les constructeurs de frigorifères à acide sulfureux annoncent

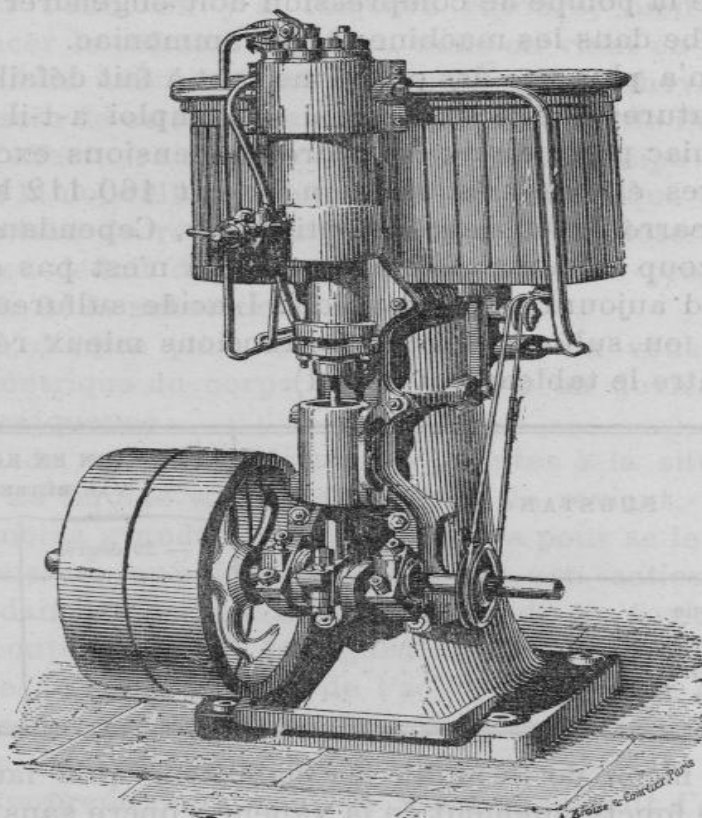


Fig. 29. — Machine frigorifique à gaz ammoniac de Fixary (vue perspective).

des rendements pratiques de 2.500 calories négatives par cheval-heure. Ces appareils, peu énergiques, ne descendent guère qu'à — 12 degrés.

§ 198. Machines frigorifiques à gaz ammoniac. —

On obtient des résultats plus accentués à l'aide du gaz ammoniac anhydre, dont il ne faut pas confondre l'usage avec celui de l'ammoniaque aqueuse des appareils à affinité, qui nous occuperont dans un instant.

L'un des types les plus répandus de ce système est la machine Fixary. Une pompe de compression (fig. 29 et 30) aspire le gaz dans le congélateur, et le refoule dans le condenseur, où, avant de s'engager dans le serpentin, il traverse un épurateur destiné à retenir les particules d'huile qui ont été entraînées par le gaz hors de la pompe. Sous l'action de l'eau froide et de la compression produite par ce dernier appareil, le gaz se liquéfie dans un com-

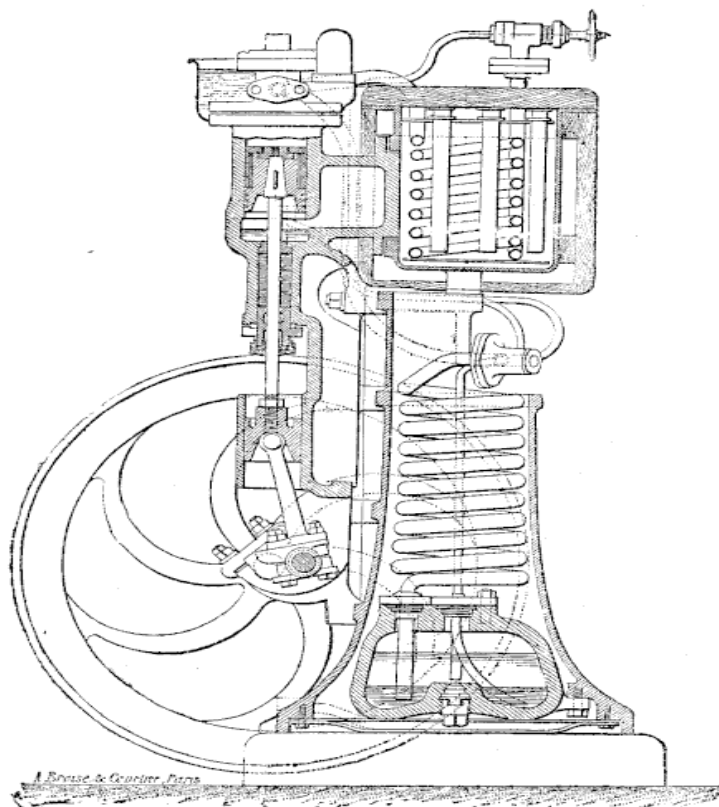


Fig. 30. --- Machine frigorifique à gaz ammoniac de Fixary (coupe verticale),

partiment spécial. Un robinet régulateur l'admet ensuite dans les serpentins du congélateur, où il se détend en reprenant la forme gazeuse. De là, il est rappelé par la pompe, qui le renvoie de nouveau dans la circulation.

L'huile qui s'est séparée du courant gazeux est ramenée automatiquement, à travers un petit tube, au-dessous du piston, où elle forme joint hydraulique, comme nous allons le voir.

La pompe de compression présente une disposition des plus ingénieuses. Elle comprend (fig. 31) deux cylindres verticaux A, dont chacun porte à sa partie supérieure une soupape d'aspiration B, et une autre de refoulement C. Les pistons sont à simple effet; et le gaz ammoniac n'est admis que sur leur face supérieure, laquelle est baignée d'une couche d'huile de quelques millimètres. Ce liquide, outre sa propriété lubrifiante, présente l'avantage de supprimer tous les espaces nuisibles en s'y insinuant à la fin de la course. Au-dessous des pistons, se trouve une certaine masse

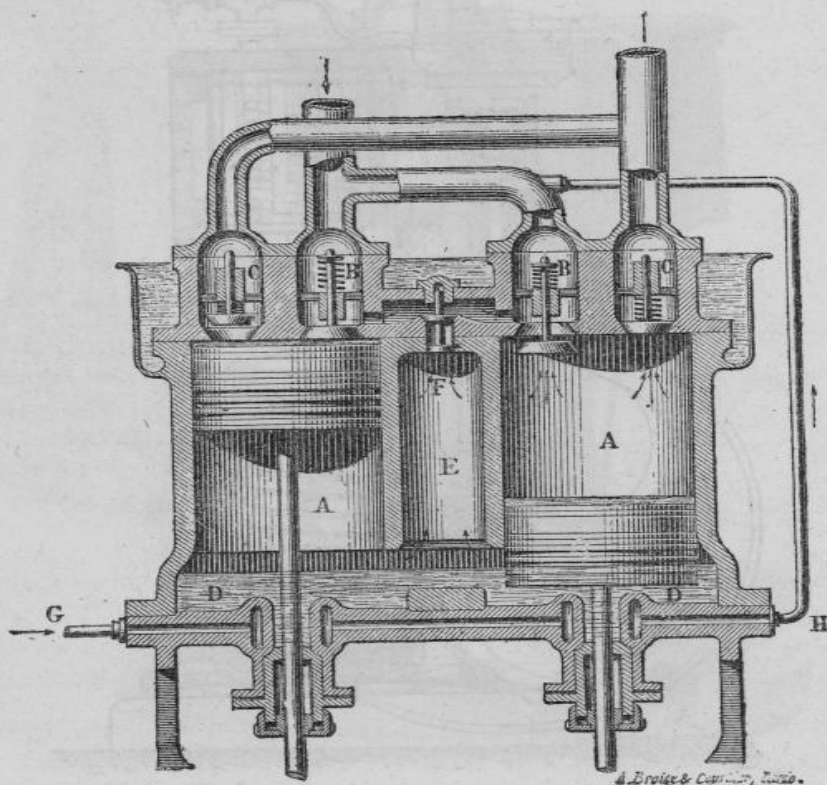


Fig. 31. — Pompe de compression Fixary (coupe verticale).

d'huile minérale D, dans laquelle plongent ces organes qui sont munis de cannelures destinées à relever le liquide le long de la surface des cylindres.

Entre les deux corps de pompes, se trouve une chambre d'équi-

libre E, qui communique avec le bain d'huile D. A sa partie supérieure, une soupape d'équilibre F la met en communication, à travers des conduits latéraux, avec des soupapes d'aspiration. De cette manière, les fuites de gaz qui se produisent toujours dans les premiers moments du fonctionnement de toute machine, passent au milieu de l'huile D. Elles s'y imprègnent de ce lubri-

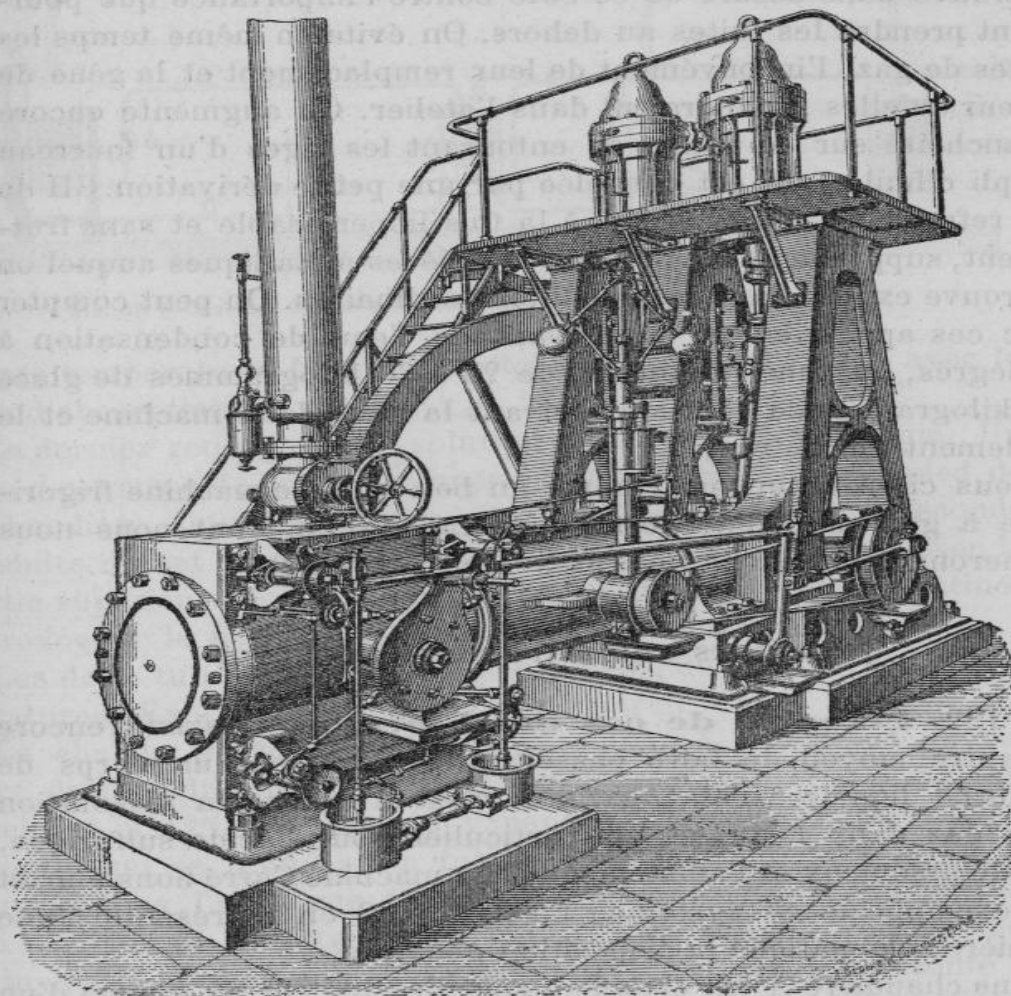


Fig. 32. — Machine frigorifique à gaz ammoniac de La Vergne (vue perspective).

fiant, et finissent par se concentrer sous pression dans la chambre E. Lorsque la tension ainsi formée arrive à égaler celle de l'aspiration (c'est-à-dire 1 à 1^{at},5), le clapet F se soulève, et la perte de gaz se trouve récupérée pour la masse active. On voit

en outre qu'elle a servi de véhicule pour amener un peu d'huile au milieu des organes.

Ce clapet F joue en même temps le rôle de soupape de sûreté pour l'espace qui se trouve compris sous la face inférieure des pistons. Son jeu impose une limite peu élevée à la pression de cette enceinte et des presse-étoupes que traversent les tiges. On se trouve donc assuré de ce côté contre l'importance que pourraient prendre les fuites au dehors. On évite en même temps les pertes de gaz, l'inconvénient de leur remplacement et la gêne de l'odeur qu'elles répandraient dans l'atelier. On augmente encore l'étanchéité sur ce point, en entourant les tiges d'un fourreau rempli d'huile, qui est congelée par une petite dérivation GH du gaz refroidi. Ce joint pâteux, à la fois imperméable et sans frottement, supprime l'échauffement des pièces métalliques auquel on se trouve exposé dans les conditions ordinaires. On peut compter avec ces appareils, en employant de l'eau de condensation à 15 degrés, sur une production de 25 à 30 kilogrammes de glace par kilogramme de charbon, suivant la force de la machine et le rendement du moteur.

Nous citerons encore comme un bon type de machine frigorifique à gaz ammoniac, le système La Vergne, dont nous nous bornerons à donner la perspective en figure 32.

MACHINES FRIGORIFIQUES A AFFINITÉ

§ 199. **Principe de ces machines.** — Il existe encore un autre moyen de faire passer alternativement un corps de la forme liquide à l'état gazeux; c'est d'utiliser la dissolution d'un gaz dans l'eau, et en particulier pour l'acide sulfurique, l'acide arsénieux et l'ammoniaque. La machine Carré nous fournit un exemple de ce système. La figure 33 en représente d'une manière schématique la disposition générale.

Une chaudière A est chauffée, soit directement au moyen d'un foyer, soit à l'aide de la vapeur qui est fournie par un générateur distinct. Elle renferme une solution ammoniacale, riche à la partie supérieure, plus pauvre dans le bas. Trois tubes *a*, *d*, *d'*, la mettent en communication avec divers organes énumérés ci-après.

Un condenseur B est refroidi extérieurement par un courant d'eau. Il reçoit du tube *a* les vapeurs ammoniacales, qui se dépo-

sent sur le fond sous la forme liquide. Le corps se rend à partir de là dans le détendeur C, à travers un tube *b*. Cet écoulement est réglé à l'aide d'un robinet β .

Le détendeur C constitue le réfrigérant des corps étrangers que l'on met en rapport avec lui, en vue de les dépouiller de leur

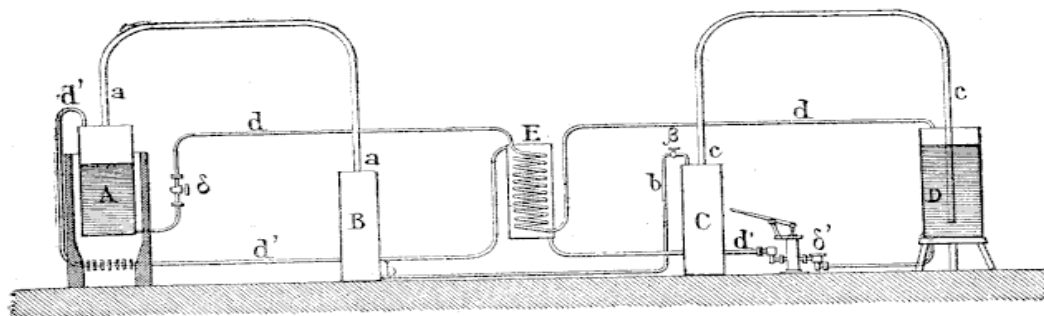


Fig. 33. — Machine frigorifique à ammoniaque de Carré (coupe schématique),

propre température. Un tuyau *c* établit sa communication avec le vase d'absorption D.

Ce dernier renferme une solution aqueuse d'ammoniaque. Un tube *d* retourne de la partie supérieure de ce récipient au pied de la chaudière. Un robinet δ sert à régler l'écoulement. Une seconde conduite *d'* met au contraire en relation le bas du vase D avec la partie supérieure de la chaudière. Une petite pompe δ' est destinée à provoquer le passage du liquide à travers ce tuyau.

Les deux tubes *d* et *d'* traversent, en E, un échangeur de températures. Expliquons le jeu de cet appareil.

La chaleur provoque, dans la chaudière A, le départ du gaz hors de la solution alcaline. Il s'y développe une pression qui atteint 8 à 12^{at}. Un peu de vapeur d'eau se joint au courant gazeux, qui se rend par le tube *a* dans le condenseur B, et s'y liquéfie sous l'influence d'un courant d'eau froide. La tension qui correspond à cette température force le liquide à traverser le tuyau *b*, dont le robinet β épanouit ou étrangle à volonté le passage, de manière à régler cette pression, et à réagir par suite sur la température.

En C, le liquide se vaporise, en refroidissant les corps extérieurs. L'affinité du gaz ammoniac pour l'eau du dissolvant D épuise incessamment le tube *c* vers cette extrémité; ce qui provoque, à travers cette conduite, l'écoulement du fluide alcalin.

Le jeu de la pompe δ' envoie le liquide ainsi enrichi à la partie supérieure de la chaudière, où le titre est le plus élevé. La tension de cette capacité détermine inversement, à travers le tube d , le retour de la solution pauvre située à la partie inférieure, et dont le robinet δ gouverne le débit. La liqueur chaude se refroidit en E, en même temps que le liquide froid qui provient de D par le conduit d' vient s'y réchauffer. De cette manière, l'un et l'autre préparent leurs températures respectives, en vue du régime des enceintes vers lesquelles chacun d'eux est en train de se diriger.

Tout le maniement de l'appareil consiste dans le réglage des deux robinets β et δ , et dans le jeu de la pompe δ' . On peut arriver, à l'aide de ces organes, à modifier la pression, et, comme conséquence, la température du détenteur C.

On aperçoit facilement l'identité du principe de la machine à affinité avec celui de l'appareil à liquide qui forme l'objet du paragraphe précédent.

L'aspiration du fluide hors du détenteur, pour remplir le cylindre compresseur, qui était alors provoquée par le mouvement direct du piston, se trouve ici remplacée par l'affinité du gaz ammoniac pour l'eau qui remplit la capacité D.

A la compression dans le cylindre, qui était due au recul du piston, se substitue ici la tension développée dans la chaudière en raison de l'application directe de la chaleur, qui a pour effet de rompre la combinaison et de remettre le gaz en liberté, en appauvrissant la solution aqueuse, et reformant une atmosphère gazeuse sous pression.

Il résulte de cette comparaison une amélioration du rendement à l'actif de la machine à affinité, puisque la chaleur y exerce son action d'une manière immédiate et sans intermédiaires mécaniques, si l'on excepte la pompe δ' qui est peu importante.

Toutefois certaines causes de perte viennent affaiblir le rendement théorique. La température du dissolvant D s'élèverait rapidement en raison de la chaleur qu'y dégage la dissolution du gaz ammoniac. On se voit, pour ce motif, obligé de le refroidir à l'aide d'une enveloppe d'eau fraîche. La chaleur ainsi soustraite est définitivement perdue. Elle doit naturellement être fournie par la chaudière.

La vapeur d'eau entraînée nuit encore au rendement; car il faut

la constituer au détriment des calories du foyer ; et, une fois engagée dans la série des opérations, elle n'y joue aucun rôle utile, attendu qu'elle ne s'évapore pas dans le réfrigérant. Tout au contraire, elle a pour effet de retenir une portion du gaz, qui se volatiliserait si elle était seule. La proportion est ordinairement de 6 à 8 d'eau pour 100 de gaz. On a réussi à l'abaisser à 3 p. 100, en chargeant la dissolution d'une certaine quantité de chlorure de calcium.

Ces diverses influences ont pour résultat de réduire l'effet utile dans une proportion considérable. Pour la fabrication de la glace artificielle, on estime que le rendement varie entre 1.200 et 1.500 calories négatives par kilogramme de charbon brûlé. On atteint pratiquement des températures de -25° et -30° .

TOME II — SIXIÈME PARTIE

NAVIGATION AÉRIENNE, ET PIGEONS VOYAGEURS ⁽¹⁾

T. II, 6^E P^{IE}. — CHAPITRE I

THÉORIE ET RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR L'AÉROSTATION

CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE

§ 200. **Problème de l'aérostation.** — Ce problème consiste à trouver un moyen pratique de s'élever et de s'abaisser dans l'atmosphère, au moyen d'un ballon rempli d'un gaz plus léger que l'air, et en ayant recours au maniement du moins de lest possible.

Le gaz généralement employé aujourd'hui est, suivant les circonstances, l'hydrogène ou le gaz d'éclairage.

En raison de sa pesanteur même, le gaz sustenteur possède une pression augmentant légèrement à partir du bas du ballon. Ce bas communique d'habitude avec le dehors à l'aide d'une ou deux manches (ou pendentifs) assez longues, ouvertes à l'extrémité inférieure. A cette extrémité, ladite tension est égale à la pression de l'air extérieur situé sur le même plan horizontal; mais elle surpasse de plus en plus la pression du dehors, à mesure qu'on considère des parties plus élevées de l'aérostat; et

(1) L'usage des ballons et des pigeons voyageurs pour la guerre, s'est tellement généralisé qu'il s'est introduit jusque dans la flotte. D'ailleurs, les officiers de vaisseau sont constamment appelés à servir à terre dans des compagnies de débarquement. Pour ces divers motifs, une étude complète des sujets en question s'imposait pour notre livre, destiné à tenir la marine au courant de tout ce qui peut l'intéresser au point de vue des combats et des expéditions. M. Ledieu s'est chargé de la rédaction de cette importante partie.

c'est à la partie supérieure de celui-ci que la différence entre les deux pressions devient la plus grande. Cette différence est, en somme, la cause de la force ascensionnelle du système, laquelle force sert à soulever tous les poids de celui-ci, et de plus à lui donner une certaine vitesse d'ascension. La différence en question sert en même temps à tenir écartées les parois de l'enveloppe, et à tendre celle-ci plus ou moins.

Quand le pendentif du ballon est fermé par une soupape automatique s'ouvrant de dedans en dehors, comme cela se pratique beaucoup aujourd'hui, la tension peut être, dès la base de l'aérostat, plus ou moins supérieure à la pression extérieure; mais, toujours en raison de la pesanteur, la différence des deux tensions va encore en augmentant de bas en haut.

En tous cas, le gaz sustenteur est soumis aux influences des changements de pression et de température qui résultent : 1° des couches d'air environnant le ballon; 2° des alternatives de soleil et d'ombre; 3° du mouillage par la pluie ou de l'assèchement de l'enveloppe; 4° du rayonnement du sol, quand on en est assez près.

Supposons un ballon partant *plein*. Lorsque la pression extérieure diminue ou que la température de l'aérostat croît d'une manière ou d'une autre, le gaz tend à augmenter de volume; si le bas du ballon est ouvert, il s'en échappe alors une certaine quantité de fluide. Si ce bas est fermé, la soupape automatique doit être réglée de façon qu'au delà d'une limite déterminée, d'ailleurs très restreinte, elle laisse aussi échapper du gaz. D'une façon comme de l'autre, la rupture de l'enveloppe est prévenue.

La force ascensionnelle se trouve présentement modifiée dans la même proportion que la densité spécifique de l'air par rapport à sa valeur lors du départ, si toutefois l'air et le gaz ont leurs températures respectivement égales entre elles aux deux instants considérés; cela se voit aisément d'après la formule du § 204 combinée avec les lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Il arrive naturellement un moment de l'ascension où, pour un poids de lest déterminé, la force de montée devient nulle, et où l'aérostat trouve une zone d'équilibre temporaire. On peut avancer, au moins pratiquement, que : *tout ballon qui monte, trouve toujours au-dessus de lui une zone d'équilibre où il s'arrête*. Nous disons *pratiquement*; car *théoriquement* il n'en serait pas ainsi, si l'aérostat avait sa température propre qui augmen-

tât par rapport à celle de l'air ambiant, après être parvenue à une zone d'équilibre.

En tous cas, il faut en général, au moment d'un arrêt, ou jeter du lest pour s'élever plus haut, ou, pour descendre, laisser échapper du gaz à travers une soupape de dégonflement située à la partie supérieure du ballon, et qui se manœuvre à l'aide d'une corde descendant à la portée de l'aéronaute. Il est à peine besoin d'ajouter que pour pouvoir alléger le ballon de quantités successives aussi limitées qu'on voudra, le lest doit être constitué avec du sable mis en sacs.

Lorsque la pression extérieure augmente relativement (ce qui comprend le cas d'ouverture de la soupape de dégonflement), ou que la température de l'aérostat décroît d'une manière ou d'une autre, le gaz tend à diminuer de volume, et le ballon se dégonfle, en se mettant à descendre. Il prendra généralement alors un volume de plus en plus petit, sans perdre de gaz. Son poids demeurera donc constant. Il en sera de même du poids du volume d'air déplacé; car le volume du ballon demeurera inversement proportionnel à la densité du dit air, pourvu toutefois que les températures respectives de l'atmosphère et du gaz restent égales. Dans cette hypothèse, on peut affirmer que, *tout ballon qui se met à descendre, descend jusqu'à terre, sans trouver de zone d'équilibre intermédiaire*. Toutefois en pratique il n'en est pas ainsi d'ordinaire; car le plus souvent le ballon devient par moment plus chaud que l'air ambiant.

De ce que nous venons de dire, il résulte incidemment qu'un ballon *flasque*, c'est-à-dire incomplètement rempli, qui baisse, est soumis à une force descensionnelle constante. Réciproquement, un tel ballon qui monte est emporté par une force ascensionnelle constante, tout en se gonflant de plus en plus. Au moment où il est plein, il se comporte désormais comme il a été expliqué plus haut pour un ballon partant *plein*.

Dans un autre ordre d'idées, la déformation des aérostats entraîne un grave inconvénient quand il survient un grand vent au moment des atterrissages pour les ballons libres, et à tous les instants pour les ballons captifs; car le vent, en s'engouffrant dans les replis de l'enveloppe, peut la déchirer, comme cela a eu lieu pour le célèbre ballon captif de Giffard, à l'Exposition universelle de 1878. De plus, pour les ballons dirigeables en forme de fuseau, leur déformation peut gravement compromettre

la stabilité longitudinale. Nous verrons au paragraphe suivant comment on remédie à cet inconvénient au moyen d'une poche ou ballonnet à air.

Les ascensions les plus élevées ne sauraient dépasser 5 à 6.000^m, sans qu'il y ait danger pour la vie humaine; et à 8.000^m l'homme perd ses facultés intellectuelles. L'altitude de 11.000^m, que prétendent avoir atteinte certains aéronautes, doit donc être contestée. Pour atteindre des hauteurs aussi considérables, il faudrait prendre les dispositions, fort aléatoires du reste, que nous indiquons au § 271.

§ 201. Principe du ballonnet à air; et montgolfière moderne.— Imaginons à l'intérieur et au bas d'un aérostat un ballonnet ou poche isolée. Admettons qu'on puisse y insuffler de l'air au moyen d'un tuyau en communication avec un ventilateur placé dans la nacelle. Enfin supposons une soupape automatique, qui, s'ouvrant de dedans en dehors, et maintenue fermée par un ressort, soit conçue de telle sorte que si on insufflait trop d'air dans le ballonnet, cet air en excès ferait ouvrir la soupape, et s'échapperait avant que le gaz du ballon n'atteignît une pression assez grande pour être refoulé jusqu'à l'extrémité inférieure du pendentif.

Au commencement de l'ascension, alors que le ballon sustenteur est entièrement rempli de gaz, la surface supérieure du ballonnet à air viendra se rabattre sur la surface inférieure de l'aérostat; autrement dit la poche à air sera aplatie. A mesure que l'aérostat montera, le gaz s'échappera jusqu'à ce que le ballon ait atteint le point culminant de l'ascension, en même temps que la poche demeurera vide. Mais pendant les descentes, on enverra de l'air dans le ballonnet pour compenser les diminutions de volume résultant de la contraction du gaz; on maintiendra ainsi la permanence de la forme de l'aérostat, point dont l'importance capitale a été expliquée au paragraphe précédent.

Lorsque, par le jet de lest, le ballon recommencera à monter, la dilatation du gaz aura simplement pour effet de chasser une partie de l'air du ballonnet sans qu'il y ait de perte de gaz par le pendentif; mais il deviendra évidemment indispensable, pour descendre, de recourir à la soupape de dégonflement. Il sera alors essentiel, pour pouvoir atterrir avec le ballon gonflé, de ne pas dépasser l'altitude à laquelle la quantité de gaz perdu ramené à la pression de 76^{cm} atteindrait précisément le volume total du

ballonnet. Aussi faudrait-il dresser d'avance un tableau des pertes éprouvées à toutes les hauteurs, et voir, d'après ce tableau, à quelle altitude correspondrait une déperdition de gaz égale, pour la densité du départ, au volume du ballonnet; et alors pour regagner le sol dans un état de gonflement complet, l'aérostat ne devrait pas dépasser l'altitude ainsi calculée.

Le ballonnet compensateur dont nous venons de donner le principe avait été proposé et adopté par M. Dupuy de Lôme pour son aérostat dirigeable, décrit plus loin. Le savant ingénieur avait surtout pour but d'éviter le dégonflement partiel de l'aérostat; mais il est facile de voir que les pertes de gaz continuaient à se produire jusqu'à ce que le ballon eût atteint l'altitude maxima qu'il ne devait pas dépasser, et que, chaque fois que l'on voulait descendre à une altitude moins élevée, il devenait nécessaire de recourir à la soupape de dégonflement. Dès lors, si l'on avait voulu faire un grand nombre de montées et de descentes, le volume de gaz renfermé dans l'aérostat serait devenu insuffisant; et le ballonnet aurait été impuissant à rétablir la permanence de la forme de l'aérostat au moment de la descente.

A ce point de vue, nous préférons la solution qui avait été proposée par le général du génie Meusnier, dans le remarquable mémoire qu'il rédigea vers 1780 sur l'équilibre des machines aérostatiques. Il insiste là sur les différents moyens de faire descendre et monter les ballons, et spécialement sur la manière d'exécuter ces manœuvres sans jeter du lest et sans perdre de gaz, en ménageant dans le ballon une poche destinée à contenir de l'air atmosphérique, et communiquant, au moyen d'un tube, avec une pompe foulante placée dans la nacelle. Mais la partie du ballon renfermant le gaz sustenteur était entièrement close.

Grâce à ce système, les aéronautes devraient, suivant Meusnier, pouvoir s'élever et s'abaisser aussi souvent qu'ils le désireraient sans avoir recours ni au lest, ni à la soupape. Quand ils voudraient descendre, ils n'auraient qu'à manœuvrer la pompe de façon à comprimer une certaine quantité d'air dans la poche; pour monter, il suffirait de laisser celle-ci communiquer librement avec l'extérieur, et l'air comprimé se dégagerait. Comme on le voit, l'idée de Meusnier consistait simplement à obtenir des mouvements de montée et de descente rien qu'en faisant varier, à l'aide d'une compression plus ou moins forte, la densité moyenne du gaz qui remplissait l'aérostat, et sans qu'il fût nécessaire de perdre

pour cela une certaine quantité de gaz ou de lest, comme dans l'appareil de Dupuy de Lôme, qui ignorait, dit-on, les travaux de Meusnier lorsqu'il se chargea de la construction d'un aérostat dirigeable.

Le système de Meusnier fût appliqué au ballon construit par les frères Robert pour une célèbre ascension, qui eut lieu le 15 juillet 1784. Cette ascension faillit tourner au tragique ; et il est probable que l'aérostat se serait déchiré dans les airs si le duc de Chartres, qui était un des voyageurs, n'avait réussi à percer l'enveloppe avec l'un des fers de lance qui ornaient la nacelle, remédiant ainsi à l'occlusion complète de la partie renfermant le gaz, et qui n'était munie d'aucune soupape d'échappement.

L'échec de Meusnier tient uniquement à l'absence d'une soupape bien équilibrée et pouvant s'ouvrir automatiquement du dedans au dehors, lorsque la pression du gaz atteint la limite supérieure qu'elle ne doit pas dépasser.

On attribue aussi à Meusnier une combinaison où le ballon se composerait de deux enveloppes. L'extérieure forte et résistante serait complètement close et toujours tendue ; elle renfermerait de l'air dont on ferait varier la pression au moyen d'une pompe ou d'un ventilateur. L'enveloppe intérieure plus légère renfermerait le gaz sustenteur. En d'autres termes, la poche à air serait ici extérieure.

On a beaucoup dénigré cette combinaison. Mais, selon nous, elle mérite d'être prise en considération, surtout si on y munit l'enveloppe du gaz d'une soupape de sûreté s'ouvrant automatiquement dans la poche à air. Elle offre les avantages suivants :

1° Diminution des pertes de gaz résultant de la réduction de la surface de l'étoffe directement en contact avec le gaz sustenteur ; 2° Suppression des chances d'incendie pouvant résulter de l'échappement du gaz au-dessous d'un ballon, dans le cas où celui-ci serait muni d'une machine à feu ; 3° suppression possible du filet, et facilité que l'on trouverait pour attacher à l'enveloppe extérieure les suspentes, les soupapes, le gouvernail..., etc., sans qu'il en résulte des fuites de gaz à l'endroit des coutures ; 4° diminution des frottements exercés par le filet et les suspentes sur l'étoffe vernie et caoutchoutée renfermant le gaz ; 5° augmentation considérable du volume de la poche à air, ce qui permettrait d'atteindre de très grandes hauteurs sans perte de gaz ; 6° stabilité plus grande, résultant de l'abaissement du centre de gravité de la masse gazeuse qui remplit l'aérostat.

En principe, l'emploi de la poche d'air pour s'élever et s'abaisser dans les airs sans perte de gaz, n'est pas très puissant. M. l'ingénieur Derval a proposé de lui substituer ou mieux de lui adjoindre le moyen qui consiste simplement à augmenter ou à diminuer la force ascensionnelle de l'aérostat, en échauffant ou en refroidissant plus ou moins la masse gazeuse qu'il renferme. L'échauffement serait obtenu soit au moyen de *jets de vapeur*, soit en *brûlant une certaine quantité de gaz dans l'intérieur même de l'aérostat* au moyen d'un brûleur spécial; de son côté le refroidissement s'opérerait naturellement par l'atmosphère.

On constituerait ainsi une véritable *Montgolfière moderne*; car l'idée d'augmenter la force ascensionnelle des ballons en échauffant le gaz qu'ils renferment, remonte à l'origine même de leur invention par les frères Montgolfier, qui employaient l'air chaud. Mais elle a dû être abandonnée pour les aérostats proprement dits, par suite de l'impossibilité d'échauffer pratiquement le gaz au moyen d'un calorifère, que ce calorifère soit placé à l'extérieur ou à l'intérieur du ballon.

La combustion d'une certaine quantité de gaz en dedans même de l'aérostat paraît un paradoxe, et semble devoir amener infailliblement des explosions. Mais, d'après les expériences de Davy, l'inflammation des mélanges d'air et de gaz est très difficile lorsque l'un d'eux se trouve en assez grand excès. Or, justement la proportion d'air est toujours très faible dans toute la masse du gaz sustenteur, malgré les endosmoses qui se produisent à travers l'enveloppe du ballon.

En résumé, dans le système en vue, l'aérostat se trouverait transformé en un *vaste condenseur*, au sein duquel on enverrait les jets de vapeur lorsqu'on voudrait s'élever dans les airs, et qu'il suffirait de laisser refroidir pour redescendre à une altitude moindre. Les mouvements de montée et de descente prendraient alors assez d'énergie pour obtenir la propulsion de l'aérostat par des plans inclinés, au moyen d'une sorte de louvoyage en hauteur.

§ 202. **Nature de l'enveloppe et du filet.** — D'après M. G. Yon, les étoffes qui se prêtent le mieux à la construction d'un ballon sont de quatre genres; et on peut les classer comme voici, suivant leurs prix, poids et résistance :

1° La soie ou taffetas coûte 10^f par mètre carré de surface

TOME II.

21

d'étoffe; son coefficient de résistance est égal à 20.000 fois son propre poids, qui est d'environ 50^{gr} par mètre carré, ce qui donne $50^{\text{gr}} \times 20.000 = 1.000^{\text{kg}}$ de résistance à la rupture.

2° Le ponghée ou soie de Chine revient à 3^f,50 par m. c.; il pèse environ 80^{gr}, et supporte 12.500 fois son poids.

3° La toile de lin coûte 2^f,50 le m. c.; elle pèse environ 125^{gr}; et son coefficient de rupture est de 8.000 fois son poids.

4° Le coton ou madapolam s'achète de 1^f à 1^f,25 le m. c.; il pèse environ 167^{gr}, et résiste à 6.000 fois son poids.

Il est facile, avec ce qui précède, de se rendre compte des différents poids qu'il faut considérer pour le matériel, si l'on veut rester dans la résistance initiale de 1.000^{kg} à la rupture par m. c. d'étoffe, chiffre que M. G. Yon conseille pour un aérostat de 12.000^{m.cub.}. Il ne faut pas confondre ce chiffre avec la pression maximum que l'enveloppe peut supporter sans danger, et que nous discuterons au § 207. En tous cas, comme il existe toujours une différence dans la force des tissus entre le sens de la chaîne et celui de la trame, il faut avoir soin de prendre comme rapport le plus faible des deux.

Nous allons parler maintenant du vernis que l'on emploie pour imperméabiliser les étoffes, quelles qu'elles soient, et empêcher les échappements de gaz par exosmose ou les rentrées d'air par endosmose, quand il se produit du vide à la partie inférieure du ballon. Nous indiquerons en même temps les poids additionnels que le vernis communique aux tissus.

Parmi les meilleurs vernis, il convient de citer celui dont la composition a été donnée par M. Troost pour le ballon dirigeable de M. Dupuy de Lôme.

Le prix courant des vernis est d'environ 2^f le kilogramme. La soie pesant 50^{gr} par m. c. prend, comme vernis à trois couches, environ 1 fois à 1 fois 1/2 son poids : soit $50^{\text{gr}} \times 1,5 = 75^{\text{gr}}$ d'huile cuite, ce qui donne $50^{\text{gr}} + 75^{\text{gr}} = 125^{\text{gr}}$ pour le poids total du m. c. d'étoffe vernie.

Le ponghée, pesant 80^{gr} par m. c., prend également en vernis à trois couches environ 1 fois à 1 fois 1/2 son poids : soit $80^{\text{gr}} \times 1,5 = 120^{\text{gr}}$ d'huile cuite, ce qui donne $80^{\text{gr}} + 120^{\text{gr}} = 200^{\text{gr}}$ pour le poids total du m. c. d'étoffe vernie.

La toile, pesant 125^{gr} par m. c., n'augmente de densité avec ses trois couches que d'environ 1 fois à 1 fois 1/2 son poids : soit

$125^{\text{gr}} \times 1,5 = 187^{\text{gr}}$ d'huile cuite, ce qui donne $125^{\text{gr}} + 187^{\text{gr}} = 312^{\text{gr}}$ pour le poids total du m. c. d'étoffe vernie.

Le tissu de coton pesant 167^{gr} par m. c., n'augmente de densité avec ses trois couches que de environ 1 fois $1/2$ son poids : soit $167^{\text{gr}} \times 15^{\text{gr}} = 250^{\text{gr}}$ d'huile cuite ; ce qui donne $167^{\text{gr}} + 250^{\text{gr}} = 417^{\text{gr}}$ pour le poids total du m. c. d'étoffe vernie.

Le poids respectif de chaque m. c. d'étoffe vernie sera donc de 125^{gr} pour la soie, 200^{gr} pour le ponghée, 300^{gr} pour la toile de lin, et 400^{gr} pour le coton, percale ou cretonne.

On a eu l'idée de remplacer l'étoffe des ballons par des feuilles métalliques soudées entre elles. Un ballon métallique de 10^{m} de diamètre a été construit par ce procédé.

Le principal inconvénient de ce genre d'aérostat réside dans l'augmentation du poids de l'enveloppe et dans son peu de flexibilité. Mais il est possible cependant que ce système puisse être employé avec avantage pour la construction de ballons-montgolfières (§ 201) de très grandes dimensions, en ce sens qu'il permettrait d'élever beaucoup la température des gaz.

Il existe du cuivre rouge pur et du laiton à différents titres laminés sur 13^{cm} de largeur en bandes indéfinies. Les bandes les plus minces pèsent 240^{gr} le mètre carré. Leur épaisseur est de $1/32$ de millimètre. On assemble ces bandes à recouvrement d'un millimètre, avec le fer à souder à gaz des ferblantiers. Le métal par lui-même n'est pas étanche : en le regardant par transparence au soleil, on y remarque des trous.

De son côté, le *paillon*, laiton ou cuivre mince argenté, se fabrique en bandes de 14^{cm} de largeur et 21^{cm} de longueur. L'argenture ici masque les trous. Le poids du paillon est de 220^{gr} le mètre carré.

En ce qui concerne le filet qui sert à supporter la nacelle et les agrès, il est d'ordinaire en corde de chanvre, de coton ou même de soie. Il enveloppe tout le ballon. Quelquefois cependant la partie supérieure est remplacée par une simple chemise pour prévenir le capitonnage, c'est-à-dire l'impression des mailles dans l'enveloppe, ce qui la fatigue beaucoup, et amène des déchirures avec les aérostats de grandes dimensions supportant de forts poids.

Pour ces mêmes aérostats, la nacelle, comme nous le verrons plus loin, est maintenue en équilibre par rapport au ballon au

moyen d'un filet spécial distinct du filet porteur. Les aéronautes attachent un grand prix à cet équilibre, et par suite aux meilleures dispositions pour l'obtenir.

Au filet se trouvent attachés les cordages de support de la nacelle et ceux qui permettent de manœuvrer le ballon.

On tend aujourd'hui à l'emploi de cordages métalliques ; car, pour une même résistance, ces cordages sont notablement plus légers que les cordes en chanvre ; et leur faible diamètre permet de diminuer beaucoup la résistance opposée par l'air à la marche de l'aérostat, quand il est installé pour être mû et dirigé. Et effectivement une corde composée de cinq fils de cuivre n° 1 ayant 1^{mm} de diamètre et pesant 5^{gr} par mètre, romprait sous une charge de 150^{gr}, et coûterait 30 centimes le mètre linéaire. Pour obtenir cette même résistance, une corde de chanvre aurait 7^{mm} de diamètre, pèserait 34^{gr} le mètre, et coûterait 50 centimes le mètre linéaire.

§ 203. Principe de la fabrication de l'hydrogène.

— Ce principe consiste d'ordinaire à mettre en présence de l'eau, de l'acide sulfurique et de la tournure de fer. L'eau se décompose : son oxygène s'allie avec le fer et l'acide sulfurique, en formant du sulfate de fer ; et son hydrogène devient libre.

On peut aussi employer, pour les aérostats marins, un courant d'eau de mer arrivant dans une caisse où il y a de la grenaille de zinc et de l'acide sulfurique.

La proportion des substances à employer pour produire 1^{mc} d'hydrogène, est environ 100^{kg} d'eau, 2^{kg},333 de *métal*, 5^{kg} d'*acide*.

Nous décrirons plus tard les divers appareils qui permettent de procéder pratiquement à la fabrication en vue, tout en se déplaçant.

Quand on doit opérer en un seul et même endroit, on peut avoir recours à la fabrication économique du gaz hydrogène, d'après le procédé suivant, qui constitue une solution des plus heureuses.

De la vapeur d'eau surchauffée est projetée en jets très déliés sur du coke à l'état incandescent, placé dans une première cornue chauffée au rouge. En présence du carbone, la vapeur d'eau est immédiatement décomposée, et donne de l'hydrogène et de

l'oxyde de carbone en volumes égaux. On fait ensuite circuler ces gaz dans une cornue dite de seconde réaction, également chauffée au rouge, et contenant des corps réfractaires disposés de manière à faire parcourir un très long chemin aux gaz, et à en favoriser l'échauffement et le contact.

Des jets de vapeur surchauffée au point de dissociation, arrivent dans cette cornue en même temps que l'oxyde de carbone. Cette vapeur, en présence de ce dernier gaz, se décompose; l'oxygène se porte sur l'oxyde de carbone qu'il transforme en acide carbonique; et l'hydrogène, mis en liberté, s'ajoute à celui déjà produit dans la première réaction. On obtient ainsi deux volumes d'hydrogène pour la même quantité de coke réduit, soit pratiquement $3.200^{\text{m.cub}}$ de gaz hydrogène par tonne de coke, ou environ onze fois le volume produit par tonne de houille (la tonne de houille produit environ $300^{\text{m.cub}}$ de gaz). Le prix de revient du gaz hydrogène ainsi produit est d'environ 1 centime $1/2$ le mètre cube, là où le prix du mètre cube de gaz hydrogène pur obtenu par voie humide est d'environ 1^f,25. On voit tout l'intérêt que présente ce nouveau mode de fabrication au point de vue qui nous occupe.

D'après les inventeurs, il paraîtrait que leur gaz ne contient qu'une quantité très minime d'oxyde de carbone, ce qui constituerait un avantage marqué sur les procédés antérieurs analogues. On se rappelle en effet que M. Dupuy-Delcourt, parti des Batignolles avec son ballon gonflé de gaz obtenu par ces procédés, faillit périr asphyxié en raison des propriétés toxiques de l'oxyde de carbone.

M. Henri Giffard avait essayé de perfectionner lesdits procédés en faisant passer le mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone, que produit la décomposition de l'eau par le charbon incandescent, à travers du minerai de fer qui transformait l'oxyde de carbone en acide carbonique; mais il dut renoncer bientôt à ce procédé, à cause de la difficulté avec laquelle le gaz traversait la couche de minerai.

FORMULES DIVERSES

§ 204. **Calcul de la force ascensionnelle.** — La puissance ou la force ascensionnelle totale d'un ballon est représen-

tée par la différence entre le poids du volume d'air qu'il déplace et le poids du volume de gaz enfermé dans l'enveloppe, ces volumes étant d'ailleurs les mêmes, abstraction faite de l'épaisseur de l'enveloppe. On peut dire aussi que c'est la résultante des pressions exercées sur l'enveloppe par le gaz enfermé et par l'air extérieur.

La première expression de la force ascensionnelle totale A d'un ballon de volume V sera donc

$$A = V(\Delta - \delta) = aV.$$

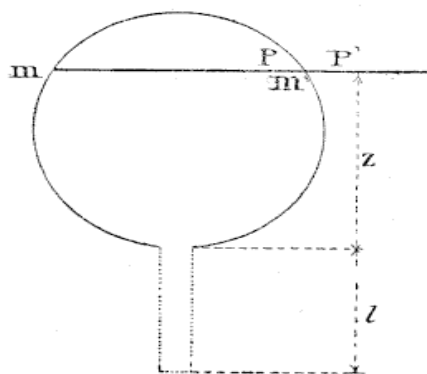


Fig. 34.

Δ étant le poids spécifique moyen de la masse d'air, δ le poids spécifique moyen de la masse de gaz, a la différence des deux poids spécifiques, soit la force ascensionnelle totale du mètre cube de gaz.

En appelant P et P' les pressions par mètre carré du gaz et de l'air dans le plan horizontal d'un parallèle quelconque mm' (fig. 34), on aurait pour

seconde expression de A (étant fait, pour le moment, abstraction de la manche d'appendice ou pendentif) :

$$A = \Sigma(P - P') = \Sigma(\Delta - \delta)Z \times \text{différentielle cercle } mm' = \Sigma(aZ \times \text{différentielle cercle } mm') = a \Sigma(Z \times \text{différentielle cercle } mm') = aV,$$

car 1° lesdites pressions correspondent aux poids de colonnes d'air et de gaz ayant pour hauteur Z , et Δ et δ sont les pesanteurs spécifiques moyennes de ces colonnes; 2° $\Sigma(Z \times \text{différentielle cercle } mm')$ n'est autre chose que le volume du ballon, en remarquant qu'il faut changer $(P - P')$ en $(P' - P)$, soit Z en $-Z$, à partir du dessous de l'équateur du ballon.

Quant à la force ascensionnelle réelle A' , elle est donnée par la même expression diminuée du poids π de l'enveloppe, des divers agrès et du lest,

$$A' = A - \pi = aV - \pi.$$

Pour l'augmenter, il faudra diminuer π , c'est-à-dire le poids du lest. Pour la diminuer, au contraire, on pourra soit augmenter ce poids, soit diminuer le volume de gaz enfermé dans l'enveloppe. En pareil cas, son expression sera $(aV' - \pi)$, dans laquelle V' , volume du gaz restant, devra être ramené à la tem-

pérature de 0° et à la pression de 0^m,76, puisque la formule comprend la constante α , différence des poids spécifiques mesurés dans ces conditions.

Le poids spécifique de l'air par m.cub. est, en nombre rond.	1 ^{kg} ,3
Celui de l'hydrogène pur.	0 ^{kg} ,1
La force ascensionnelle α du mètre cube.	= 1 ^{kg} ,2

Mais le gaz hydrogène n'étant jamais produit à un état de pureté parfait, on doit réduire à 1^{kg},1 la valeur de α , ce qui revient à prendre 0^{kg},2 pour poids de l'hydrogène; on se contente même dans la pratique de compter sur 1^{kg} de force par mètre cube de gaz.

Si l'on fait usage du gaz d'éclairage, la valeur de δ étant 650^{gr}, la valeur de α sera 640^{gr}, que l'on réduit en pratique à 600^{gr} de force par mètre cube de gaz.

§ 205. **Déperdition par exosmose; fuites et ruptures de l'enveloppe.** — La différence $P' - P = p$ représente l'effort du gaz pour vaincre la porosité de l'enveloppe et s'échapper. Cette déperdition est évitée par le vernis de l'enveloppe, que l'on applique sur quatre ou cinq couches. Mais quelque soin qu'on y apporte, l'imperméabilité complète n'est jamais atteinte; et la déperdition devient sensible au bout de quelques jours.

De la valeur de p dépendra aussi la rapidité de l'écoulement du gaz dans l'atmosphère, en cas d'une fuite ou d'une rupture de l'étoffe.

Cette valeur représentée par αZ sur 1^{m.c} est presque nulle dans la partie inférieure du ballon aux environs de la collerette d'appendice; elle atteint son maximum près de la soupape, où elle devient (pour un ballon type de 10^m de diamètre) égale à 1^{kg},1 $\times$ 10 = 11^{kg}.

La vitesse d'écoulement du gaz est donnée par la formule

$$v = \sqrt{\frac{2gp}{\delta}} = \sqrt{\frac{2ga}{\delta}} Z;$$

et, comme on le voit, elle sera d'autant plus rapide que l'ouverture sera plus rapprochée de la soupape, où elle devient

$$\sqrt{\frac{2g \times 1,1}{0,2}} 10 = \sqrt{g \times 110} = \sqrt{1078,97} = 32^m,80.$$

Pour le gaz d'éclairage cette vitesse ne serait que

$$\sqrt{\frac{2g \times 0,64}{0,63}} 10, \text{ soit sensiblement } \sqrt{g \times 20} = \sqrt{196,18} = 14^m.$$

Il résulte de ce qui précède que les déchirures et les fuites dans la partie supérieure du ballon amènent un dégonflement rapide; mais, avec les ballons captifs, ces pertes peuvent se réparer par l'introduction d'une nouvelle quantité de gaz.

§ 206. **Rentrées d'air par endosmose; obturation incomplète de l'enveloppe.** — Les mêmes accidents à la partie inférieure sont moins redoutables au point de vue précédent; mais ils ont un inconvénient beaucoup plus grave. Le gaz tendant toujours à s'élever dans la partie supérieure du ballon, les premières pertes déterminent dans la région inférieure un vide, que manifeste le flottement de l'étoffe. L'air, dès qu'il trouve un accès, se précipite pour remplir ce vide; cette introduction est favorisée par la moindre agitation de l'atmosphère. La force ascensionnelle s'en trouve diminuée, sans qu'il y ait possibilité de porter remède à cette déperdition, puisque le gaz enfermé ne sera plus qu'un mélange (détonant d'ailleurs), dont la densité tendra à se rapprocher de celle de l'air.

Dans ce cas, pour raviver le ballon, il ne reste plus qu'une ressource, encore bien imparfaite : c'est de faire échapper par la soupape de dégonflement une partie de ce mélange, pour lui substituer un égal volume de gaz pur.

Soient V' le volume approximatif du ballon dégonflé, et P'_1 le poids soulevé, y compris les agrès; la force ascensionnelle du mètre cube du mélange sera $\frac{P'_1}{V'} = a'$. En lâchant dans l'air un volume v de ce mélange pour lui substituer du gaz pur, on gagnera d'abord en force $v(a - a')$; puis en remplissant le vide primitif, on gagnera encore $(V - V')a$. Le poids soulevé après l'introduction sera

$$P_1 = P'_1 + v(a - a') + a(V - V');$$

d'où on tire

$$v = \frac{(P_1 - P'_1) - (V - V')a}{a - a'}.$$

C'est afin d'éviter un tel inconvénient que les précautions les plus grandes doivent être prises pour les ligatures et le vernissage de toutes les parties de la manche de l'appendice ou penditif d'un aérostat captif, et que l'on doit, aussitôt le ballon partiellement dégonflé, rouler à l'intérieur la manche et appliquer une

calotte de soie. Et encore on ne sera pas débarrassé complètement des rentrées d'air; il faut aussi compter, malgré le vernis, sur l'infiltration de l'air à travers les pores de l'enveloppe, endosse d'autant plus rapide que le ballon sera exposé, à l'extérieur, aux agitations de l'atmosphère.

§ 207. **Tension de l'enveloppe.** — Pour évaluer la tension de l'enveloppe suivant un parallèle quelconque mm' (fig. 35) de rayon X , supposons la sphère, de rayon R et de diamètre D , solidifiée au-dessous de ce plan horizontal. La calotte sphérique est en équilibre sous l'action des forces suivantes :

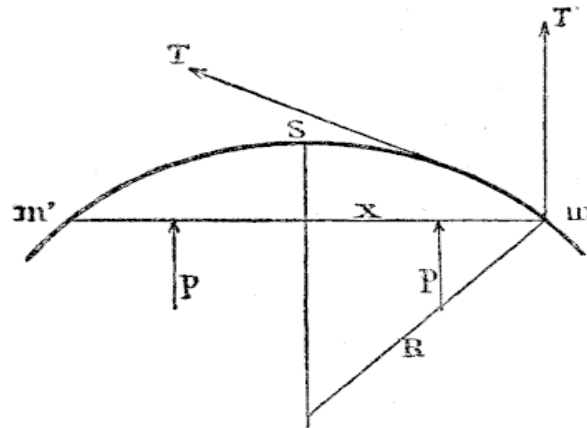


Fig. 35.

1° La tension T , dont la composante T' suivant la verticale est donnée par la relation $\frac{T'}{T} = \frac{X}{R}$, et s'exerce tout le long de la circonférence $2\pi X$ de ce parallèle;

2° Le poids K de la calotte sphérique, gaz et enveloppe;

3° L'excès de pression p du gaz sur l'air extérieur à cette hauteur, force qui s'exerce verticalement sur toute la surface πX^2 du parallèle.

D'où la relation

$$\frac{TX}{R} \times 2\pi X + K = p \times \pi X^2.$$

A la soupape S , où la tension est maximum, le terme K est nul, le facteur commun πX^2 disparaît, et la relation devient

$$\frac{2T}{R} = p; \quad \text{d'où} \quad T = \frac{pR}{2} = \frac{pD}{4}.$$

Pour un ballon de 10^m de diamètre, cette tension maximum est donc

$$\frac{11^{\text{kg}} \times 10}{4} = 27^{\text{kg}},500.$$

Si l'on ajoute au ballon une manche d'appendice de longueur l , l'expression de p à une hauteur quelconque sera $a(Z + l)$; on

voit que cette addition a pour effet d'augmenter la tension de l'enveloppe. Pour une manche de 3^m,50 de longueur, ce qui donne 13^m,50 pour $(Z + l)$ près de la soupape, la tension maximum T à cet endroit sera donnée par la formule

$$T = \frac{a \times 13,50 \times 10}{4} = \frac{148,5}{4} = 37^{\text{kg}},125 \text{ par mètre carré.}$$

La résistance de la soie employée est de 1.000^{kg}. Mais, à cause des coutures, il convient de ne l'évaluer qu'à 500^{kg}. Si l'on rapproche ce chiffre de la tension maximum, on voit que l'étoffe n'a à travailler qu'à 1/13 environ de sa force. Suivant M. Yon, on peut aller jusqu'au 1/10. Avec les ballons de forme ovoïde, les chiffres absolus précédents sont à diminuer de moitié; mais les chiffres relatifs demeurent les mêmes.

En tous cas, il est intéressant de noter qu'une tension donnée en Kg par mètre carré équivaut à une pression exprimée par un égal nombre de millimètres d'eau. Ainsi une tension de 37^{kg} par m.c. équivaut à une tension de 37^{mm} d'eau; car une colonne d'eau ayant ce chiffre pour hauteur et 1^{m.c} pour base, a un volume de 0^{m.cub},037.

D'après ce qui précède, on pourrait laisser se développer, dans un ballon fermé, des pressions beaucoup plus considérables que celles adoptées : ce résultat serait obtenu, soit en élevant sa température, soit en faisant monter l'aérostat; et, dans ce cas, la rupture se produirait entre 300 et 400^m.

C'est pour éviter des accidents de ce genre que le ballon est maintenu ouvert, de manière à pouvoir laisser échapper le gaz lorsque les pressions intérieures tendraient à augmenter; d'autre part, il faut éviter que l'air ne pénètre par cette ouverture. Le problème a été résolu par la conservation de la manche qui sert au gonflement, et qui, sous le nom de manche d'appendice ou pendentif, joue le rôle de soupape automatique.

Et même pour augmenter un peu la pression, et plus encore pour empêcher le gaz de se dégager d'une manière permanente, et de répandre constamment son odeur désagréable parmi les aéronautes, on fait souvent aujourd'hui, à l'instar de Giffard, usage d'une soupape inférieure installée à une des extrémités du pendentif, comme nous en avons déjà prévenu au § 200.

T. II, 6^E P^{IE}. — CHAPITRE II

AÉROSTATION CAPTIVE

AÉROSTATION MILITAIRE ET NAVALE

§ 208. **Historique.** — C'est à Annonay que le premier ballon à air chaud fut lancé par les frères Montgolfier, le 4 juin 1873; c'est à Paris que le premier ballon à hydrogène, construit par les frères Robert, sous la direction du physicien Charles, fut gonflé le 27 août de la même année.

Il en fut de même de la première application de cette découverte aux opérations militaires.

Le but de l'aérostation militaire est de fournir aux armées, en campagne ou dans les places, et en un point quelconque, un observatoire permettant soit de reconnaître les forces, la position et les agissements de l'ennemi, soit aussi de régler le tir dirigé contre celui-ci.

Ce résultat est obtenu à l'aide de ballons *captifs*, c'est-à-dire reliés au sol par un câble. Pour atteindre ce but, il est nécessaire de pouvoir transporter facilement, soit avant, soit après le gonflement, le ballon, comme aussi tous les appareils et agrès dont il doit être muni; il faut également, quand il doit servir aux armées en campagne, pouvoir le gonfler en un point quelconque.

C'est sur la proposition de Monge et le rapport de Guyton de Morveau que la Convention décida, en 1793, de faire les premiers essais; mais le soufre était alors réservé pour la fabrication de la poudre, et on imposait la condition de ne pas employer l'acide sulfurique pour la préparation de l'hydrogène. Il fallait chercher à reproduire en grand l'expérience par laquelle Lavoisier avait réussi à l'extraire de la vapeur d'eau, au contact du fer rouge. Le physicien Coutelle fut chargé d'étudier la question; et il constatait peu après, en présence de son ami Conté, le succès d'une première expérience.

Sans plus tarder, la Convention expédia Coutelle avec un ballon à l'armée du Nord, à la disposition du général Jourdan. L'aérostation militaire était donc officiellement créée; mais le ballon ne put cette fois être utilisé. Coutelle rentra à Paris, où il demanda l'autorisation d'expérimenter le nouvel engin. Le comité de Salut public décida des expériences à Meudon. La première ascension captive fut tentée le 29 mars 1794. Le ballon avait 9^m de diamètre et cubait 365^{m.cub}. Il s'éleva à 540^m, limité par la longueur des cordes de retenue, au nombre de deux. Quelques jours après fut créée la 1^{re} compagnie d'aérostiers par un arrêté du comité de Salut public.

Maubeuge était assiégée par les Autrichiens; le capitaine Coutelle reçut l'ordre de s'y rendre avec la compagnie, laissant le dépôt de Meudon sous la direction de Conté. Il réussit à s'introduire dans la place avec son matériel, et dut y créer à grand-peine un appareil à gaz. Enfin, le 2 juin 1794, l'*Entreprenant* (c'était le nom du premier ballon captif) fit sa première ascension; il s'éleva à 300 mètres avec un adjudant-général, qui put observer à loisir le camp ennemi. L'effet moral produit sur les Autrichiens fut considérable; mais comme le ballon s'enlevait chaque jour du même point, son emplacement fut repéré; et il faillit, dans une de ses ascensions, être crevé par un boulet. Quoiqu'il en soit, on constata que le champ d'exploration était considérable par beau temps.

Cependant le général Jourdan assiégeait de son côté Charleroi, et avait hâte d'en finir avant l'arrivée de l'armée de secours commandée par le prince de Cobourg; il donna ordre à Coutelle de s'y rendre. Celui-ci réussit, par une marche de nuit et au prix de mille fatigues, à sortir de la place avec son ballon tout gonflé, et à le transporter dans la même journée (23 juin) à Charleroi, distant de 40^{km}. Trois ascensions captives s'effectuèrent dès le lendemain. La place venait de capituler, le 25, quand le prince de Cobourg annonça son arrivée par une salve d'artillerie. La bataille de Fleurus eut lieu le lendemain, 26 juin 1794; pendant toute l'action, qui dura neuf heures, l'adjudant-général Morlot, placé dans la nacelle, put observer les mouvements de l'ennemi.

Dans la marche sur Bruxelles qui suivit la victoire, l'aérostat accompagna l'armée; et le général Jourdan monta lui-même dans la nacelle, pendant le combat de Sombref (4 juillet).

Le 6, un ouragan déchira l'enveloppe. Coutelle dut rentrer à Maubeuge, pour réparer son ballon qui était resté quatorze jours gonflé.

Dans l'intervalle, une deuxième compagnie d'aérostiers avait été créée à Meudon; et, quelques mois plus tard, les services rendus par Coutelle à l'armée du Nord décidèrent le comité de Salut public à fonder l'*École nationale aérostatique de Meudon*, sous la direction de Conté (31 octobre 1794).

A la fin de la campagne, un parc de gonflement et de réparations fut créé par Coutelle à Borcette, près d'Aix-la-Chapelle, où la compagnie avait pris ses quartiers d'hiver.

L'année suivante, on pensa à utiliser le nouvel engin pour le siège de Mayence; une troisième compagnie (dite 2^e compagnie active) fut créée à cet effet; et Coutelle, rappelé de Borcette, en prit le commandement; il se rendit à l'armée du Rhin, et dut encore installer un nouveau parc à Kreuznach.

Les ascensions faites devant Mayence furent souvent fort périlleuses. Lorsque Coutelle s'éleva devant cette place, à demi portée de canon de la place, il était seul, parce que le vent était fort. Trois bourrasques successives le rabattirent jusqu'à terre, à la distance de la longueur des cordes qui le retenaient (150 toises); la seconde fois, trois des barreaux qui soutenaient le fond de la nacelle furent brisés. Chaque fois que la nacelle avait touché terre, l'aérostat se relevait par un mouvement accéléré, avec une vitesse telle que 64 personnes, 32 à chaque câble de retenue, étaient entraînées à une grande distance, et que plusieurs restaient suspendues.

Pendant l'hiver qui suivit cette campagne, un établissement analogue à celui de Borcette dut être créé à Frankenthal.

La 1^{re} compagnie suivit ensuite l'armée de Jourdan, et fut faite prisonnière dans Würtzbourg (3 sept. 1796); la 2^e compagnie fut attachée à l'armée de Moreau, où son aérostat, après être resté deux mois gonflé, dut être vidé avant la retraite pendant laquelle il ne put être utilisé. Puis elle revint à l'armée de Sambre et Meuse, sous le général Hoche, qui n'en tira aucun parti, et demanda son rappel. Elle fut licenciée le 28 janvier 1799.

Quant à la 1^{re} compagnie, elle fut rendue à la liberté après Léoben, et fut attachée, avec Coutelle et Conté, à l'armée d'Égypte, où elle ne put malheureusement pas faire son service spécial, car

le matériel avait été entièrement perdu à Aboukir. Elle fut aussi licenciée après l'expédition; et l'école de Metz fut chargée de conserver les traditions de l'école de Meudon.

L'accident qui priva l'armée d'Égypte du service des ballons ne fut sans doute pas étranger à l'indifférence que Napoléon témoigna pour cette invention nouvelle pendant toutes les campagnes de l'Empire.

Il fallut que les événements de 1870 eussent privé certaines places de tout autre moyen de communication, pour que la question fût remise à l'étude après une longue période d'oubli. Il avait été, à la vérité, fait usage de ballons captifs en Amérique pendant la guerre de la sécession; ils avaient joué un rôle devant Richmond, en 1862; et le général Mac-Lellan en avait tiré un bon parti en diverses occasions. Le génie inventif des Américains avait même utilisé le télégraphe électrique pour établir une communication permanente entre l'observateur et la terre. D'autre part, des essais de photographie en ballon avaient également été tentés. Mais la chose n'eut pas de retentissement en Europe; et la guerre de 1870 nous trouva complètement désarmés sous ce rapport.

Pendant le blocus de Metz, quelques ballons libres furent lancés avec des sacs de dépêches; mais aucun n'emporta de voyageurs.

A Paris, au contraire, un nombre considérable de ballons libres (64) cherchèrent à établir une communication avec la Province; et l'on a calculé que, du 23 septembre au 28 janvier, 91 passagers quittèrent la capitale en ballons montés. Près de 9.000^{kg} de dépêches furent transportés par cette voie, et avec elles 363 pigeons, dont un nombre malheureusement trop restreint put faire retour avec des dépêches de l'intérieur.

Des essais d'observations en ballon captif furent également tentés à l'armée de la Loire; mais ce service fut organisé trop tardivement pour donner de grands résultats. L'observateur avait d'ailleurs encore à lutter avec de sérieuses difficultés. On avait bien évité, par la substitution d'un câble unique aux deux câbles de Coutelle, une partie des soubresauts dus à l'influence du vent; mais l'orientation du ballon manquait encore de stabilité, et la rotation continue de l'aérostat rendait les observations difficiles.

Cette rotation provient de la différence de vitesse des filets d'air qui agissent aux deux extrémités du diamètre de l'aérostat; et chacun a pu se rendre compte, en 1878, de la constance de

ce phénomène, même dans les ballons les mieux agencés, tels que celui qui fut installé à cette époque par M. Giffard dans la cour des Tuileries.

§ 209. **Observations aérostatiques.** — Les ballons captifs peuvent être employés soit dans la guerre de campagne, soit dans celle de siège, soit à bord des navires.

Guerre de campagne. — L'emploi simultané de plusieurs ballons peut fournir un réseau de communications aériennes. Mais c'est surtout comme moyen de reconnaissance qu'ils doivent être utilisés. Ces reconnaissances peuvent être de deux sortes : *stratégiques*, lorsqu'il s'agit de se renseigner sur la position et les mouvements de l'ennemi à grande distance ; *tactiques*, lorsqu'il faut connaître le détail des forces de l'ennemi, les dispositions de ces forces, leur échelonnement, etc., afin de régler en conséquence ses propres mouvements.

Les reconnaissances stratégiques ne retireront quelque profit de l'aérostation que lorsqu'on pourra sérieusement compter sur les ballons dirigeables ; elles ne sont donc pas du ressort des sections d'aérostiers. Le rôle de celles-ci est de fournir des ressources précieuses pour les reconnaissances tactiques, en mettant à la disposition des armées un observatoire élevé et mobile dans un rayon étendu. La limite du champ d'observation sera donnée par la limite des instruments d'optique mis à la disposition de l'aéronaute.

On peut dire d'une manière générale que les mouvements de troupe peuvent être nettement distingués à 8 ou 10^{km} ; l'évaluation de l'importance des groupes ennemis pourra être également obtenue par voie de comparaison, si l'aéronaute a eu soin de s'exercer à ce genre d'appréciation, par une série méthodique d'exercices analogues à ceux qui sont recommandés pour former le soldat et l'officier à l'approximation des distances.

Pour repérer et transmettre la position de l'ennemi, on fera usage des cartes de la région, orientées à l'aide de la boussole du parc, ou sur quelques points bien visibles dans la campagne. Ces opérations sont possibles à peu près par tous les temps ; il n'y a que le brouillard qui soit un obstacle insurmontable ; car, malgré quelques éclaircies, il sera toujours difficile de s'orienter.

Dans les pays dont les cartes font défaut, le ballon captif aura

aussi à opérer la reconnaissance topographique du terrain dans le rayon d'action immédiate de l'armée. Ce sera plutôt une série d'indications qu'un lever de reconnaissance proprement dit. Un travail de ce genre ne pourrait être effectué que par un temps parfaitement calme; et encore faudrait-il se méfier, notamment en ce qui concerne les reliefs, des erreurs résultant de la position occupée par l'observateur.

Des essais de levers photographiques ont été tentés; mais il est douteux que la représentation topographique ainsi obtenue puisse donner autre chose que des indications.

Guerre de siège. — C'est surtout dans la guerre de siège que le ballon sera d'un grand secours, qu'on soit assiégeant ou assiégé. Rien de ce qui se prépare ou se passe dans la place ou autour d'elle ne saurait échapper à l'observateur. On supprime ainsi toute surprise; et cette surveillance peut être exercée même la nuit, sur les ouvrages aussi bien que sur les mouvements de troupe, par l'emploi simultané du ballon et des projections électriques.

Dans les opérations de siège, c'est un moyen infailible de régler rapidement le tir, puisque l'observateur voit à la fois le point de départ et le point de chute du projectile. Si l'aéronaute a à sa disposition une carte du but donnant les divers accidents du sol naturels ou artificiels (chemins, sentiers, limites de cultures, ruisseaux, etc.), il pourra y reporter, à quelques mètres près, les points de chute des projectiles, et envoyer aux diverses batteries des renseignements précis en portée et en direction, pour qu'elles puissent rectifier leur tir en quelques coups.

En raison de la distance où sont actuellement obligés de se maintenir les adversaires en campagne, comme dans les sièges, en égard aussi à l'étendue du terrain exposé aux investigations d'un ballon captif, celui-ci sera généralement soustrait à l'action des balles. Quant au tir de l'artillerie, il sera peu efficace sur un but mobile d'aussi faible dimension, sauf s'il est fait usage de shrapnels. Ainsi les Anglais, dans une de leurs expéditions en 1880, ont atteint de cette façon un ballon situé à 260^m d'altitude et à 1.780^m de distance. Les Allemands ont également percé de 20 à 30 trous, dans des exercices *ad hoc*, un ballon situé à 200^m de hauteur, et à 5.000^m de distance. Il est vrai qu'ils avaient, pour cela, tiré 10 coups dans une première expérience, et 20 coups dans une seconde.

Il sera donc prudent désormais de tenir les ballons captifs à 5.000^m des batteries ennemies.

Emploi sur mer. — Les ballons captifs pourront rendre de grands services à bord des navires dans le siège d'une place forte, et même, au large, pour explorer l'horizon, et prévoir assez longtemps d'avance l'arrivée de l'ennemi et en particulier l'approche des torpilleurs. Toutefois, il faudra, en principe, que le temps soit maniable, et qu'on puisse installer l'aérostat sur un chaland ou un radeau, ou sinon sur un navire sans mâture.

Des expériences ont été faites à Toulon sur une batterie flottante. Un timonier et un officier étaient dans la nacelle, où se trouvaient disposés une série d'instruments de précision, et en particulier un appareil photographique, une lunette puissante et un téléphone. Le fil conducteur de ce dernier appareil s'enroulait autour du câble de retenue, pour établir des communications verbales entre la nacelle et le pont.

Ces expériences ont très bien réussi, au moins par temps calme. Le ballon captif a pu même, tout en étant maintenu en l'air, être remorqué et conduit au loin par une chaloupe à vapeur portant le treuil du câble. Il a été ensuite rapporté sur la batterie flottante, où on le descendit, et on l'amarra sur le pont tout gonflé.

MATÉRIEL ACTUEL D'AÉROSTATION MILITAIRE

§ 210. **Nomenclature.** — Il était réservé au nouvel établissement aérostatique de Meudon de créer un matériel de campagne susceptible de rendre tous les services que l'on peut attendre du ballon captif; et c'est aux efforts des capitaines Renard et Krebs qu'est due, presque complètement, la création de ce matériel.

Un parc aérostatique comprend essentiellement :

Une *voiture-treuil* à laquelle est attaché le ballon;

Une *voiture à hydrogène* pour la production du gaz;

Une *voiture d'agrès*;

Une *voiture-fourgon* avec approvisionnement de charbon et d'eau; plus quelques voitures auxiliaires.

La voiture-treuil porte une machine à vapeur actionnant un treuil, autour duquel s'enroule le câble d'attache par l'intermé-

diaire d'un joint universel. On règle ainsi à volonté la hauteur à laquelle on veut élever le ballon.

La voiture à hydrogène porte un appareil à circulation continue fondé sur ce principe, appliqué par le capitaine Renard, que la décomposition continue de l'eau par un métal, fer ou zinc, en présence de l'acide sulfurique, peut être assurée par un renouvellement convenablement réglé du liquide excitateur. Cette voiture a fonctionné aux manœuvres de 1886, et a permis de gonfler un ballon de 500^{m.cub} en 5 heures environ; on compte arriver, par suite d'améliorations récentes, à réduire à 3 heures la durée de cette opération.

La voiture d'agrès transporte les divers modèles de ballons du § 214.

§ 211. Force ascensionnelle du ballon normal. —

Le ballon normal est une sphère en étoffe de ponghée ou soie de Chine, doublée seulement autour des orifices, et soigneusement vernie à l'intérieur sur trois ou quatre couches.

Le diamètre de la sphère est de 10^m; le volume, de 540^{m.cub}.

Il est facile, d'après ce que nous avons dit précédemment (§ 204), de calculer la force ascensionnelle. En effet

Le poids du mètre cube d'air est de	1 ^{kg} ,290
Celui du mètre cube d'hydrogène est de	0 ^{kg} ,090
Différence.	= 1 ^{kg} ,200

soit, en nombre rond, 1^{kg} par mètre cube. Donc la force totale est de 540^{kg}.

Le poids total du ballon arrimé est de 300^{kg} environ. Il reste donc environ 240^{kg} de force disponible; de sorte que le ballon peut enlever deux observateurs et une certaine quantité de lest, sous forme de sable, contenu dans des sacs arrimés dans la nacelle. Ce lest est nécessaire, non seulement parce qu'il faut prévoir le cas accidentel où le ballon s'échapperait dans l'atmosphère, mais encore pour parer au dégonflement partiel résultant de la déperdition d'hydrogène pendant les observations. Les variations de la température auxquelles on ne peut se soustraire, ont, en effet, pour résultat de faire varier dans de larges proportions la tension intérieure du gaz. Il faut donc, pour éviter la rupture de l'enveloppe, que l'excès de gaz puisse s'échapper par le pendentif quand le ballon s'échauffe. Par contre, il faut qu'on ait

le moyen d'alléger le ballon, lorsqu'il tend à descendre à la suite d'un refroidissement qui en diminue le volume.

Or, on part toujours avec une force ascensionnelle assez faible ; et cela est nécessaire, même en ascension captive, pour éviter une trop grande légèreté occasionnant des oscillations brusques avec un vent un peu fort.

§ 212. **Poids morts.** — Le poids des différents agrès diminue beaucoup la force utilisable des aérostats ; on s'est ingénié à répartir toujours également le travail entre les divers organes, de façon à diminuer les dimensions et, par suite, le poids en vue.

Voici pour le ballon type les poids, en nombres ronds, des divers agrès ; et on en a mis en regard la force restant disponible dans les diverses conditions d'arrimage du ballon :

Ballon type. — Volume, 540^{m.cub.} — Force ascensionnelle 540^{ks.}

Enveloppe.	88 ^{ks}	132	Force ascensionnelle du ballon sur sa plate-forme	408 ^{ks}
Filet	21			
Cordes équatoriales.	10			
Soupape de dégonflement et son tube	8			
Appendice complet.	5			
Rallonges des cordes.	7	80	Force ascensionnelle du ballon arrimé pour ascensions cap- tives, sauf son ancre.	328 ^{ks}
Suspension supérieure	9			
Trapèze.	17,5			
Cordes de manœuvre.	4,5			
Nacelle	38			
Drapeaux, instruments.	4	32	Force ascensionnelle du ballon complètement arrimé.	296 ^{ks}
Divers.	4			
Ancre.	15			
Corde d'ancre.	17			

On se rappellera en outre que le câble du treuil pèse 22^{kg},500 pour 100^m, et que le poids moyen d'un aéronaute est de 70^{kg}.

§ 213. **Effets du vent.** — Le vent exerce une première influence en provoquant des rentrées d'air, et en chassant du gaz par les ouvertures fortuites et à travers la trame de l'enveloppe.

En outre, toutes les fois que le ballon, et c'est le cas général, est partiellement dégonflé, il offre une grande prise au vent qui s'engouffrant dans les entonnoirs formés, compromet au repos la solidité de l'amarrage, et abaisse par saccades la nacelle pendant les ascensions. Il en résulte pour l'enveloppe des flottements violents et des secousses répétées, qui, notamment dans les environs de l'appendice et de la soupape de dégonflement, ne tarderaient

pas à la mettre en danger. Nous avons vu au § 201 que ces graves inconvénients étaient évités avec un ballonnet à air. Malheureusement on n'en a pas encore muni les ballons militaires actuels.

On devra alors s'efforcer de diminuer l'intensité des effets en vue, soit en serrant le ballon dans son filet, soit, au repos, en l'appliquant sur le sol, de manière à supprimer le vide de son intérieur et à lui conserver la forme sphérique.

L'action X d'un vent d'une vitesse v sur une surface sphérique de rayon R , est approximativement représentée par la formule

$$X = 0^{\text{kg}},39 \pi R^2 v^2,$$

qui peut se mettre sous la forme $X = 0^{\text{kg}},13 \times \frac{\pi R^2}{3} \times v^2$; en la rapprochant de la formule $Y = 0,13 A v^2$, qui donne l'effort exercé sur le vent par une surface plane A , on voit que l'effet produit sur la sphère pleine est équivalent à celui que supporterait un petit cercle de rayon égal à $\frac{R\sqrt{3}}{3}$.

A propos du vent, il y a encore à signaler son influence sur l'équilibre même d'un ballon captif, et sur la courbure qu'il fait prendre forcément au câble de retenue. Cette question a été étudiée avec beaucoup de soin et de talent par M. M. Degouy, capitaine du génie (1). Mais comme, en définitive, elle est plus théorique que pratique, nous nous bornons à la signaler.

§ 214. **Modèles divers de ballons.** — Les ballons sont formés de fuseaux égaux, réunis par une triple couture à recouvrement de 15^{mm}.

Le parc renferme quatre ballons de trois modèles différents : 2 ballons captifs types (un en service, un de rechange); 1 ballon auxiliaire; 1 ballon gazomètre. Ils sont tous de forme sphérique.

Ballon captif type. — Volume 540^{m.cub}; diamètre 10^m,08; circonférence 31^m,67. Il peut enlever deux aéronautes. Il est formé de 72 fuseaux réunis aux deux pôles par des collerettes rapportées : à la partie supérieure, collerette de soupape de 0^m,30; à la partie inférieure, collerette d'appendice de 0^m,45; cette dernière est évasée en forme de tubulure.

Ballon auxiliaire. — Volume 225^{m.cub}; diamètre 7^m,50; circonférence 23^m,56. Il peut enlever un aéronaute. Mêmes dispositions

(1) Voir la *Revue de l'aéronautique* de 1889.

que pour le ballon type, mais le nombre des fuseaux est moins considérable; les dimensions des collerettes sont un peu réduites.

Ballon gazomètre. — Volume 50^{m^3} environ. Il ne fait pas d'ascensions, mais sert uniquement à transporter une réserve de gaz destinée à réparer les pertes des ballons captifs. Il a une collerette de soupape, et se termine par une manche en soie.

§ 215. **Soupape de dégonflement.** — Cette soupape (fig. 36) est formée d'un cylindre en laiton de $0^{\text{m}},30$ de diamètre, ouvert à ses deux extrémités. A la partie supérieure, un rebord plat limite la portion de soupape qui pénètre dans le ballon; ce rebord s'appuie sur la collerette de l'enveloppe. La partie inférieure du cylindre est percée de fenêtres, au-dessus desquelles règnent deux rainures annulaires embouties dans le métal. Au-dessous des fenêtres le cylindre se rétrécit à $0^{\text{m}},25$ de diamètre, et se termine par un bouchon. Entre les deux rainures débouchent quatre petits conduits, communiquant avec un

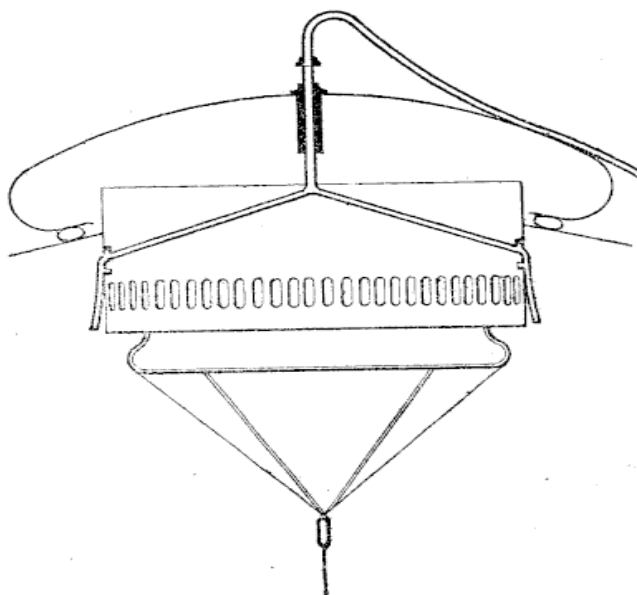


Fig. 36.

tube central fixé suivant l'axe du cylindre. Le prolongement de ce tube est fileté; il maintient un toit mobile, qu'il traverse en son milieu dans une douille ménagée à cet effet; un écrou descendant jusqu'au toit permet à celui-ci de presser, par l'intermédiaire de lames recourbées formant ressort, sur la couronne du filet reposant elle-même sur le rebord supérieur du cylindre. Au sommet du tube central se visse un col de cygne en laiton creux.

Les garnitures de la soupape comprennent : 1° deux cercles de serrage pour maintenir la partie supérieure de la soupape contre la collerette du ballon; 2° un cylindre de caoutchouc; 3° une calotte de caoutchouc; 4° un tube en caoutchouc.

Le cylindre de caoutchouc replié sur lui-même couvre la paroi percée de fenêtres, ses bords intérieur et extérieur étant respectivement ligaturés dans les rainures annulaires inférieure et supérieure précitées, et le pli débordant les fenêtres de 6 à 8^{mm}. Si on insuffle de l'air par le tube central, cet air pénètre ainsi dans le cylindre de caoutchouc, qui se gonfle en forme de tore en découvrant plus ou moins les fenêtres; l'air cessant d'arriver, le cylindre retombe obstruant de nouveau les fenêtres. — La *calotte de caoutchouc* ferme l'ouverture inférieure de la soupape dont elle coiffe le bourrelet. La face intérieure de la calotte porte six coulisses où sont engagées six bandelettes de soie de longueur égale, qui, après s'être réfléchies sur les bords, viennent se réunir librement en une même boucle au-dessous de la calotte, formant ainsi une sorte de cône dont celle-ci serait la base. A la boucle on attache une *ficelle de déclenchement* en soie n° 5. — Le *tube de caoutchouc* se visse à l'extrémité du col de cygne; il descend, en reposant extérieurement sur le ballon, jusqu'à la nacelle, où il se termine par la *poire de dégonflement* (du ballon), qui permet d'envoyer de l'air dans le cylindre en caoutchouc.

La *soupape du ballon auxiliaire* est identique à la précédente, mais plus petite. Le tube de caoutchouc se termine par une embouchure, à travers laquelle l'aéronaute insuffle l'air.

La *soupape du gazomètre* est une simple rondelle en bois de 0^m,15, dite fausse soupape; elle porte une gorge dans laquelle on ligature l'enveloppe et le filet.

Dans les ballons construits par l'industrie, la soupape de dégonflement se trouve autrement disposée que nous venons de le dire. Elle comporte d'habitude un clapet en deux morceaux demi-circulaires, tournant autour d'un axe placé suivant leur diamètre commun, et fixé sur la collerette supérieure de l'aérostat. Ces organes s'ouvrent vers l'intérieur du ballon, à l'aide d'une corde en patte d'oie qui descend jusqu'à la nacelle. Ils sont maintenus appliqués sur un siège en caoutchouc à l'aide de ressorts à boudin obliques, ayant leurs têtes fixées à un stylet vertical, qui est implanté perpendiculairement à l'axe de rotation. Mais ce système est bien inférieur au précédent, dû à M. Renard, et qui permet seul des ouvertures graduées et connues de la soupape, et assure, pour l'atterrissage, un échappement du gaz complet et rapide.

Dans les grands aérostats bien soignés que fabrique le com-

merce, la soupape de dégonflement consiste, depuis Giffard, en un disque métallique circulaire, dont les bords sont redressés. Elle a ainsi la forme d'une sorte de plateau à liqueurs dont les bords cylindriques auraient 7 ou 8^{cm} de hauteur et le fond un diamètre de 55^{cm}. Un ressort à boudin supporte le disque métallique, et le maintient fortement appuyé contre une couronne de caoutchouc placée au-dessus. Les bords redressés du disque, en s'incrutant dans le caoutchouc, rendent la fermeture parfaite. La corde, qui met la soupape en communication avec la nacelle, est fixée au disque même. Tout ce mécanisme est adapté au centre d'un châssis circulaire en étoffe très épaisse, qui est elle-même solidement reliée à l'enveloppe du ballon. L'enveloppe du ballon et l'étoffe du châssis viennent se croiser l'une sur l'autre; deux cercles métalliques, l'un en dessus, l'autre en dessous, solidement reliés ensemble par des boulons, pincement les deux étoffes, et les font fortement adhérer l'une à l'autre. Enfin, une tente en étoffe, maintenue par une légère charpente en bois au-dessus de la soupape, met celle-ci à l'abri des intempéries de l'air.

§ 216. **Manœuvre de la soupape de dégonflement.** — Il y a une *ficelle de déclenchement*, qui est en soie. Fixée par une boucle à la calotte en caoutchouc de la soupape de dégonflement, elle descend dans l'intérieur du ballon, et en sort à travers le bouchon du trou d'appendice. La partie comprise dans le ballon est limitée par une tête-de-turc, qui repose sur ce bouchon; elle est notablement plus longue que le diamètre du ballon : cet excédant de ficelle repose sur le filet d'appendice, qui l'empêche ainsi de s'engager dans la manche.

Quand on voudra agir sur la soupape, il faudra donc tirer assez fortement pour enlever le bouchon, puis attirer à soi tout l'excédant de ficelle. On se précautionne ainsi contre les accidents. L'extrémité inférieure de la ficelle porte une boucle, où vient s'assembler également par une boucle une rallonge qui descend jusqu'à la nacelle.

Le ballon-gazomètre n'a pas de ficelle de déclenchement. Pour dégonfler, on dénoue la ligature qui fixe la fausse soupape.

§ 217. **Pendentif ou appendice.** — Cet organe comprend un corps (fig. 37), qui est une pièce en zinc de forme cylindrique, ayant 0^m,45 de diamètre. La collerette inférieure du ballon vient s'appliquer contre la surface extérieure du cylindre, et y est

maintenue par un cercle de serrage, auquel sont fixés six ressorts en caoutchouc.

Le corps d'appendice est percé d'un orifice central de 0^m,30 aux rebords saillants en haut et en bas. On y introduit une *manche*

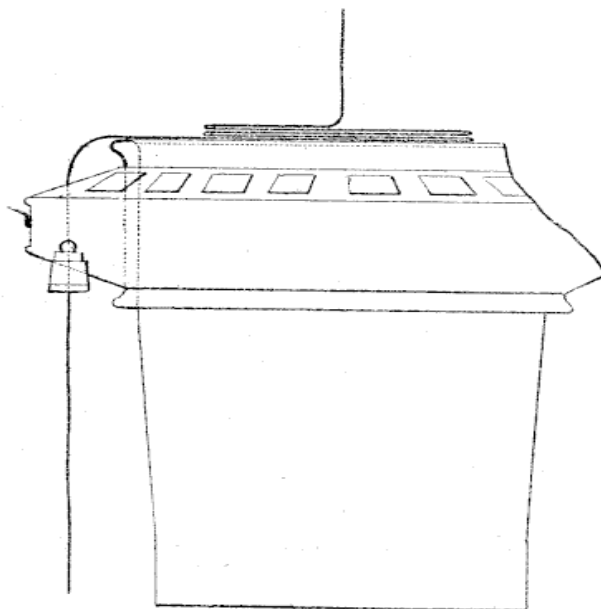


Fig. 37.

en soie vernie cousue à plat, dont une extrémité est repliée et ligaturée sur le rebord supérieur dudit orifice, en même temps qu'un petit fillet en coton. Le rebord inférieur sert à fixer, la manche étant roulée et rentrée dans le ballon, une calotte en soie que l'on place la nuit et toutes les fois que la température se refroidit.

La *manche d'appendice* sert à gonfler le ballon ; elle joue ensuite le rôle de soupape de sûreté. Quand, sous l'effet de la chaleur ou de l'altitude, le gaz se dilate,

elle s'ouvre et le laisse échapper. Quand, au contraire, le gaz se contractant, l'air extérieur tend à rentrer dans le ballon, cet air applique l'un sur l'autre les deux bords de la manche et ferme le passage. La manche d'appendice sert encore, *ipso facto*, à rejeter loin de l'aéronaute le gaz qui s'échappe naturellement pendant les montées.

Outre le grand orifice central, le corps d'appendice est percé, vers sa circonférence extérieure, d'un petit trou fermé par un bouchon, dans lequel passe la ficelle de déclenchement (§ 216).

L'*appendice* du ballon auxiliaire ne diffère du précédent que par les dimensions.

Le gazomètre n'a pour appendice qu'une simple manche qui fait corps avec lui. On peut la nouer quand le volume de gaz a sensiblement diminué.

Ainsi que nous l'avons annoncé aux § 200 et 207, on fait souvent usage, depuis Giffard, d'une soupape de retenue placée au haut du pendentif. La soupape est alors installée dans le genre de la soupape de dégonflement de Giffard (§ 215) ; mais elle com-

porte un ressort à boudin bien plus sensible. Il faut, en effet, que le disque puisse s'abaisser sous l'effort d'une très légère pression de gaz en excès. Ce disque est plus grand que celui du sommet du ballon, et livre, au besoin, passage à des masses considérables de gaz. L'étoffe formant le châssis de cette soupape inférieure est munie de quatre orifices : le premier laisse passer, à frottement doux, la corde de la soupape de dégonflement ; le second n'est ouvert que pour recevoir le tuyau de gonflement qui amène le gaz ; le troisième est fermé par une vitre qui permet d'examiner l'intérieur de l'aérostat ; le quatrième donne passage au tube d'un manomètre indiquant la pression du gaz enfermé dans l'enveloppe.

§ 218. **Filet, cordes équatoriales et rallonges.** — Les divers cordages dont on se sert dans l'aérostation militaire, sont classés en ficelles, cordeaux et cordes, pièces qui sont elles-mêmes distinguées en numéros, selon leurs diamètres respectifs. Il existe aussi un numérotage pour les différentes espèces de cabillots dont on fait usage.

Le *filet* est tout en coton (ficelles n° 4 et n° 5), et formé à toute hauteur de 144 mailles, dont les dimensions varient naturellement avec les rayons des parallèles de la sphère qu'il enveloppe. Cette constance du nombre des mailles permet de conserver la même ficelle, ce qui ne pourrait avoir lieu avec le procédé des augmentations et des diminutions dudit nombre.

A une certaine distance de la soupape de dégonflement, la dimension des mailles devenant trop faible, le filet se termine par une rangée de mailles longues formant l'*étoile*, et rattachées à un cercle en laiton d'un diamètre un peu supérieur à celui de la soupape.

A la partie inférieure, le réseau des mailles s'arrête encore plus loin de l'appendice. Il faut, en effet, que le filet soit ouvert afin de pouvoir être passé sur l'enveloppe du ballon avant le gonflement. Il faut, en outre, que cette partie inférieure du filet soit déformable, comme le devient le ballon lui-même lorsqu'il a perdu une partie de son gaz. Enfin, il y a intérêt à diminuer, pour l'opération de l'arrimage du ballon, le nombre des points d'attache.

Toutes ces conditions sont satisfaites par la substitution d'un dispositif particulier qui porte le nom de *pattes-d'oie*. Il consiste (fig. 38) dans la réunion en un seul nœud de quatre brins au lieu de deux, savoir : les deux brins venant d'un même nœud de la

rangée précédente, et les deux autres venant respectivement des deux nœuds voisins. On voit que l'emploi de ce dispositif réduira de 144 à 72 le nombre des nœuds; que les efforts exercés sur ces

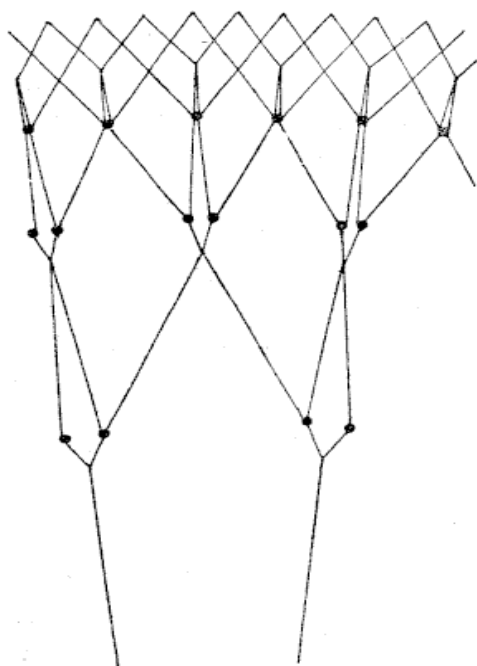


Fig. 38.

72 nœuds seront également répartis sur les 144 du rang supérieur; que les nouveaux brins dont le nombre est réduit devront être plus résistants. Les trois derniers rangs de mailles et le premier des pattes-d'oie, sont en ficelle n° 5. La seconde rangée de pattes-d'oie est faite avec du cordeau n° 1; elle réduit à 36 le nombre des nœuds; une troisième rangée en cordeau n° 3 réduit ce nombre à 18. Le filet s'arrête là; il se termine par 18 rallonges en cordeau n° 4, munies de cosses doubles et de cosses simples, qui permettent d'en faire varier la longueur, et portant chacune à leur extrémité libre une boucle (1).

Les mailles en pattes-d'oie sont très allongées, pour assurer à la fois leur déformation et l'égale tension des brins. Les nœuds

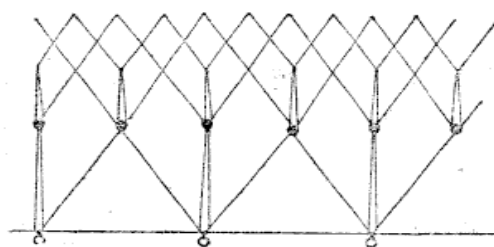


Fig. 39.

des deux dernières rangées sont remplacés par un système de deux cosses. Au rang inférieur, les deux brins extérieurs de ces deux cosses sont en chanvre (cordeau n° 4), avant de se réunir en un brin unique, la *rallonge* (fig. 39); c'est à cette partie en chanvre, la seule

du filet, qu'on accroche les sacs de lest qui maintiennent le ballon au repos.

Pour attacher au filet les cordages qui permettent aux aérostiers de manœuvrer le ballon, il a fallu employer un dispositif qui

(1) La partie extrême de la rallonge a 0^m,50; elle porte à un bout la boucle, et à l'autre la cosse simple. La partie variable de la rallonge est fixée au chanvre, et se termine par la cosse double; sa longueur est de 2^m,50.

fit travailler également toutes les parties du filet, sans augmenter outre mesure le nombre de ces cordages. On s'est servi pour cela d'une double rangée de pattes-d'oie, qui réduit de 144 à 36 le nombre des nœuds ou des points d'attache. Cet ensemble porte le nom de *pattes-d'oie équatoriales*. Elles partent, comme un second filet extérieur, de la ligne de nœuds qui marquent l'équateur du ballon. La première rangée de ces pattes-d'oie est en ficelle n° 5 ; la seconde en cordeau n° 1. La réunion des brins par quatre forme trente-six boucles d'attache pour les cordages à mettre entre les mains des aérostiers. Afin d'éviter des actions trop divergentes, ces trente-six boucles sont réunies par un cordeau n° 2 sur une circonférence de même rayon que l'équateur.

Les *cordes équatoriales* sont en cordeau n° 3, et ont 9^m,50 de longueur ; elles portent une boucle à chaque extrémité, l'une pour les fixer, par un nœud droit, aux boucles des pattes-d'oie, l'autre pour les assembler avec les *rallonges*. Celles-ci, également en cordeau n° 3, ont 6^m de longueur, et portent à une extrémité un cabillot n° 3 pour l'assemblage avec la corde équatoriale, et se terminent à l'autre bout par une tête-de-turc. Les cordes équatoriales et leurs rallonges sont en coton : elles sont garnies, les premières à la partie inférieure sur 4^m, les secondes sur toute leur longueur, de cabillots 8 *bis* espacés de 0^m,40, et destinés à faciliter et à régulariser les manœuvres, en fournissant des points d'arrêt et d'appui aux mains des aérostiers.

Le *filet du ballon auxiliaire* présente des dispositions analogues : il n'a que quatre-vingt-seize mailles, et, à la partie inférieure, douze rallonges après trois rangées de pattes-d'oie sans cosses. Les cordes équatoriales sont au nombre de vingt-quatre seulement ; elles sont lisses, et n'ont pas de rallonges.

Le filet du ballon-gazomètre est formé de 72 mailles, que trois rangées de pattes-d'oie réduisent dans le bas à neuf rallonges. Du côté de la fausse soupape, une disposition analogue réduit les mailles à 13 mailles longues, dans lesquelles on passe la ficelle que l'on lie dans la gorge de ladite soupape.

§ 219. **Cône de suspension.** — C'est la réunion de 18 cordes en coton portant à un bout un cabillot, et se réunissant tous à l'autre extrémité en une même boucle. Le cône de suspension sert à fermer le filet, en y fixant les 18 rallonges de celui-ci. La boucle permet aussi le transport du ballon sans nacelle.

§ 220. **Suspension pour le câble et pour la nacelle.**

— La *suspension* (fig. 40) est un ensemble de cordages et de parties métalliques par l'intermédiaire desquels le filet est réuni, soit au câble, soit à la nacelle. La commodité des aéronautes exige que la nacelle soit autant que possible indépendante du câble, et que, soustraite aux mouvements de rotation, elle soit constamment ramenée à la verticale. Ce résultat est obtenu par les dispositions suivantes qui réalisent le mode de suspension dit « à la Cardan. »

Les 18 rallonges du filet se réunissent sur un cercle de suspension en laiton de 0^m,60 de diamètre, qui porte à cet effet 18 cabillots. Du même cercle partent 18 cordaux n° 4, dont ces cabillots sont pour ainsi dire les extrémités, et qui sont la continuation des 18 rallonges du *filet*. Les 18 cordaux viennent s'assembler sur une barette en laiton creux d'une largeur égale au diamètre du cercle, et formant ainsi un conoïde. Cette disposition fait obstacle au mouvement de rotation, et fournit un premier axe de suspension. De la barette, les cordaux se divisent en deux groupes de 9, appelés les deux *pinceaux*. Dans chaque pinceau plan, les 9 cordaux, dont les points de départ occupent toute la longueur de la barette, se réunissent à leur extrémité inférieure en une

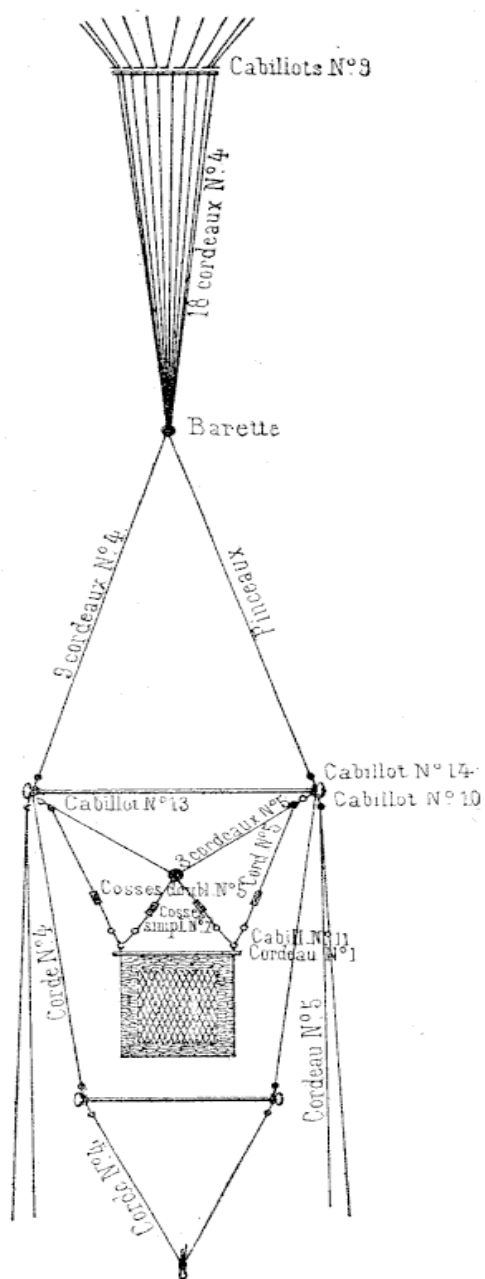


Fig. 40.

même boucle ; le nombre des points d'attache, qui était primiti-

vement de dix-huit, se trouve ainsi réduit à deux. L'ensemble du conoïde et des pinceaux s'appelle la *suspension supérieure*. Les deux boucles des pinceaux se fixent à deux cabillots n° 14, placés à chaque extrémité d'une barre en laiton creux de 2^m,30 de longueur. C'est la barre supérieure; elle fournit le second axe de suspension, perpendiculaire au premier. Des extrémités de cette barre supérieure partent les deux cordes du trapèze (cordeau n° 4), de 3^m de longueur, qui aboutissent aux extrémités de la barre inférieure, également en laiton creux, et de 1^m,55 de longueur; ces cordes se prolongent ensuite de 2^m,50, en formant un triangle par leur réunion en un même point. C'est à ce point que se trouve la boucle d'attache du câble.

Le trapèze et le triangle ne forment qu'une même pièce, qui conserve le nom de *trapèze*.

Tous les cordages de la *suspension* sont en coton. Des 18 cabillots n° 9 du cercle de suspension, 6, de trois en trois, reçoivent, outre la rallonge correspondante du filet, les boucles en ficelle qui terminent les 6 ressorts en caoutchouc de l'appendice. Ces 6 ressorts ont pour but de maintenir dans de certaines limites les positions relatives de l'appendice et du cercle de suspension.

La nacelle est suspendue dans l'intérieur du trapèze, ses grands côtés perpendiculaires au plan de celui-ci. La suspension de la nacelle est un ensemble de cordeaux en coton n° 5, disposés symétriquement par rapport au plan vertical qui contient le grand axe de la nacelle; il suffit d'en décrire la moitié.

Si l'on suppose le trapèze occupant dans l'espace sa position normale, on remarque (fig. 40) à chaque extrémité de la barre supérieure 4 cabillots : un au-dessus n° 14 pour l'attache du pinceau; trois au-dessous, savoir : deux à l'extérieur n° 10, dont il sera question plus loin; un à l'intérieur n° 13, qui sert à la suspension de la nacelle.

A ce dernier cabillot vient se fixer une boucle, de laquelle partent, d'une part, un cordage, appelé *corde supérieure*, et formé de trois cordeaux n° 5 tordus ensemble, et, d'autre part, trois cordeaux extérieurs. La corde supérieure se réunit au nœud central placé dans le plan de symétrie du système. De ce nœud partent également trois cordeaux intérieurs, qui vont se réunir chacun au cordeau extérieur correspondant. Au point de réunion de deux cor-

deux se trouve une boucle d'attache de la nacelle. Les deux boucles extrêmes sont simples ; elles se fixent à des cabillots placés aux deux angles du bord supérieur de la nacelle. La boucle intermédiaire est double, et se fixe de part et d'autre d'un troisième cabillot placé au milieu du grand côté de cette bordure.

La suspension de la nacelle comprend donc en tout : deux cordes supérieures, six cordeaux extérieurs, six cordeaux intérieurs, un nœud central, deux boucles d'attache avec la barre supérieure, six boucles d'attache de la nacelle, dont deux sont doubles. Les douze cordeaux sont munis de cosses de réglage, c'est-à-dire d'une cosse simple et d'une cosse double (1).

Les quatre cabillots n° 10 placés au-dessous de la barre supérieure et à l'extérieur du trapèze, reçoivent quatre cordes de manœuvre (cordeau n° 5) de 14^m de longueur, et garnies de têtes-de-turc de distance en distance. Une boucle placée à peu près à hauteur de la barre inférieure du trapèze permet l'amarrage du ballon tout équipé à quatre piquets.

Les dix-huit rallonges du filet se réunissent sur un cercle de suspension, qui porte dix-huit cabillots. De ce même cercle partent douze cordeaux, savoir : six formant les cordeaux extérieurs, et six se rendant à un nœud central, d'où ils divergent ensuite pour former les cordeaux intérieurs. Ces derniers se réunissent respectivement aux six autres ; aux points de réunion se trouvent placées six boucles d'attache de la nacelle, dont deux sont doubles. Tous les cordeaux ont des cosses de réglage.

La suspension de la nacelle du ballon auxiliaire est analogue à la suspension libre qui vient d'être décrite.

§ 221. **Structure de la nacelle. Ancre et frein de rupture.** — La nacelle est un parallépipède rectangle ayant 1^m,20 de longueur, 0^m,80 de largeur et 0^m,95 de hauteur. Le fond est formé d'un cadre en barres de châtaignier et d'un treillis d'osier ; les parois sont en vannerie d'osier et de rotin. Un cadre métallique, constitué par un tube en laiton creux, forme le bord supérieur de la nacelle. La charpente de celle-ci consiste en trois cordes doubles en chanvre n° 1, noyées dans la vannerie : dans

(1) Les cordeaux sont en deux parties : la partie du côté de la boucle a 0^m,40, et porte la cosse simple ; la partie variable porte la cosse double, et a 1^m,63 et 0^m,90 pour les cordeaux extrêmes, et 1^m,30 et 0^m,70 pour les cordeaux intermédiaires.

le fond ces cordes suivent les diagonales et le petit axe du rectangle; elles se redressent sur les parois suivant les arêtes et les milieux des grands côtés. Elles se terminent au-dessus des bords par six cabillots n° 11, auxquels se fixent les boucles de la suspension. L'intérieur est garni d'étoffe. On y trouve sur les petits côtés deux sièges en osier à charnière, et sur les grands côtés deux portefeuilles. Dans chaque angle une soute en osier renferme divers engins, dont il sera question plus loin.

La nacelle du ballon auxiliaire diffère de la précédente par ses dimensions, qui sont respectivement 0^m,30, 1^m,60 et 0^m,80. Elle n'a qu'un siège sur un des petits côtés, et, en face, un portefeuille. Elle n'a pas de soute.

Ancre. — L'ancre du ballon captif est une ancre-chaîne formée de dix éléments articulés l'un avec l'autre, et dont la longueur varie de 23 à 40^{cm}. Chaque élément se compose de deux petites ancres en fer réunies par un jas commun, lequel traverse aussi les deux encolures de l'élément suivant. Le dernier élément, le plus petit, porte en son milieu un organeau dans lequel est passé un bout de corde n° 2, terminé par un cabillot n° 12.

Pour replier cette ancre, les éléments étant numérotés de un à dix en commençant par le plus grand, on ramène la deuxième maille sur la première en attirant toutes les autres en même temps, de manière à superposer à la fois la deuxième et la troisième à la première. Il suffit pour cela de saisir avec la main gauche, qui reste immobile, le milieu de la première traverse, et de saisir avec la main droite le milieu de la troisième, qu'on vient appliquer sur la première. On ramène de même la quatrième et la cinquième maille sur la troisième, etc.

L'ancre repliée est ficelée avec un cordeau n° 1 passé dans l'anneau de l'organeau. Pour étendre l'ancre, un homme saisit le cabillot, un autre la dernière traverse; et ils s'éloignent l'un de l'autre.

L'ancre du ballon auxiliaire est du même système; la longueur des éléments y varie de 21 à 7 1/2 centimètres. Le bout de corde et le cabillot qui la terminent sont respectivement des n°s 1 et 11.

Les ancres-chaînes mordent plus sûrement sur le sol; en outre les différentes mailles ne touchant celui-ci que l'une après l'autre, le ballon ne se déleste que peu à peu; et on évite ainsi les secousses de l'arrêt.

La corde d'ancre du ballon type est en coton et du n° 2 ; elle a 70^m de long, et doit être lovée sur un diamètre de 0^m,50 ; elle se termine, d'un côté, par un cabillot n° 12, et de l'autre (côté de l'ancre) par une boucle d'attache. A une certaine distance de cette boucle, se trouve fixé, par un bout de corde épissée sur la corde d'ancre, un cabillot n° 10 ; il est destiné à recevoir l'une des extrémités du frein de rupture.

La corde d'ancre du ballon auxiliaire est en coton, et disposée comme la précédente. Elle est du n° 1, a 50^m de long, et doit être lovée sur un diamètre de 0^m,30. Le cabillot extrême est du n° 11, celui du frein du n° 9.

Frein de rupture. — Le frein de rupture est la réunion de cinq cordeaux en coton de longueur et de diamètre différents, le plus faible étant le plus court, et le plus fort étant moins long que la distance qui sépare la boucle d'attache et le cabillot rapporté sur la corde d'ancre. Les extrémités des quatre cordeaux les plus faibles sont épissées près des extrémités du plus fort, qui se termine lui-même par deux boucles. Les cinq cordeaux repliés sur eux-mêmes sont enveloppés dans un même saucisson d'étoffe, d'où émergent les deux boucles ; celles-ci s'attachent, d'une part, au cabillot de l'ancre en même temps que la boucle de la corde d'ancre, et, d'autre part, au cabillot rapporté sur celle-ci.

Lorsque l'ancre mordra, la traction s'exercera d'abord sur le plus faible brin, qui s'allongera et cassera, puis sur le second et ainsi de suite ; la secousse se trouvera donc en partie amortie lorsque la corde d'ancre aura à porter à son tour.

Le frein de rupture du ballon auxiliaire est constitué comme le précédent ; seulement on y a diminué la force des cordages.

§ 222. **Manomètre. Signaux. Téléphone.** — Le tube en caoutchouc, fixé au col de cygne de la soupape de dégonflement, est prolongé par un raccord identique qui descend jusqu'à la nacelle, où il se visse à l'une des branches d'une quadruple tubulure. Une autre branche de celle-ci reçoit une poire en caoutchouc, qui chasse l'air dans le tuyau sous la pression de la main. C'est la poire de dégonflement (§ 215). La troisième tubulure reçoit un bout de tuyau qui la réunit à un manomètre ; ce dernier indique la pression de l'air envoyé dans le cylindre en caoutchouc de la soupape. Enfin, la quatrième tubulure porte un bouchon en bronze

fileté et percé de trous. En desserrant le bouchon de trois tours, les trous mettent la quadruple tubulure en communication avec l'atmosphère; en agissant sur la poire on n'enverra donc pas d'air dans la soupape. Si on visse au contraire le bouchon à fond, l'obturation est complète; et l'air chassé par la poire gonfle ledit cylindre de la soupape, en même temps qu'il actionne l'aiguille du manomètre.

Le ballon auxiliaire n'a aucun de ces organes.

Le drapeau rouge emmanché est un signal par lequel on invite l'éroneute à parler dans le téléphone. Pour cela, on l'étend à terre près de la tente marquise dressée à quelque distance de la voiture-treuil.

Deux des soutes de la nacelle placées en diagonales, contiennent chacune une flamme rouge retenue par une ficelle. Si l'aéronaute en laisse pendre une seule, il demande à *monter*; s'il les fait flotter l'une et l'autre, il demande à *descendre*; en les retirant toutes les deux, il demande à *stopper*.

Le long des cordes du triangle, du trapèze et des cordeaux de la suspension de la nacelle, est enroulée une gaine de soie verte, enveloppant deux fils téléphoniques isolés. Aux extrémités de la gaine, ces deux fils se séparent; chacun d'eux traverse à ses deux bouts une petite pièce d'ébonite, et il se termine, du côté de la nacelle, par un pas de vis avec ressort et écrou de serrage, et, du côté de la boucle d'attache du câble, par un crochet. Les deux fils de chaque téléphone, d'abord réunis dans une même gaine, se séparent de la même façon, et se terminent chacun par un crochet. Les crochets de la gaine enroulée à la suspension sont réunis, au-dessous du cabillot d'attache, aux écrous qui terminent les fils contenus dans le câble. Les écrous de cette même gaine reçoivent les crochets de deux téléphones, placés dans la nacelle à la portée de l'aéronaute. L'emploi d'une paire de téléphones favorise l'audition, et permet d'ailleurs de parler tout en conservant l'un deux à l'oreille.

§ 223. **Câble d'ascension ou de retenue.** — Le câble porté par le treuil est en chanvre de 13^{mm}; il a 500^m de long, et se termine par un cabillot n° 14. Dans l'intérieur circulent deux fils téléphoniques isolés l'un de l'autre. Nous venons de voir que ces fils sortent au-dessous du cabillot, et se terminent par

des écrous de serrage. Ce dispositif est protégé par une manchette de cuir fixée au câble. Sur le tambour-magasin, l'un des fils est relié au tourillon, et l'autre à une bande circulaire en laiton concentrique. Cette bande en tournant est constamment en contact avec une borne fixe. Le tourillon, de son côté, est en contact avec une autre borne. De ces deux bornes partent deux fils isolés, qui, enroulés autour du bâtis portant le tambour, viennent aboutir à deux gaines en bronze isolées, placées à droite de la voiture sur le long côté du châssis. Dans ces gaines, on engage les ressorts qui forment l'extrémité des deux fils du petit câble téléphonique porté par la voiture-treuil. L'autre extrémité de ce câble de terre reçoit une seconde paire de téléphones à la disposition du poste de terre.

Le câble de rechange est identique au câble de service. Il est lové sur 0^m,50 de diamètre et 0^m,85 de hauteur. Ces deux câbles portent des morceaux d'étoffe rouge tous les 100^m, et des bleus tous les 50^m.

Le câble du ballon auxiliaire est une corde n° 1 en coton, et se termine par un cabillot n° 11 ; il a 200^m de longueur, sans aucun repaire ; il est lové sur 0^m,50 de diamètre.

Le câble du ballon gazomètre est un cordeau en coton n° 4 de 50^m de long, enroulé en forme de pelotte, et terminé par un cabillot n° 9.

§ 224. **Accessoires divers. Bâches.** — La voiture d'agrès renferme des *bâches* de trois espèces, toutes en toile hystasape verte :

1° Une bâche de gonflement de 11^m de côté, avec trou central de 0^m,40 environ ;

2° Quatre bâches enveloppes de ballons ;

3° Deux bâches de nacelle, fixées sur celle-ci à l'aide d'un cordeau n° 1 en chanvre formant lacet.

Le mécanisme du treuil est protégé également par une bâche en toile noire caoutchoutée.

Tirandes. — Accessoires employés pour les manœuvres à bras. Chaque tirande est formée par la réunion de trois liens en corde de coton n° 5 ; elle porte une boucle pour la fixer à l'une des extrémités de la corde de chanvre repliée en deux.

Les tirandes du ballon auxiliaire n'ont que deux brides ; elles sont aussi en coton.

Cabillot à boucle. — C'est un cabillot n° 14 dans la gorge duquel est fixée une corde n° 2, formant une large boucle épissée. Il est d'un emploi très commode pour les manœuvres rapides, en permettant de substituer, dans les attaches, un cabillot à une boucle raidie, et de réunir en un même point plusieurs cabillots qui trouveraient difficilement place dans la même boucle. Une ficelle en coton fixe offre un moyen de consolider ces assemblages.

Cosse garnie. — Cosse n° 11, portée par une corde n° 2 en chanvre, dont les deux brins rapprochés et solidement réunis par un transfil se séparent ensuite, et sont libres.

Poulie ouvrante. — Elle est aussi portée par une corde n° 2 en chanvre présentant la même disposition. L'un des côtés de la chaîne de la poulie est mobile autour d'une charnière. Un verrou à ressort le maintient fermé.

§ 225. **Voiture-Treuil.** — Les organes que l'on trouve de l'arrière à l'avant; sont : la chaudière avec son marchepied et son siège pour le chauffeur; la bûche à eau contenant 60^{lit} environ; la poulie d'orientation; le mécanisme du treuil, au-dessus duquel se trouve le tambour-magasin du câble; le coffre d'avant-train. A droite et à gauche de la voiture, contre la poulie d'orientation et le coffre, sont fixées extérieurement aux fers à T qui forment les grands côtés du châssis, deux machines à vapeur identiques à effet combiné qui actionnent le treuil.

La chaudière a la forme d'un cylindre vertical; elle est en tôle d'acier, et recouverte de douves en sapin. A l'intérieur l'eau circule, et s'échauffe dans une série de tubes entourés par la flamme et les gaz du foyer placé à la partie inférieure. La fumée et les gaz s'échappent par une cheminée mobile qu'on peut orienter, et qui est munie d'un grillage. A la partie supérieure de la chaudière, il y a un orifice fermé par un bouchon fileté, qui permet de la remplir avant la mise du feu; un robinet de vidange est placé à la partie inférieure, à droite. L'alimentation est assurée pendant la marche, soit par une petite pompe alimentaire, soit par un injecteur; ces deux appareils sont placés à droite, le premier en haut, le second en bas; les tuyaux d'aspiration sont distincts; le tuyau de refoulement et le tuyau de prise de vapeur sont communs; des robinets à manette convenablement placés permettent d'utiliser l'un ou l'autre organe; le tuyau d'échappement de la petite pompe

débouche directement dans la cheminée. La vapeur sort de la chaudière par une double tubulure fixée en avant, à droite. Une des branches se prolonge par un tube qui se rend aux cylindres; l'autre branche, fermée par un robinet, est filetée, et permet, par l'adjonction d'un tuyau en caoutchouc, d'actionner la pompe portée par la voiture à hydrogène. De la partie du dôme située en arrière de la cheminée partent : un tuyau avec souffleur, le tuyau de vapeur de la petite pompe alimentaire et de l'injecteur, un troisième tuyau qui conduit la vapeur à un manomètre. Au même point sont placées deux soupapes de sûreté; elles se trouvent maintenues fermées par des leviers, à l'extrémité desquels agissent des ressorts à boudin verticaux, contenus dans des tubes en laiton et fixés de part et d'autre du manomètre. En arrière, sur le côté gauche, se voit l'indicateur de niveau.

La *poulie d'orientation* se compose d'un bâtis mobile autour d'un axe horizontal situé dans le plan d'axe longitudinal de la voiture, qui, au repos, renferme tout le système. La partie inférieure est un contre-poids qui équilibre la partie supérieure. Celle-ci est formée de deux tiges en fer creux, portant à leur extrémité la chape commune de deux poulies en laiton, entre lesquelles passe le brin libre du câble qui descend ensuite verticalement. Une troisième poulie en laiton est placée au-dessus du contrepoids, tangente à la fois à cette verticale et à l'axe autour duquel peut tourner le bâtis. Cet axe est un tube creux. Le câble s'y engage après avoir suivi la gorge de la troisième poulie. Avant de passer sur le treuil il s'appuie, à hauteur de la tête des cylindres, sur une quatrième poulie en laiton, dite *poulie de renvoi*, montée sur un arbre indépendant du système, et dont la gorge est tangente à l'axe prolongé de la poulie d'orientation.

Les machines à vapeur communiquent avec la chaudière par le tube de prise de vapeur, lequel aboutit à une boîte située dans le plan d'axe de la voiture. Là se trouve un robinet à vis manœuvré, par l'intermédiaire d'une tige, au moyen d'un volant manivelle en laiton, placé sur le côté gauche de la voiture. De la boîte partent deux tubes symétriques qui desservent les deux machines à vapeur. Les volants des deux machines sont montés sur le même arbre; c'est l'arbre moteur du treuil.

§ 226. **Mécanisme du treuil.** — L'arbre moteur porte,

outre les volants et les excentriques, un petit pignon à gauche, et un plus grand à droite. Ce dernier engrène en arrière avec un pignon, ayant plus de dents et monté sur un arbre intermédiaire, qui tourne par suite un peu moins vite que l'arbre moteur. Un autre arbre ayant le même axe que l'arbre intermédiaire porte un tambour renfermant un frein système Mégy; on peut le serrer ou le desserrer à volonté au moyen d'un levier, mis en mouvement par une vis que fait tourner un volant manivelle placé sur le côté gauche de la voiture. Quand le frein est serré, l'arbre du frein et l'arbre intermédiaire sont solidaires; ils sont indépendants dans le cas contraire. L'arbre du frein porte un petit pignon qui engrène, en avant et en arrière, avec deux pignons égaux mais ayant beaucoup plus de dents que lui. Les arbres sur lesquels sont montés ces pignons tournent dans le même sens avec la même vitesse, vitesse inférieure à celle de l'arbre intermédiaire et, à plus forte raison, à celle de l'arbre moteur. Ils portent deux tambours garnis chacun de quatre gorges en laiton. L'ensemble de ces tambours constitue le treuil; le câble y fait successivement un demi-tour sur chacune des gorges du tambour antérieur et du tambour postérieur. L'arbre antérieur du treuil porte, en outre, vers son extrémité gauche un rochet, sur les dents duquel vient s'appuyer un cliquet; une goupille engagée dans la tige du cliquet permet de le maintenir levé, quand on ne veut pas s'opposer au mouvement du treuil.

Le tambour-magasin, mobile autour d'un axe parallèle au treuil, est supporté, au-dessus du mécanisme, par un système de tiges et de barres. Sur le même axe, mais indépendamment du tambour et à sa gauche, est montée une roue dentée mise en mouvement par le petit pignon de l'arbre moteur au moyen d'une chaîne de Gall. La roue entraîne un cône de friction, qu'on peut, à l'aide d'une manivelle à quatre branches, serrer contre le tambour, de manière à l'entraîner dans le mouvement de la roue.

§ 227. **Voiture-fourgon** (Poids 700^{kg}; approvisionnement 2.250^{kg}). — A l'arrière est une caisse de tôle découverte pouvant contenir environ 1^{m.cub.} de charbon; une petite porte à l'arrière facilite le déchargement. En avant de la caisse est une bache à eau de 300 litres, avec couvercle et robinet de vidange; puis vient le coffre d'avant-train.

Deux banquettes mobiles, placées sur la caisse à charbon, permettent d'utiliser cette voiture pour le transport de quelques hommes.

§ 228. **Voiture d'agrès** (Poids 2.100^{kg}). — Elle se compose d'un coffre d'avant-train et d'une grande caisse; celle-ci est partagée en deux parties par une cloison verticale perpendiculaire au grand axe de la voiture.

La partie antérieure comprend l'armoire antérieure qui s'ouvre par l'avant, au-dessus du coffre, et l'armoire latérale située au-dessous de la précédente, et dont l'ouverture est sur la face gauche de la voiture.

La partie postérieure, la plus considérable, s'ouvre par l'arrière, et est elle-même divisée en deux compartiments : compartiment supérieur d'arrière, et compartiment inférieur d'arrière; ces compartiments sont séparés par un plancher horizontal mobile à lames indépendantes et jointives, parallèles aux essieux.

§ 229. **Pompe de la voiture à hydrogène.** — Le fonctionnement est produit par l'action directe de la vapeur sur le tiroir. Le tiroir est mû par deux pistons solidaires l'un de l'autre, sur les quatre faces desquels la pression de la vapeur est appliquée pendant tout le temps que le piston de la pompe se déplace dans un sens ou dans l'autre. Lorsque celui-ci arrive à chaque extrémité de sa course, il ouvre un clapet qui met en communication avec l'extérieur l'une des deux faces extérieures des deux pistons du tiroir; l'équilibre des pressions sur ces pistons étant rompu, ils se déplacent rapidement en entraînant la coquille du tiroir, et le changement de distribution est effectué. Il est absolument essentiel, pour que le fonctionnement se produise, qu'il n'y ait aucune fuite de vapeur dans la capacité comprise entre la face extérieure de chaque piston du tiroir et le clapet qui la met en communication avec l'extérieur. L'équilibre, en effet, ne peut avoir lieu et le tiroir reste toujours d'un même côté.

En général, on devra fonctionner avec deux atmosphères à la chaudière, et ne jamais dépasser trois.

La boîte à étoupe du cylindre à vapeur est semblable à celle des cylindres de la machine du treuil. Le presse-étoupe de la pompe est garni avec du chanvre suiffé.

L'appareil à fabriquer l'hydrogène est de même espèce que celui employé par M. Yon, et que nous décrirons plus tard.

§ 230. **Tubes à hydrogène anglais; et système allemand pour production de l'hydrogène sur place.** —

— Les Anglais, au lieu de faire accompagner leurs ballons captifs d'un appareil pour fabriquer l'hydrogène, leur adjoignent d'ordinaire des tubes pleins d'hydrogène condensé. Voici les documents qui concernent ces tubes :

Longueur d'un tube	2 ^m ,400	
Diamètre.	0 ^m ,130	
Epaisseur	0 ^m ,005 à 0 ^m ,006	
Pression d'emploi	125 ^{atm}	
Poids du tube	28 ^{kg}	
Rupture moyenne aux essais de réception. . . .	4.500 livres anglaises	
Limite d'élasticité	3.000	—
Pression en temps de paix.	1.500	—
ou 1/2 de l'élasticité et 1/3 de la rupture.		
Pression en temps de guerre.	1.800	—
Limite maximum.	1.900	—
ou environ 2/3 de l'élasticité et 1/2 de la rupture.		

On laisse, pour l'augmentation de chaleur et pour l'erreur de pression qui en résulte une marge de $\frac{1}{10}$.

Le prix du tube plein est de.	200 ^f
Id. vide.	170 ^f

De son côté, la section aérostatique allemande a adopté un nouveau système de gonflement, au moyen duquel la production du gaz se fait au point où l'ascension doit avoir lieu. L'appareil peut être transporté par un attelage de six chevaux dans tout lieu accessible à un canon de campagne.

Il consiste en 300 cornues chauffées par un poêle, et reliées au ballon à l'aide de tuyaux. L'hydrogène est obtenu par l'action du zinc sur l'hydrate de chaux.

L'opération du gonflement demande deux heures; ce procédé est, dit-on, plus prompt, plus économique et moins dangereux que tous ceux employés jusqu'ici.

OPÉRATIONS AVANT ET APRÈS L'ASCENSION

§ 231. **Gonflement du ballon.** — Le gaz se répand d'abord autour de la soupape de gonflement; les aérostiers défont, au

besoin, les plis de l'enveloppe pour faciliter une distribution uniforme; ils agissent également sur le filet; pour que les lignes méridiennes de nœuds coïncident de deux en deux avec les coutures des fuseaux. Cette double précaution devra être prise pendant toute la durée du gonflement.

Dès que le gaz commence à soulever la soupape, le chef d'équipe accroche lui-même les trente-six sacs de lest au filet, en les plaçant suivant un même parallèle, de quatre en quatre mailles. Le sac doit avoir son crochet embrassant les deux brins partant du nœud situé sur le parallèle choisi; il doit en même temps poser à terre, ses deux ficelles étant verticales et légèrement tendues. L'espacement des sacs est alors vérifié.

Puis chaque aérostier se place devant un sac, en en laissant deux entre lui et son voisin; il se trouve, par suite, chargé du maniement du sac qui est à ses pieds, de celui qui est à sa droite, et de celui qui est à sa gauche.

Lorsque le ballon se remplissant vient toucher le filet de toutes parts, le chef d'équipe commande : *Descendez d'une maille.*

A ce commandement, saisir le crochet du sac avec la main gauche, et, avec la main droite, le nœud supérieur; décrocher le sac, descendre la main droite en suivant la ficelle de droite, jusqu'à la rencontre du nœud immédiatement inférieur; embrasser avec le crochet du sac les deux brins au-dessous de ce nœud; et laisser reposer le sac sur le sol, comme il vient d'être dit, les ficelles étant verticales.

Chaque aérostier fait cette opération d'abord pour le sac qui est devant lui, puis pour ceux de droite et de gauche.

Quand le ballon vient de nouveau bien remplir le filet et qu'il commence à soulever les sacs, le chef d'équipe fait descendre d'une maille par le même commandement et de la même façon.

S'il y a lieu de procéder à une réparation un peu longue, ce chef fera modérer le débit du gaz; il devra, en outre, pendant ce temps-là, laisser les sacs immobiles du côté du point où l'on travaillera, pendant qu'il les fera descendre plus rapidement du côté opposé. La réparation terminée, il ramènera tous les sacs sur le même parallèle par les moyens inverses.

Lorsqu'on arrive aux pattes-d'oie équatoriales, on accroche les sacs de la même façon, mais en laissant ces pattes en dehors; à ce moment, le sous-chef d'équipe distribue les trente-six cordes

équatoriales à raison de trois par aérostier. Lorsque les pattes-d'oie sont complètement dégagées, les hommes y fixent les cordes. A cet effet, passer, dans la boucle de la patte-d'oie, celle des boucles de la corde qui est la plus éloignée des cabillots ; faire passer toute la corde dans cette dernière boucle, et serrer en formant un nœud droit.

Si le vent est violent, on attache les cordes aux piquets de la plate-forme ; et on les détache, pour les rattacher ensuite, toutes les fois qu'on manœuvre les sacs de lest. En temps calme, on laisse pendre les cordes librement ; mais dès qu'on a passé l'équateur, on a soin de rentrer les sacs vers le centre, au lieu de tenir les ficelles verticales, afin de serrer le ballon dans son filet.

Lorsqu'on arrive aux pattes-d'oie inférieures, on y attache les sacs de lest, en embrassant toujours les deux brins au-dessous du nœud. Après la première rangée, il ne reste plus qu'un nœud libre entre deux sacs voisins ; après la deuxième rangée, il y a un sac à chaque nœud ; enfin, au dernier rang, on mettra deux sacs aux bouts de cordeau en chanvre qui sont l'origine des rallonges.

§ 232. **Amarrage du ballon.** — Le gonflement terminé, on détache le coude de gonflement ; et, si le ballon doit rester sur la plate-forme, on réunit les rallonges au cône de suspension, en prenant garde que la manche d'appendice reste libre, et ne soit pas prise entre deux cordeaux du cône.

On amarre ensuite définitivement le ballon aux piquets de la plate-forme, en ayant soin que les ficelles des sacs de lest soient verticales et tendues.

A cet effet, on prend un nouveau nombre d'hommes suffisant, pour porter à trente-six ceux qui sont à la disposition du chef d'équipe. Chaque homme se place à un piquet. Si l'on a dû, pendant le gonflement, attacher les cordes équatoriales, le chef commande : *Préparez-vous à détacher.*

Chaque homme détache sa corde, en ne laissant plus que deux tours autour du piquet.

Détachez.

Chaque homme détache complètement sa corde, qu'il saisit des deux mains à hauteur de la tête.

Si les cordes équatoriales pendent librement, les hommes, en arrivant à la plate-forme, prennent d'eux-mêmes cette position.

Le chef d'équipe fait enlever symétriquement quelques sacs de lest pour permettre au ballon de se soulever; puis il s'éloigne pour vérifier la verticalité de l'axe du ballon, et commande, s'il y a lieu, aux uns de laisser monter et aux autres d'abaisser. Il fait de même en se plaçant sur un rayon perpendiculaire à celui sur lequel il s'est placé d'abord. Il commande alors : *Préparez-vous à attacher.*

Chaque homme se tourne vers son piquet, et exerce sur sa corde un effort de 3^{kg} environ.

Attachez.

Chaque homme attache sa corde au piquet, en la prenant alternativement d'un croisillon à l'autre, en avant et en arrière. L'excédant de corde est ployé avec soin, et déposé en paquet à côté du piquet.

Le chef d'équipe vérifie l'égale tension des cordes, raccroche les sacs de lest enlevés, et renvoie les hommes.

Si ceux-ci n'étaient pas en nombre suffisant, ils seraient répartis autour de la plate-forme, quelques-uns d'entre eux ayant à amarrer deux cordes.

Pour le ballon auxiliaire, la conduite de l'opération est la même; on ne fait usage que de vingt-quatre sacs de lest. Une seule escouade suffit pour l'opération dont la durée est moitié moindre.

L'opération du gonflement se terminera généralement par le gonflement du gazomètre. Celui-ci est simplement étendu en long dans son filet sur une bâche. Quatre ou cinq sacs de lest suffisent pour le maintenir; et les aérostiers aident à la régularité de l'opération en manœuvrant à la main l'enveloppe et le filet.

§ 233. **Arrimage.** — L'arrimage consiste à attacher au ballon la nacelle et tous ses accessoires, pour le mettre à même d'exécuter des ascensions captives. Il comporte les opérations suivantes :

1^o Fixer les rallonges; détacher les équatoriales. Suivant les exigences de l'opération, monter ou ramener le ballon. Saisir la ficelle de déclenchement, et la dénouer; y fixer sa rallonge, et la laisser filer progressivement, au fur et à mesure que le ballon s'élève, en conservant un mou de 1^m environ, et en prenant bien garde qu'elle se dirige toujours suivant la verticale. La ficelle de

déclenchement doit pénétrer dans le conoïde, sortir verticalement et librement entre deux de ses cordeaux, passer toujours verticalement entre les deux cordeaux correspondants de l'un des pinceaux, puis venir s'attacher à la barre supérieure, lorsque l'amarrage est terminé. On doit veiller surtout à éviter le contact des attaches du drapeau; si on est obligé, pendant l'opération, de ramener le ballon après l'avoir laissé s'élever, on aura soin de retirer à soi la ficelle au fur et à mesure, sans à-coups, et en lui conservant toujours le mou prescrit.

2° Envoyer du monde à la voiture d'agrès; en faire descendre la nacelle, puis le trapèze, l'ancre, la corde d'ancre, la boîte aux instruments et la boîte aux papiers. Le tout est déposé à 4^m environ en dehors de la plate-forme.

Deux aérostiers lovent en 8 la corde d'ancre, en commençant par le bout qui porte le cabillot, et en donnant au 8 une hauteur de 0^m,70. De son côté, le frein de rupture est fixé, dès que le cabillot qui doit le recevoir est compris dans la partie lovée. L'opération terminée, l'un des aérostiers soulève le 8 par un sommet, l'autre le ficelle en ce point; puis ils déposent sur le sol le paquet elliptique ainsi formé.

Pendant ce temps, on enlève de la nacelle la suspension supérieure, que trois aérostiers détordent et allongent; ils débrouillent soigneusement les cordeaux, avant que cette pièce soit allongée sur le sol. Cependant, d'autres aérostiers ont placé la nacelle, le grand axe dans la direction d'un rayon de la plate-forme, et le côté de l'ancre tourné vers l'extérieur. Le trapèze est déposé, la barre supérieure reposant sur le milieu de la nacelle, la petite reposant sur le sol vers l'extérieur; deux aérostiers soulèvent la barre supérieure. D'autre part, on fixe aux six cabillots de la nacelle les boucles d'attache de la suspension, en vérifiant que les cordeaux ne sont pas embrouillés, et en réglant, au besoin, leur longueur au moyen des cosses doubles. La barre est ensuite déposée de nouveau en travers sur la nacelle.

Celle-ci est alors amenée, parallèlement à elle-même, dans l'intérieur de la plate-forme à 2^m en dedans des piquets; on apporte ensuite, toujours allongée, la suspension supérieure qui est fixée au trapèze d'une part, tandis qu'un aérostier porte le cercle et qu'un autre tient verticale la barette, qu'il maintiendra ainsi tant que le conoïde n'aura pas pris la position verticale. On en-

lève, s'il y a lieu, la calotte de l'appendice, et on déroule la manche.

A ce moment, le chef d'équipe fait enlever les sacs de lest, puis fait détacher le cône de suspension (qui est remis dans une soute de la nacelle), et attacher au cercle du conoïde les rallonges du filet et les ressorts de l'appendice. Il raccorde les deux parties du tube en caoutchouc de la soupape. Il passe au sous-chef d'équipe la rallonge de la ficelle de déclenchement.

Ces préparatifs terminés, il fait placer quatre aérostiers à la nacelle, deux de chaque côté.

Il fait alors monter le ballon jusqu'au premier cabillot pour tout le monde. Il vérifie la régularité de l'arrimage, puis fait reprendre le mouvement ascensionnel jusqu'à ce que la suspension soit complètement tendue. Quatre arrimeurs désignés accompagnent la nacelle jusqu'au centre de la plate-forme; et les autres veillent à ce que la barre inférieure ne s'engage pas sous la nacelle. Si la suspension est tordue, on fait tourner le ballon par une marche de flanc.

Le sous-chef d'équipe, chargé de la ficelle de déclenchement, grimpe alors sur la nacelle, et attache la ficelle à la barre supérieure, de telle sorte qu'il y ait entre cette barre et l'appendice un mou de 1^m environ, et qu'il soit impossible depuis la nacelle de tendre cette ficelle sans défaire le nœud qui la relie à la barre.

Pendant ce temps, le chef d'équipe, laissant le nombre d'aérostiers nécessaire pour maintenir la nacelle (chargée, au besoin, de sacs de lest), emploie les autres à fixer : 1° les quatre cordes de manœuvre aux cabillots de la barre supérieure; 2° l'ancre au porte-mousqueton destiné à cet usage; 3° la corde d'ancre à l'extérieur de l'un des grands côtés de la nacelle; 4° le cabillot passé dans la boucle d'attache du câble et ficelé; 5° la boucle, ainsi que celle du frein assemblée avec le cabillot de l'ancre et également ficelée.

On lui passe ensuite, et il fixe : 1° la quadruple tubulure, le bouchon en bronze dévissé de deux tours à l'extérieur, le petit tube en caoutchouc pendant dans la nacelle, les deux tubulures filetées passées de part et d'autre dans la double boucle d'attache de la nacelle; 2° le manomètre, qu'il réunit au petit tube, et qu'il attache à un des cordeaux de la suspension; 3° le tube de la

soupape et la poire de dégonflement, qui se vissent sur les deux tubulures filetées; 4° une paire de téléphones, dont les gaines sont réunies à celles de la suspension par les écrous disposés à cet effet; les téléphones sont déposés dans la pochette de la nacelle.

§ 234. **Dégonflement.** — La bâche de gonflement a dû être préalablement étendue sur le sol. Les aérostiers se répartissent uniformément autour du ballon, et manœuvrent les sacs de lest en les remontant par les moyens inverses de ceux qui ont été indiqués pour le gonflement. Le sous-chef d'équipe détache le tube en caoutchouc au fur et à mesure.

Dès qu'on peut atteindre aux pattes-d'oie équatoriales, les cordes sont dégagées, pliées par les aérostiers, déposées par eux sur le sol, puis ramassées et réunies en paquet par un homme.

Au-dessus de l'équateur, quand on se rapproche de la soupape, on peut supprimer les sacs de lest; les hommes saisissent directement le filet avec leurs mains, en pressant sur l'enveloppe. Puis ils remontent les mains l'une après l'autre, au commandement du chef d'équipe.

Quand la soupape de dégonflement a touché le sol, quelques hommes s'étendent sur le ballon, et le battent de leurs mains pour chasser le gaz.

Quand il n'en reste plus, le chef d'équipe dévisse le tube et le col de cygne, enlève le toit de la soupape; et on procède au rempliement.

Pendant toute l'opération, le personnel doit avoir des gants et des espadrilles.

ASCENSIONS CAPTIVES A BRAS.

§ 235. **Emplacement.** — On loge dans la nacelle la poulie ouvrante, la grande cosse, le câble de rechange (ou la corde d'ancre pour les faibles hauteurs). Ensuite le ballon est amené par les cordes de manœuvre à l'emplacement où doivent avoir lieu les ascensions.

Cet emplacement doit être découvert, sans arbres ni maisons, sur un rayon de 15 à 25^m, suivant le vent. Le chef d'équipe choi-

sit à 20^m l'un de l'autre deux points convenables pour l'attache de la poulie et de la grande cosse; au besoin, il fait placer deux voitures. La ligne de ces deux points doit être sensiblement dans la direction du vent : la cosse du côté d'où il vient, la poulie du côté où il porte, et placée de telle sorte que le câble ne frotte nulle part en se déroulant. On introduit alors le bout libre du câble (ou la boucle de la corde) dans la poulie, puis dans la cosse, jusqu'à ce que le cabillot d'attache, fixé à l'autre bout, puisse être commodément introduit dans la boucle du triangle.

§ 236. **Correspondance.** — L'aéronaute a à sa disposition, dans la nacelle, les deux *flammes* rouges placées dans deux soutes diagonalement opposées. Ces flammes sont ficelées aux cordons correspondants de la suspension, et sont manœuvrées comme il a déjà été dit au § 222, à savoir :

Pour demander à monter, et en partant, l'aéronaute laisse flotter une des flammes.

Pour demander à descendre, il les fait flotter toutes deux.

Pour stationner, il les rentre et n'en laisse flotter aucune.

Pour correspondre, il appelle l'attention à la voix, ou en agitant un mouchoir blanc; puis il peut soit parler, ce qui réussit jusqu'à 200 ou 300^m, soit laisser tomber des papiers enveloppant un peu de lest.

Pour attirer l'attention de l'aéronaute et l'inviter à correspondre, on peut faire usage soit de la voix, soit d'une sonnerie de clairon convenue, soit du drapeau rouge étendu près de la poulie.

Une fois le ballon rendu à hauteur, on fait usage du téléphone.

§ 237. **Haltes du ballon.** — Si le vent fait baisser le ballon, surtout dans la descente, quand on approche du sol, l'aéronaute jettera ou plutôt fera couler du lest; mais il doit en être très économe.

Il aura soin de ne pas toucher à la poire de dégonflement, ni au bouchon de la tubulure.

S'il se produisait une interruption dans les ascensions, les dispositions de *halte* dépendraient tant de la durée de l'interruption que de la violence du vent, et consisteraient en ceci :

1° Amener la nacelle jusqu'à terre; puis y placer des sacs de lest en quantité suffisante, ou bien placer dedans et sur les bords des hommes en nombre suffisant. On peut, en outre, faire planter

4 gros piquets et y attacher les cordes de manœuvre, de manière qu'elles soient également tendues; planter les 36 piquets de la plate-forme, et y attacher les cordes équatoriales, si le vent n'est pas trop violent.

2° Amener le ballon près du sol, en retirant la nacelle suivant un rayon, aussi loin que possible du cercle de suspension, la barre supérieure en travers sur la nacelle, la barre inférieure non engagée dessous; puis accrocher 36 sacs de lest aux brins de chanvre de façon que les rallonges soient bien tendues; faire asseoir les hommes sur les cordes équatoriales, ou les attacher chacune à 1 ou 2 sacs de lest, ou encore former la plate-forme.

Ce dernier procédé est préférable pour peu qu'il y ait du vent; mais il faut avoir soin de délier et de rouler la ficelle de déclenchement, de maintenir la barette verticale, de ne pas embrouiller les cordages, d'introduire le drapeau dans la nacelle pour qu'il ne flotte pas.

§ 238. **Ballon au repos.** — Enfin si le vent souffle en ouragan, il faut mettre le ballon en position de *repos*, c'est-à-dire désarrimer, serrer les rallonges, en former le réseau, établir la plate-forme, amarrer ou lester; en outre, si le ballon est en partie dégonflé, rouler et rentrer la manche d'appendice, mettre la calotte.

Il conviendra même d'employer un homme à tenir l'appendice, afin d'éviter qu'il ne frappe trop violemment contre les parties voisines de l'enveloppe.

§ 239. **Cerf-volant auxiliaire ou suppléant.** — Un membre de la Société météorologique de Londres, M. Douglas Archibald, a fait d'intéressantes recherches sur l'emploi du cerf-volant comme adjuvant des ballons captifs.

L'expérience a montré depuis longtemps que ces ballons ne peuvent être employés à la guerre qu'un jour sur trois ou quatre, en moyenne, à raison de leur extrême sensibilité à l'action du vent. C'est ce qui a suggéré à M. Archibald l'idée, non pas de leur substituer, mais de leur associer le cerf-volant.

Il est arrivé par cette simple combinaison à rendre possible l'emploi des ballons captifs par des temps qui l'auraient naguère absolument prohibé.

Le cerf-volant est ici construit en soie sur des traverses de bambou perpendiculaires entre elles, et de dimensions proportionnées à celles du ballon. Il est attaché au flanc du ballon de manière à lui servir d'écran, et à l'abriter du vent. L'observation démontre qu'avec cet appareil auxiliaire le ballon captif peut servir trois cent trente fois dans l'année, alors qu'on pourrait à peine l'élever cent fois sans cela.

De plus, des expériences exécutées à l'arsenal aéronautique militaire de Chatham, ont mis hors de doute la force ascensionnelle du cerf-volant. Un petit ballon de 4 mètres cubes n'élevait qu'un poids de 2^{kg} : associé au cerf-volant, par une brise très faible, le ballon enleva 330^m d'un fil d'acier, plus une capote de soldat pesant 5^{kg}.

Il faut citer encore la manière d'atteler plusieurs cerfs-volants ensemble, et de les rendre solidaires. La brise est-elle très faible, par exemple, on commence par en lancer un très léger, qui aide à en enlever un autre plus lourd, et ainsi de suite, arrivant de la sorte à des poids surprenants. Par une brise de 3^m à la seconde, on est parvenu à élever à 333^m de hauteur verticale, avec deux très petits cerfs-volants, environ 2.500^m de fil d'acier et trois anémomètres pesant chacun 0^{kg},75.

Présentement, M. Archibald se fait fort, par son système de cerfs-volants accouplés, d'élever, en vingt minutes, un homme à hauteur suffisante pour observer les mouvements de l'ennemi, par un vent de 30 à 50^{km} à l'heure. Ce système, toujours au dire de l'inventeur, rendrait inutiles les ballons captifs, et les supplanterait avantageusement.

Dans le cas où il ne serait pas jugé prudent d'exposer l'observateur au tir de l'ennemi, M. Archibald pense qu'on pourrait aisément lui substituer un appareil photographique, qui rapporterait une épreuve instantanée, après une rapide ascension.

Il estime que son invention peut être utilisée avec succès pour les signaux à la mer, où la force du vent interdit très souvent l'usage des ballons captifs ; et il suffirait d'associer le cerf-volant au petit ballon électrique de Bruce, pour que ces signaux puissent être visibles de nuit à des navires situés au-dessous de l'horizon habituel.

ASCENSIONS CAPTIVES AU TREUIL.

§ 240. **Mise en station.** — Le ballon arrimé est transporté sur le lieu où doivent se faire les ascensions, soit aux cordes de manœuvre, soit à la corde double, soit au treuil lui-même.

Le treuil, à son arrivée et pendant toute la durée de la séance, doit être et rester en pression.

L'emplacement choisi doit être dégagé, et, autant que possible, sans broussailles, sur un rayon de 20 à 30^m suivant le vent. On place la voiture-treuil de façon que le vent emporte la fumée vers la droite (pour le chauffeur placé à sa machine).

On serre les freins et on cale les roues. Le chef d'équipe désigne quatre hommes pour attacher le ballon au câble. Le sous-chef d'équipe et quatre autres aérostiers prennent, dans le coffre de la voiture, le fil de terre téléphonique, le fixent au côté droit de la voiture, l'étendent sur le sol, attachent son extrémité à la seconde paire de téléphone, qui a dû être déjà placée dans la nacelle, dressent la tente marquise, y portent les sièges, le drapeau rouge et les papiers réclamés par l'aéronaute.

La voiture-fourgon et la voiture d'agrès sont placées à une certaine distance, de façon à ne pas encombrer la station et à ne pas gêner les manœuvres. On peut admettre que la bâche du treuil peut fournir à l'alimentation pendant deux ou trois heures; et le dépôt de charbon, qu'il convient de constituer près du treuil, doit être calculé à raison de 6^{kg} par heure.

§ 241. **Ascension et descente.** — Le ballon est amené aux cordes de manœuvre à 20^m environ et du côté gauche de la voiture (côté d'où vient le vent, si les dispositions ci-dessus ont été prises). La nacelle est ramenée à terre. Quatre aérostiers désignés soulèvent la poulie d'orientation, saisissent le câble par le cabillot, et tirent dessus, en ayant soin que les montants de la poulie ne portent pas sur le châssis de la voiture; le mécanicien desserre le frein pour faciliter ce déroulement. Quand le cabillot est près de la nacelle, on le fixe à la boucle d'attache (ou à la boucle du cabillot à boucle); on établit la communication téléphonique, en ficelant la manchette de cuir, et en vérifiant que la gaine-

enveloppe des fils est suffisamment lâche entre le câble et la corde du triangle.

L'aéronaute et son aide ayant pris place dans la nacelle, le chef d'équipe qui commande à terre fait monter le ballon ; le câble se soulève ; dès qu'il commence à se tendre, les aérostiers se rapprochent de la voiture, afin de diminuer l'amplitude de la première oscillation du ballon qui sera porté vers la droite.

Le câble étant tendu, le chef d'équipe commande *Lâchez tout*. Les hommes abandonnent les cordes sans brusquerie ; et le mécanicien, qui doit s'être tenu prêt dès le début, le cliquet levé, desserre le frein pour laisser monter le ballon lentement d'abord, puis en accélérant le mouvement.

Il est indispensable qu'au moment du *lâchez tout*, le câble complètement tendu tire le ballon ; s'il n'en était pas ainsi, le chef d'équipe prescrirait au mécanicien de ramener un peu. Les aérostiers doivent laisser monter franchement jusqu'au commandement, pendant qu'ils s'avancent vers le treuil. Quant au mécanicien, il arrête sur le commandement *Stop*, dudit chef.

Pendant que le ballon est en l'air, on veille à ce que le fil de terre ne soit pas piétiné ; on se tient prêt à manœuvrer le drapeau rouge, ou à former des relais si la communication se fait à la voix. Le chef et le sous-chef d'équipe se succèdent pour surveiller, avec la lunette au besoin, les signaux de la nacelle. Au treuil, le chauffeur maintient la pression, qui doit toujours être élevée en cas de grand vent.

Si l'aéronaute demande à monter, le chef d'équipe en prévient les aérostiers par les commandements : *Préparez-vous pour laisser monter ; Laissez monter*.

S'il s'agit de ramener, c'est-à-dire de faire descendre, les commandements sont : *Préparez-vous pour ramener ; Ramenez*.

Entre les deux parties de ces commandements, il faut laisser le temps de la manœuvre du cliquet.

Quand le bout des cordes de manœuvre est à une dizaine de mètres du sol, le chef d'équipé commande *Attention*.

Le mécanicien ralentit ; des aérostiers désignés s'appêtent à recevoir la nacelle, si le vent est violent.

Les autres hommes se portent aux cordes, qu'ils saisissent avec précautions, pour ne pas heurter la nacelle.

Le chef d'équipe commande alors *stop* au treuil, et aux aérostiers servants *ramenez*, puis *arrêtez*.

Le ballon étant porté par les cordes, est passé du côté gauche de la voiture; puis on achève de le ramener : un groupe d'aérostiers saisit la nacelle homme par homme, dès que chacun le peut; mais nul ne doit la lâcher quand il l'a une fois saisie.

Par les vents violents, il peut se faire que la nacelle aille toucher terre, le câble étant encore déroulé sur une certaine longueur. En pareille circonstance, tous les hommes s'efforceront de saisir la nacelle et les cordages, de s'y cramponner, et auront grand soin de ne jamais les lâcher.

On admet que les ascensions au treuil sont possibles tant que le vent ne dépasse pas 10^m par seconde, soit 36^{km} à l'heure.

Le changement de station peut s'effectuer aux cordes de manœuvre ou au treuil même, rarement à la corde double. Si le ballon est conduit attaché à la corde du treuil, l'ordre de se mettre en marche ne sera donné par le chef d'équipe que lorsqu'il se sera assuré du repliement du fil de terre, et que le mécanicien, en montant sur son coffre, lui aura indiqué que le cliquet est abaissé, le tuyau d'échappement replié et la voiture décalée.

Dans le transport, on ralentira ou on accélérera l'allure suivant que le vent viendra de l'avant ou de l'arrière. En arrivant au nouvel emplacement, on prendra toutes les dispositions indiquées plus haut pour la mise en station.

§ 242. **Transport au treuil.** — Le transport du ballon gonflé par la voiture-treuil, est de beaucoup le plus commode et le plus rapide. Le ballon sera attaché à 50^m de câble déroulé, et sera doué d'une force ascensionnelle de 50^{kg} environ. A moins que le vent ne soit trop intense, il peut être arrimé ou simplement fermé par son cône. Dans ce cas, on fixe à la boucle du cône le faisceau des cordes de manœuvre. Dans l'un et l'autre cas, il convient, dès le départ, de fixer à la boucle d'attache le cabillot à boucle, pour faciliter les manœuvres de franchissement d'obstacle et de transport à bras.

L'équipe ou l'escorte du ballon se compose de quatre brigades d'aérostiers nécessaires pour les diverses manœuvres. L'ordre de marche sera le suivant :

La voiture-treuil est escortée de part et d'autre par un aéros-

tier de la 4^e brigade (surveillants); sur la voiture monte la 3^e brigade (mécaniciens).

La brigade des servants se tient derrière le treuil et à environ vingt pas.

La brigade des arrimeurs est en arrière de la précédente et à trente pas.

Vient ensuite la voiture-fourgon, puis la voiture d'agrès, et, à côté de chacune d'elles, un aérostier de la 4^e brigade.

Le chef d'équipe se tient d'ordinaire derrière la voiture-treuil, en avant des servants; c'est lui qui, d'après l'inclinaison du câble, ordonne aux conducteurs de la voiture-treuil de se porter à droite ou à gauche, d'arrêter, d'accélérer ou de ralentir l'allure. Ces derniers doivent être très exercés, prêter une attention constante et très soutenue, et avoir constamment leurs chevaux en main.

§ 243. **Route découverte.** — Pour pouvoir ici effectuer le transport, étant donné ce qui a été dit dans le paragraphe précédent, il suffit que la résistance du vent et de l'allure ne dépasse pas 10^m par seconde, soit 36^{km} à l'heure.

Or, le trot correspond à 18 ^{km} à l'heure, soit	5 ^m	par seconde;
le pas id. à 6 ^{km} id. soit	1 ^m 2/3	id.

On en conclut qu'on pourra marcher :

Avec vent d'arrière : au pas par un vent de 0 à 11 ^m 2/3 par seconde,	
Id. au trot id. 0 à 15 ^m id.	
Avec vent d'avant : au pas id. 0 à 8 ^m 1/3 id.	
Id. au trot id. 0 à 5 ^m id.	

Sur une route découverte, le chef d'équipe n'a qu'à faire ralentir ou accélérer l'allure, suivant le cas.

§ 244. **Route bordée d'arbres.** — On fera tenir la voiture du côté d'où vient le vent; on augmentera, s'il le faut, la force ascensionnelle en faisant jeter du lest. Si la corde est sur le point d'être arrêtée, on fera halte; et on profitera du relèvement du ballon pour passer rapidement. Si la corde est engagée, il suffira parfois de quelques secousses imprimées au câble par le mécanicien pour la dégager; sinon, on attendra que, eu égard à la tension du câble glissant sur la branche, il n'y ait pas à craindre qu'il soit coupé. Les secousses suffisent parfois pour éviter l'accrochage.

Si ces accidents arrivent trop fréquemment, il vaudra mieux, lorsque la chose est possible, passer à travers champs, ou bien ramener dans un endroit propice, et recourir au transport à la corde double.

§ 245. **Route bordée d'arbres formant voûte.** — Un pareil transport est très pénible et très long, même en temps calme, et doit être évité. Il faut lui préférer le transport à bras à travers champs. Mais on peut y être amené à l'improviste, si l'on n'a pu trouver à temps un emplacement favorable pour ramener le ballon à terre.

Dans ce cas, on déroulera 200^m de câble environ; si le câble rencontre une branche, on continuera à marcher, le câble glissant sur la branche et tirant d'autant plus sur elle que l'angle qu'il forme diminue. Cette traction finit par casser la branche. On aura eu soin de placer tous les aérostiers, les uns contre les autres, le long de la partie inférieure du câble. Au moment de la rupture, les premiers seront soulevés et se laisseront faire; puis on les fera lâcher un à un, en évitant ainsi une trop grande secousse sur le treuil.

§ 246. **Transport mixte.** — On attache à la fois à la boucle d'attache du triangle, en faisant usage du cabillot à boucle, le câble du treuil et la corde d'ancre pliée en deux et garnie de ses tirandes. On laisse monter le ballon de 30 à 35^m, de manière que le câble soit tendu, et que les cordes soient lâches. On se met ensuite en marche comme dans le cas du transport au treuil seul. Si l'on ne rencontre pas d'obstacles le long de la route, les cordes peuvent être réunies le long du câble et ficelées. Si au contraire les obstacles sont fréquents, elles seront tenues par les servants qui marcheront, sans les tendre, de part et d'autre de la voiture. Si le vent menace d'engager le ballon, le chef d'équipe fera sortir de la route, du côté d'où vient le vent, un nombre suffisant d'aérostiers pour tirer par côté et ramener le ballon.

Ce mode de transport, qui peut rendre de réels services, doit être employé avec discernement. Il faut éviter de compliquer les difficultés, en embarrassant dans des branches les trois cordages au lieu d'un seul.

§ 247. **Franchissement d'obstacles.** — Quand il s'agit de passer à bras à travers champs pour éviter une bordure d'arbres, ou d'effectuer le passage d'un obstacle, mur, ligne télégraphique, pont, etc., le chef d'équipe choisira un emplacement favorable pour ramener et passer à la corde double, ou dans des cas exceptionnellement propices, aux cordes de manœuvre.

En vue de ces opérations, que les circonstances peuvent exiger inopinément, le chauffeur du treuil doit maintenir la pression durant toute la route.

Pendant le transport à bras, la voiture-treuil marchera en arrière des deux premières brigades, c'est-à-dire immédiatement avant la voiture-fourgon. Si l'on a dû quitter les routes pour effectuer ce transport, les voitures et la 4^e brigade continueront à les suivre, en se maintenant en relation et autant que possible à la hauteur du ballon.

Les obstacles que l'on rencontrerait pour passer à travers champs (haies, barrières, fossés, talus), seront détruits, à l'aide des outils portés par la voiture-fourgon.

§ 248. **Haltes et repos.** — Les haltes pendant la marche se feront en dehors des routes, si l'on doit ramener le ballon à terre. On choisira à cet effet un emplacement convenable à l'abri du vent et des curieux ; et l'on adoptera, suivant le cas et la durée de l'arrêt, l'une des dispositions indiquées précédemment pour les haltes du ballon.

Si le temps est calme et la route libre d'obstacles, le ballon peut être laissé en l'air.

Si l'on fait usage du transport mixte, on pourra, pourvu que le vent ne soit pas trop fort, laisser le ballon en l'air, et fixer les extrémités des cordes à deux forts piquets (ou troncs d'arbres ou piles de sacs de lest), de manière que la voiture et les deux points d'attache forment un triangle équilatéral de 30^m de côté environ.

Lorsqu'on sera arrivé au point où l'on doit séjourner ou stationner, on adoptera la disposition dite de *repos*. L'endroit choisi pour la plate-forme au gîte doit être abrité du vent, d'une surveillance facile, assez éloigné du gros des habitations ; il doit se prêter aussi à l'installation du parc et du poste de surveillance.

Si le ballon est sensiblement dégonflé et que le vent souffle ou menace de souffler en tempête, il faudra étendre la grande bâche,

la bache enveloppe recouvrant le trou central; puis appliquer dessus le ballon, de façon qu'il repose sur l'un de ses parallèles, et accrocher au filet 36 sacs de lest au moins, et plutôt 54 ou 72.

Le transport d'un ballon gonflé est sujet à de nombreuses péripéties, provenant soit des circonstances locales, soit de l'état de l'atmosphère. A moins de rencontrer des conditions exceptionnellement favorables, on ne peut pas espérer faire régulièrement dans une journée plus de 15 à 20^{km}, si l'on veut donner aux aérostiers le repos nécessaire.

On évitera les accidents, les retards et les fausses manœuvres, en faisant procéder à l'avance, la veille de préférence, à la reconnaissance de l'itinéraire à suivre.

EXEMPLES DE L'EMPLOI RÉCENT DES AÉROSTATS MILITAIRES CAPTIFS.

§ 249. **Usage des ballons au Tonkin** (1). — Au mois de décembre 1883, l'établissement de Chalais reçut l'ordre de préparer un parc léger, destiné au Tonkin. Comme les transports s'y faisaient par hommes, faute de routes carrossables, le poids de chaque colis ne devait pas dépasser ce que peuvent porter deux ou au plus quatre aérostiers, 120^{kg} environ.

L'effectif du détachement fut de 1 capitaine, 1 lieutenant, 5 sous-officiers, 8 caporaux et 23 sapeurs aérostiers. On emporta un seul ballon verni de 260 mètres (le ballon auxiliaire la *Vigie*), trois autres non vernis et un ballon gazomètre.

On avait craint pour le vernis les effets de la chaleur pendant la traversée. L'expérience prouva qu'avec des précautions cet inconvénient n'était pas à redouter; et un deuxième ballon, verni sur place à *Hanoï*, donna sous ce rapport de moins bons résultats que la *Vigie*.

§ 250. **Marche sur Bac-Ninh** (mars 1884). — Le ballon fut gonflé le 5 mars 1884, en vue de la marche sur *Bac-Ninh*; il pesait 165^{kg}.

Du 8 au 13 mars, jour de l'entrée à Bac-Ninh, le détachement marcha avec le ballon accroché d'ordinaire à la corde d'ancre

(1) D'après une note de M. le capitaine du génie Julien.

tendue de toute sa longueur, et exceptionnellement trainé avec les cordes équatoriales en pays découvert. Il arrivait le plus souvent en retard au début, à cause des difficultés de la marche. Une des principales était la traversée des villages, aux rues trop étroites avec toits en auvent; il fallait donc, chaque soir, reconnaître la route pour le départ du lendemain.

Le ballon se trouva en partie dégonflé le 11 mars, au passage du canal des Rapides; on le remplit avec le ballon gazomètre, dont la réserve fut à moitié épuisée, et une première ascension eut lieu à cinq heures du soir. Le lendemain, pendant le combat de *Chu*, des observations eurent lieu de deux heures à six heures du soir; et l'observateur put donner des indications utiles en vue de rectifier le tir de l'artillerie, et pour l'attaque des bois et villages.

La *Vigie* fut dégonflée le 15. Elle était à ce moment encore en état de servir aux ascensions, après huit jours de marches par un vent souvent violent et après un seul remplissage.

On sut plus tard que l'effet moral produit sur les Chinois par la vue de l'aérostat, avait été considérable.

§ 251. **Marche sur Hong-Hoa** (avril 1884). — Dans la marche sur Hong-Hoa, le détachement d'aérostiers fut attaché à la colonne du général de Négrier. Parti de Hanoï le 6 avril, il dut gonfler de nouveau la *Vigie* à Sontay, le 8; le vent avait été très violent pendant la route. L'appareil à hydrogène (1) avait heureusement suivi par eau, et fut utilisé à cet effet. Le 9, on se heurta à un pont couvert, que quelques aérostiers durent franchir sur l'arête du toit.

Le 10, on arriva en vue d'Hong-Hoa; le général de Négrier put prendre un croquis, de la nacelle même, à 8^{km} de distance. Le lendemain, dans la journée, une autre ascension eut lieu à Trung-Hoa, d'où l'on se préparait à bombarder la place; un officier d'état-major put encore faire un croquis malgré un vent violent. On sait que l'ennemi s'enfuit, le 11, en incendiant la ville. Le ballon fut dégonflé le 12.

§ 252. **Marche sur Kep** (janvier 1885), **et grandes ma-**

(1) Appareil d'essai, que l'on expérimentait à Meudon, au moment du départ, et dans lequel l'eau était décomposée par le zinc en présence de l'acide sulfurique.

manœuvres en France. — Plus tard le matériel dut être remis en état, pour la marche sur Lang-Son; la *Vigie* avait besoin de réparations, ce qui fut fait; et on l'emmena. Elle fut gonflée une première fois, au départ, le 25 janvier; puis le 29, aux environs de Kep.

La ballon, trop rapidement réparé, avait des fuites; il ne pesait ce jour-là que 155^{kg} et seulement 120^{kg} le lendemain 30. Le général de Négrier fit, dans ces conditions, une ascension dans laquelle il ne put s'élever à plus de 180^m. Il profita cependant de l'aérostat pour entretenir l'ennemi, habitué à voir dans le ballon l'indice de sa présence, dans la pensée qu'il restait en place; et les ascensions à vide continuèrent pendant toute la journée du 31, jusqu'à 300^m de hauteur.

Le ballon, dégonflé par ordre, le 1^{er} février, ne fit plus aucun service; les matières nécessaires au gonflement avaient été en partie avariées, et en partie perdues avec une embarcation qui les transportait.

On voit cependant, par cet aperçu, qu'en dépit des circonstances les plus défavorables, l'unique ballon captif dont disposaient, en fait, les aérostiers avait pu être utilisé dans un pays où les transports de toute nature sont si difficiles. On ne peut que regretter qu'il n'ait pas été possible de le gonfler pour la marche de Lang-Son, où l'exploration fut impossible faute d'aérostat.

Des expériences ont été faites à diverses reprises dans les grandes manœuvres annuelles avec le matériel normal, notamment en 1886.

Le jour de la principale affaire, aux environs de Melun, le ballon captif était en station à 500^m du point où se trouvait le général en chef; un vent violent l'empêcha de s'élever à plus de 80^m d'altitude, et cependant l'exploration s'étendait à environ 5^{km}. Les renseignements transmis par le téléphone, puis par un planton à cheval, arrivèrent presque toujours vingt minutes avant ceux que donna la cavalerie.

LES BALLONS MILITAIRES CAPTIFS A L'ÉTRANGER

Les efforts faits par la France, depuis 1870, en vue de l'emploi régulier des ballons aux armées, n'ont pas été isolés; et l'on peut

dire qu'il n'est guère de puissance aujourd'hui qui ne cherche à se constituer un matériel analogue à celui dont nous disposons.

§ 253. **Empire d'Allemagne.** — En ce qui concerne l'Allemagne, elle avait déjà fait quelques tentatives en 1870, mais sans succès aucun. C'est ainsi qu'une ascension en ballon captif eut lieu devant Strasbourg, le 25 septembre ; les observateurs s'élevèrent à 115^m seulement, bien qu'ils eussent 350^m de câble ; mais un vent violent gênait considérablement les observations. Le ballon finit même par être déchiré ; on le dégonfla, et la tentative ne fut pas renouvelée devant Paris.

Nous ne savons pas exactement où en est aujourd'hui la question des ballons captifs en Allemagne ; mais certains indices prouvent que l'on s'en occupe activement.

D'après la *Revue militaire de l'étranger*, on avait expérimenté en 1885 un ballon captif sensiblement différent du nôtre : ce ballon cubant 1400^{m.cub.} aurait enlevé huit personnes. Le filet aboutissait non à un cercle, mais à une barre de suspension de 10^m de longueur à laquelle était accrochée la nacelle ; celle-ci était indépendante du câble, relié lui-même aux deux extrémités de la barre.

Le détachement d'aérostiers a été envoyé aux manœuvres de siège devant Cologne, en août 1885 ; il y fit des ascensions libres en passant par-dessus la place.

Enfin, les Allemands ont cherché à utiliser les ballons captifs pour éclairer le terrain à grande distance à l'aide de projecteurs électriques ; l'expérience tentée à 60^m seulement d'élévation aurait donné de bons résultats. Le générateur, dans ce cas, reste à terre, le projecteur seul est hissé dans la nacelle ; il y a là une ressource à utiliser surtout en pays de plaine.

§ 254. **Angleterre.** — L'Angleterre a, de son côté, créé un matériel de ballons captifs qui a été utilisé au *Zoulouland* et à *Souakim*, en 1885, principalement comme moyen d'observation contre les surprises de l'ennemi.

Un détachement d'aérostiers, avec trois ballons confectionnés à Chatham, avait été mis à la disposition du général Graham ; l'hydrogène, comprimé dans des tubes en fer (§ 230), constituait

une réserve toujours utilisable pour parer aux déperditions de gaz.

D'autres tubes, d'un modèle plus portatif, permettaient de joindre un petit approvisionnement au parc des colonnes légères.

§ 255. **Russie et Italie.** — Après des essais, qui ne leur ont sans doute pas paru satisfaisants, la Russie et l'Italie ont pris le parti de recourir à l'industrie française et particulièrement à M. Yon (§ 256 et suivants), pour la construction de leurs ballons ainsi que du matériel nécessaire au gonflement et à la manœuvre.

Ce matériel a plus d'un point commun avec celui des parcs à ballons de l'armée. L'aérostат sphérique est en soie et déplace 550^{m.cub.}; il peut enlever trois aéronautes. Le filet, en corde de chanvre, est enduit de cachou contre l'influence de l'humidité; une soupape à ressorts, dont le joint est formé par une lame mince pressée contre une plaque de caoutchouc élastique, existe à la partie inférieure comme à la partie supérieure du ballon.

La nacelle accrochée à un anneau relié par des cordes divergentes au cercle de suspension, est complètement indépendante du câble d'attache; ce dernier aboutit à un trapèze, dont la barre supérieure est portée par le cercle de suspension, et à l'intérieur duquel pend la nacelle.

Le câble a 500^m de longueur; il est relié à une voiture-treuil, qui ressemble à la première des voitures construites, par l'industrie également, pour l'établissement de Meudon.

Le générateur d'hydrogène est organisé pour la décomposition de l'eau par l'acide sulfurique et la tournure de fer. Un *laveur* et un *sécheur*, où le gaz est dépouillé de son humidité et de son acidité par la soude caustique et le chlorure de calcium, sont placés sur la même voiture.

Le parc est complété par une voiture d'agrès et des voitures auxiliaires en nombre variable.

Le générateur et la voiture-treuil, expérimentés à Rome, en 1885, ont donné de bons résultats, à la suite desquels la Russie fit également ses commandes.

T^{ME} II, 6^E P^{IE}. — CHAPITRE III

BALLONS CAPTIFS YON MANŒUVRÉS A LA VAPEUR

M. G. Yon, ancien compagnon de Giffard dans ses expériences de 1855, a imaginé un système d'aérostat captif transportable à la vapeur, et permettant de déplacer tous les engins spéciaux nécessaires au gonflement, à l'élévation et à la manœuvre d'un ballon propre aux investigations demandées par l'art militaire.

Ce système, considéré dans son ensemble et représenté de fig. 1 à fig. 4, Pl. XVI, tome II, comprend trois parties principales :

- 1° L'aérostat proprement dit (fig. 1);
- 2° Le chariot porteur pour ballon et accessoires (fig. 2);
- 3° Le treuil à vapeur pour la manœuvre du câble (fig. 3);
- 4° Le générateur de gaz hydrogène pur à fonctionnement rapide et continu (fig. 4).

FABRICATION DE L'HYDROGÈNE

§ 256. **Générateur.** — Cet appareil (Pl. XVI, tome II, fig. 4), 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 se trouve bouchée par une fermeture hydraulique. L'eau et l'acide sulfurique nécessaires à la production du gaz arrivent dans le tuyau C, où s'opère le mélange au moyen de chicanes; puis de là ils pénètrent 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. 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 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.

§ 257. **Laveur et sécheur.** — 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.

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.

§ 258. **Pompe.** — Le train à quatre roues porte, entre le générateur et le laveur, une pompe A à eau et à acide, mue à la vapeur. Son 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 cela, quelle que soit la vitesse de marche de la pompe.

Le poids du chariot constituant le matériel chimique, et y compris tous ses accessoires, est de 2.600^{kg}. La puissance de production du générateur à hydrogène pur est de 250 mètres cubes par heure de marche effective.

TREUIL A VAPEUR POUR LA MANŒUVRE DU CABLE

§ 259. **Chaudière et machine.** — Le treuil à vapeur (Pl. XVI, tome II, fig. 3), monté sur un train à quatre roues, se compose d'abord d'une chaudière à vapeur verticale A avec tubes système Field, ou de toute autre chaudière à vapeur remplissant les mêmes conditions.

La chaudière fournit la vapeur à une machine motrice B à deux cylindres, actionnant un arbre dont les manivelles sont conjuguées à angle droit.

L'arbre de la machine donne, au moyen d'un pignon et de roues d'engrenage, 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.

§ 260. **Treuil récepteur et poulie à mouvement universel.** — 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.

A la sortie des poulies de touage par son second bout, le câble, après avoir passé sur un galet de renvoi, arrive à la poulie à mouvement universel G.

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 la poulie.

§ 261. **Frein à air et frein de sûreté.** — 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 fermer 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.

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, pèse 2.400^{kg} ; et la puissance pouvant être développée par la machine motrice est de 5 chevaux effectifs, soit de 7 chevaux à l'indicateur sur les pistons.

MATÉRIEL AÉROSTATIQUE

§ 262. **Aérostат, filet et nacelle.** — L'aérostат proprement dit (Pl. XVI, tome II, fig. 1) est composé d'un ballon en soie de forme sphérique ; à sa partie supérieure se trouve une soupape de dégonflement 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.

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 J, J, J, ..., 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. A côté de la nacelle se trouve aussi le tuyau de gonflement F. Au-dessous du trapèze H, qui porte la nacelle, aboutit, sur un dynamomètre N, le câble d'ascension venant du treuil à vapeur. Dans ce câble d'ascension passe un fil téléphonique, dont l'extrémité inférieure traverse l'axe des tourillons du treuil récepteur, permettant ainsi à l'observateur placé dans la nacelle de communiquer à tout instant avec le sol.

Dimensions générales du ballon.

Diamètre	10 ^m ,084
Circonférence	31 ^m ,680
Surface	319 ^{m.c} ,481
Volume	536 ^{m.cub} ,886
Section du maître couple.	79 ^{m.c} ,865
Force ascensionnelle maxima.	600 ^{kg}

Poids.

Ballon, filet, nacelle, suspension et organes divers soulevés.	200 ^{kg}
Câbles à réseau téléphonique	100 ^{kg}
Effort disponible.	300 ^{kg}
Total.	600 ^{kg}

§ 263. **Agencement et installation.** — La totalité du matériel aérostatique est agencée dans un troisième chariot porteur (Pl. XVI, tome II, fig. 2), monté sur quatre roues, et qui pèse tout compris, contenant et contenu, 2.000^{kg}.

C'est, en réalité, pour chaque parc complet un poids total de 7.000^{kg} à transporter sur trois chariots spéciaux. Le reste comprenant le charbon, l'acide et le fer, peut 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 corps de pompe ; ce tuyau est 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.

PARCS A BALLONS

§ 264. **Parc de forteresse.** — Le parc de forteresse comprend d'abord le générateur d'hydrogène sur chariot; son poids est de 2.400^{kg} en y ajoutant tous les accessoires; sa puissance de production peut atteindre 250^{m.cub.} à l'heure. Toute la manipulation s'exécute au moyen d'un cylindre à vapeur, qui commande les corps de pompe; la réduction du fer a lieu par l'acide sulfurique étendu de quatre fois son volume d'eau. Cette proportion dans le débit est rendue automatique par l'emploi de plongeurs d'une capacité rigoureusement exacte; le gaz qui se dégage passe directement au laveur, puis enfin au sécheur avant son entrée dans l'aérostat.

Après le générateur d'hydrogène vient le treuil-moteur à vapeur, également sur chariot. Il porte à l'arrière sa chaudière, et en son milieu les poulies de traction du câble d'ascension. Ce câble passe préalablement dans une caillorne marine enchapée sur un mouvement à la cardan; puis il vient s'enrouler automatiquement et tour pour tour, au moyen d'une glissière spéciale, sur un tambour récepteur, dont l'arbre est percé pour laisser passer les fils téléphoniques qui l'entourent. Ces fils communiquent avec des récepteurs placés sur le sol, afin de permettre l'emploi du téléphone de la nacelle à la terre, quelle que soit la hauteur à laquelle se trouve l'aérostat. Le poids du treuil, tout compris, n'est que de 2.100^{kg}; la puissance du moteur est de 5 chevaux effectifs, soit de 7 chevaux à l'indicateur sur les pistons.

Le troisième chariot, qui complète le parc de forteresse, reçoit tout le matériel aérostatique, comprenant un ballon de 540^{m.cub.}, qui est confectionné en soie de Chine, vernie à cinq couches d'un enduit spécial à base d'huile de lin.

Le ballon est muni de sa soupape de dégonflement et de son appendice de sûreté inférieur à soupape automatique. Les deux soupapes sont jointives par couteau sur bande de caoutchouc, avec guide central et ressorts de traction circonférenciels. Le ballon est enveloppé de son filet, portant les équateurs de manœuvre, et les pattes-d'oie à roulement inférieur, qui viennent se bifurquer sur un système particulier de suspension trapézoïdale; ce système forme mouvement universel, afin de conserver la ver-

ticalité la plus parfaite à la nacelle, quelle que soit l'inclinaison du câble par rapport au sol. La nacelle est elle-même armée de ses engins d'arrêt, et chargée du lest nécessaire pour faire route en cas d'ascension libre.

L'ensemble du matériel aérostatique proprement dit et de son chariot porteur, est de 1.500^{kg}.

Ces parcs de forteresse fonctionnent actuellement en Russie, en Italie, en Espagne, en Chine, et vont fonctionner prochainement en Amérique.

§ 265. **Parc de campagne extra-léger.** — Le parc de campagne se compose seulement de deux chariots.

Le premier chariot sert de générateur pour la production de l'hydrogène pur en campagne. Il est à double colonne ascendante pour la marche du liquide acidulé, afin d'en obtenir le maximum de rendement. Son poids n'est que de 1.250^{kg}, en y comprenant tous les accessoires. Sa puissance de production est de 125^{m.cub.} à l'heure.

Le second chariot porte un moteur d'une puissance de 3 chevaux effectifs, sa chaudière et le treuil de rappel à contact électrique, le câble d'ascension. Il reçoit également, sur ses longrines, tout le matériel aérostatique, qui comprend un ballon de 300^{m.cub.} avec tous les organes qui le complètent : filet, nacelle, suspension, soupapes, ancre, guiderope, etc., etc. Il ne pèse, tout chargé, que 1.250^{kg}.

Ce matériel a été étudié de manière à pouvoir se déplacer avec une très grande rapidité, pour être porté d'un point à un autre en campagne, quels que soient les accidents de terrain à franchir. L'officier qui se trouve à bord de l'aérostat, peut embrasser à l'œil nu une étendue de terrain de plusieurs lieues à la ronde, quand il se trouve au bout du câble, lequel a 500^m de longueur. Dès lors il semble difficile qu'une surprise de l'ennemi soit possible, puisqu'au moyen du téléphone et du télégraphe le jour, et avec la télégraphie optique la nuit, on peut correspondre de corps d'armée à corps d'armée avec la plus grande facilité. Pour la télégraphie de nuit, on emploiera de fortes lampes électriques, desservies par des dynamos. Ces lampes permettront d'éclairer et de fouiller l'horizon dans toute la circonférence décrite par le puissant jet lumineux.

Il est donc juste de dire que l'emploi des aérostats est absolument indiqué dans les guerres futures. Il faut espérer d'ailleurs qu'il sera prochainement complété par la solution du problème de la direction des ballons dans l'atmosphère à beaucoup plus longues portées que celles obtenues jusqu'ici.

GRANDS BALLONS CAPTIFS POUR EXPOSITIONS

§ 266. **Introduction.** — Le dernier grand ballon captif de l'Exposition de 1878 dû à Giffard, avait comme capacité théorique $24.429^{\text{m.cub.}}$, tandis que celui que M. Yon avait proposé de construire pour l'Exposition de 1889 devait avoir $57.906^{\text{m.cub.}}$, ou plus du double, à savoir :

Diamètre du ballon de 1878	= 36^{m} ,
Id. projeté de 1889	= 48^{m} ,

soit 12^{m} ou $1/3$ du diamètre de différence entre le premier et le second ballon.

Il ressort cependant de ce léger écart de proportion que, pour cette faible augmentation dans le diamètre de la sphère, son cube s'en trouve beaucoup plus que doublé, tandis que sa maîtresse section ne croît, toute proportion gardée, que de 70 p. 100. Il est facile de conclure de là que l'on reste maître d'augmenter d'environ 100 p. 100 toutes les résistances du matériel montant, en tant qu'étoffe, filet, cordages, câble, nacelle et engins d'arrêt, en même temps que l'effort que tous ces différents organes auraient à subir n'atteindrait que les $7/10$ de la résistance maxima qu'il est possible de leur faire supporter.

Toutefois, M. Yon a renoncé à ce projet au dernier moment, et s'est borné à la combinaison plus modeste que nous donnons ci-après, qu'il a réalisée en collaboration avec M. L. Godard.

§ 267. **Partie aérostatique du ballon Yon-Godard.** — La partie aérostatique comprend un ballon en soie de Chine de premier choix, d'une résistance de 1.000^{kg} par mètre carré de surface; sa capacité est de $3.000^{\text{m.cub.}}$. Les dimensions principales sont les suivantes :

Diamètre	18^{m}
Circonférence	$56^{\text{m}},548$
Surface	$1.017^{\text{m.c.}},878$
Cube	$3.053^{\text{m.cub.}},635$

Cet aérostat est composé de 48 côtes ou fuseaux pour la circonférence. Chaque fuseau comprend 80 panneaux de dimensions différentes, qui sont réunis par des coutures formant nervures de renforcement. L'ensemble des coutures est formé par des doubles piqûres, dont la longueur totale atteint 3.500^m linéaires, en y comprenant le ballonnet intérieur à air.

L'imperméabilité de ce ballon a nécessité l'application de neuf couches de vernis spécialement étudié pour cet usage.

Dans la partie supérieure, le ballon porte une soupape de dégonflement qui peut être manœuvrée à main de la nacelle, et un appendice automatique à la partie inférieure. Les deux soupapes sont du système Yon; celle du bas est réglée pour maintenir le ballon sous une pression uniforme de 10^{mm} d'eau.

Dans la partie basse de l'aérostat se trouve un ballonnet annulaire à air (§ 201) de 400^{m.cub.} de capacité, lequel est muni lui-même de deux soupapes automatiques du même type que celles du ballon à gaz. Cette poche à air est appelée à compenser, en se vidant plus ou moins, la dilatation proportionnelle à la hauteur à atteindre. Elle permet également, en se remplissant, de conserver à la sphère aérostatique une figure géométrique indéformable; elle prévient par suite les déchirements, comme celui qui détruisit dans un coup de vent le ballon précité de Giffard.

L'aérostat qui nous occupe est recouvert d'un filet composé de 384 cordeaux, formant 192 mailles à la circonférence. La résistance à la rupture de chacun de ces cordeaux est de 240^{kg}, soit 80.000^{kg} pour la totalité. Le réseau du filet comprend 24.000 mailles; il a été confectionné en chanvre d'Italie de qualité supérieure, préparé au moyen d'un enduit spécial qui le rend impu-trescible et imperméable. Ce filet vient se relier par sa partie inférieure à un cercle en acier formant mouvement universel. Ce cercle est recouvert de cordes, lesquelles sont elles-mêmes enveloppées d'une gaine de protection en cuir; sa résistance à la rupture est de 60.000^{kg}. Il porte également à sa circonférence les cordages de suspension de la nacelle, laquelle est de forme annulaire et d'un diamètre extérieur de 3^m,50. Ces cordages pourraient soutenir, avant de rompre, un poids de 36.000^{kg}; et le maximum de leur charge normale, voyageurs compris, ne dépassera jamais 2.000^{kg}.

De la circonférence du cercle partent aussi les cordages qui

supportent le dynamomètre, auquel est attaché le gros câble d'ascension ayant 450^m de longueur. Ce dernier n'a à travailler couramment que sous un effort moyen de 1.000^{kg}; il a été essayé aux ateliers de construction du chemin de fer de P.-L.-M., et a supporté, avant rupture, une charge dépassant 10.000^{kg}.

L'appareil aérostatique est, du reste, par excès de prudence, toujours muni de tous les engins d'arrêt ainsi que de son lest de bord, pour faire route comme dans un départ libre, en cas de rupture de câble d'ascension.

§ 268. **Partie mécanique : moteur, chaudière, freins et treuil seul.** — Le rappel du ballon s'opère au moyen d'un moteur à vapeur à deux cylindres, actionnant chacun une des extrémités de l'arbre de commande par l'intermédiaire de plateaux avec boutons manivelles.

Les cylindres ont 150^{mm} de diamètre; la course des pistons est de 200^{mm}.

Sur l'arbre de commande est calé un pignon à denture hélicoïdale et à chevrons, qui entraîne les deux tambours portant des gorges pour recevoir le câble d'ascension, et formant poulies de touage. Le diamètre à l'enroulement sur les tambours, est de 550^{mm}.

Lorsque le ballon est rappelé à la vitesse de régime de 1 mètre par seconde, les tambours font 34 tours à la minute, et l'arbre de commande du moteur à vapeur fait 156 révolutions dans le même temps.

A cette allure, la machine développe, à la pression de 6^{kg},50 et avec une admission pendant les 3/4 de la course, 26 chevaux indiqués. A la pression de 7^{kg} la machine développerait 28 chevaux. Les organes de la machine sont étudiés pour pouvoir supporter une pression de 8^{kg}.

La chaudière du système Field avec tubes pendentifs de 25^{mm} de diamètre, est timbrée à 8^{kg}; sa pression de régime est de 7^{kg}. La surface de chauffe atteint 10^{m.c}. La surface des grilles est de 0^{m.c},38.

Durant l'ascension, lorsque le ballon s'élève, la force ascensionnelle entraîne le treuil, et fait tourner les machines en sens inverse de leur marche normale. Dans ces conditions, la communication de la vapeur étant interrompue, les cylindres font office

de pompes aspirant l'air par le tuyau d'échappement, et le refoulant par le tuyau d'arrivée de la vapeur. Un robinet, dont la section a été calculée sur la vitesse maxima d'ascension, est disposé sur le dernier tuyau, et permet, par son ouverture ou sa fermeture, de régler cette vitesse à toutes les allures, depuis l'arrêt complet jusqu'à la vitesse maxima.

Outre le frein à air, la machine est munie d'un frein supplémentaire placé sur l'arbre de commande, et composé d'une poulie en fonte avec joues, contre laquelle agit un frein formé d'une bande d'acier garnie de cuir. La manœuvre s'opère au moyen d'une vis et d'un volant.

Un treuil d'enroulement placé à l'extrémité avant du châssis, reçoit le câble, qui y est rangé automatiquement par un mouvement de va-et-vient que commande le treuil lui-même.

Une des extrémités de l'arbre du treuil est munie d'une communication électrique, pour le service du téléphone entre le ballon et le sol. Le tout est monté sur un seul chariot porteur.

Le câble venant du treuil passe sur une poulie à gorge, munie d'une chape marine s'opposant à la sortie du câble. Cette poulie est montée sur un système en fer forgé avec tourillons en acier formant un mouvement universel à la cardan, qui lui permet toutes les inclinaisons.

§ 269. **Partie chimique.** — Le ballon est gonflé d'hydrogène pur, produit par un générateur à gaz analogue à celui qui complète l'ensemble du système Gabriel Yon (§ 256).

Ce générateur, avec tous ses organes également sur chariot, comprend le bouilleur proprement dit, auquel se trouvent directement accolées deux colonnes additionnelles pour la marche du liquide en travail. La distribution de l'eau et de l'acide est rendue automatique à l'aide de corps de pompes à plongeurs d'une capacité déterminée et invariable; ces pompes sont commandées par un cylindre à vapeur constamment en communication, au moyen d'une conduite élastique, avec la chaudière du treuil moteur.

L'hydrogène engendré passe, à sa sortie du bouilleur et après avoir traversé les colonnes ascendantes et descendantes qui le complètent, dans un laveur à niveau invariable, à l'intérieur

duquel l'eau tombe sous forme de pluie, et est renouvelée continuellement par les pompes dont il vient d'être parlé.

Enfin, ce gaz traverse encore, avant son introduction dans l'aérostat, deux sécheurs à chlorure de calcium destinés à le purifier complètement, ainsi qu'une légère couche de soude caustique, qui sert à le rendre alcalin en faisant disparaître toute trace d'acide quelconque entraîné.

Le présent générateur pèse 3.000^{kg} environ; il a été étudié pour une production d'hydrogène de 300^{m.cub.} à l'heure en marche normale.

T^{ME} II, 6^E P^{IE}. — CHAPITRE IV

LES BALLONS LIBRES, ET LES BALLONS DIRIGEABLES OU AÉRONEFS

ASCENSIONS LIBRES DES BALLONS EN GÉNÉRAL

§ 270. **Vitesses et pressions du vent.** — Pour les ascensions libres, il faut d'abord se rendre compte de la vitesse avec laquelle le vent peut, suivant sa force, vous emporter au loin. A cet effet, nous donnerons le tableau suivant, généralement adopté aujourd'hui :

DÉSIGNATION DES VENTS	Vitesse par seconde
	mètr.
Vent seulement sensible	1,0
Vent faible ou légère brise	2,0
Vent modéré	2,5
Vent frais	4,7
Vent frais ou brise, tendant bien les voiles	6,0
Vent fort ou jolie brise, le plus convenable aux moulins	7,0
Bon frais	9,0
Grand frais	12,0
Vent violent ou très fort	15,0
Vent impétueux	20,0
Tempête	27,0
Grande tempête	30,0
Ouragan	36,0
Grand ouragan	40,0
Ouragan qui renverse les édifices	45,0

Il convient aussi d'apprécier les pressions que le vent peut exercer sur un aérostat au départ, au repos ou à l'atterrissage. Pour cela, il faut d'abord connaître les pressions subies par une surface plane de 1^{m.c.} frappée normalement, puis multiplier ces pressions par un coefficient destiné à tenir compte de la forme du ballon.

Le tableau ci-après et les indications qui le suivent, permettent de résoudre la question.

Pressions en Kg par mètre carré.

VITESSE par seconde	LABOULAYE	UHLAND	RORET	VITESSE par seconde	LABOULAYE	UHLAND	RORET	VITESSE par seconde	LABOULAYE	UHLAND	RORET
mètr.	Kg	Kg	Kg	mètr.	Kg	Kg	Kg	mètr.	Kg	Kg	Kg
1,00	0,20	»	»	6,00	4,87	»	»	15,00	30,47	27,56	»
2,00	0,54	»	»	7,00	6,64	6,00	»	20,00	54,16	»	46,25
2,22	0,66	»	»	8,00	»	»	7,44	27,00	98,17	»	»
2,50	»	0,76	»	9,00	10,94	»	»	30,00	»	110,23	»
3,00	»	»	1,05	10,85	»	»	13,70	36,00	176,96	»	»
4,70	»	2,71	»	12,00	19,50	»	»	40,00	»	195,97	186,08
5,00	»	»	2,91	14,00	»	»	22,80	45,00	277,87	»	»

En divisant les chiffres des trois dernières colonnes par le coefficient de réduction qu'a adopté M. Dupuy de Lôme, c'est-à-dire par $1/30$, on voit qu'un vent impétueux ayant une vitesse de 20 mètres par seconde, n'exercerait qu'une pression moyenne de $1^{\text{kg}},65$ environ par mètre carré de la maîtresse section de l'aérostât, ce qui est peu. Il en résulte qu'en donnant au gaz un excès de pression de 50^{mm} d'eau sur l'air ambiant, soit 50^{kg} par mètre carré, les parois de l'enveloppe posséderont toujours, pour des vitesses inférieures à 20^{m} par seconde, une rigidité suffisante pour conserver la permanence de la forme de l'aérostât, même en admettant que la pression du vent pût exercer momentanément son action sur une *surface plane*.

La forme *concave* pouvant donner lieu à une pression presque double de celle qui correspond au plan mince, il sera prudent, lorsque l'aérostât sera au repos, de conserver à l'intérieur de l'enveloppe une pression deux fois plus forte que celle qui serait suffisante pour la pression du vent sur une surface plane, afin d'éviter les accidents du genre de celui qui s'est produit avec le grand ballon captif de Giffard, accident déjà rappelé plusieurs fois.

D'après M. Didion, si l'on fait mouvoir dans l'air, avec des vitesses variant de 0^{m} à 8^{m} , une surface courbe dont la flèche est comprise entre le tiers et le quart de la largeur, quand la convexité est tournée en avant, la résistance n'est que les $0,77$ de celle qu'éprouverait une surface plane égale à la projection de

la surface courbe perpendiculairement au mouvement; tandis que, quand c'est la concavité qui est en avant, la résistance est représentée par 1,94, celle de la surface plane étant 1.

§ 271. **Usage actuel des changements de direction du vent avec la hauteur.** — Aujourd'hui les aéronautes sérieux et qui veulent se faire la main pour le cas de guerre, remplacent, par des ascensions étudiées et méthodiques, la vieille ascension banale dans laquelle on ne demande au vent qu'une seule chose, de ne souffler en tempête ni lors du *lâchez tout*, ni lors de la *descente*. Ils tâchent de profiter des changements de directions que subit le vent en hauteur; et soit en montant, soit en descendant, ils cherchent des courants d'air propices à la direction qu'ils doivent suivre.

Quant à ces courants aériens, ils sont analysés à l'aide de l'observation des mouvements relatifs des nuages, et de la projection de petits ballons pilotes allégés ou lestés pour pouvoir s'élever au-dessus de l'aérostat, ou descendre au-dessous de lui. Toutefois, on aurait tort de compter d'une façon trop absolue sur l'existence de ces fleuves atmosphériques pour diriger un aérostat dans tous les sens.

M. G. Tissandier affirme que sur vingt-six voyages aériens qu'il a exécutés, il n'a rencontré que cinq fois la présence de courants *inverses* dans l'atmosphère.

La recherche des courants aériens de direction convenable est d'ailleurs assez limitée; car, répétons-le, la hauteur maxima à laquelle les aéronautes peuvent s'élever sans danger paraît être comprise entre 5 et 6.000^m. Pour atteindre une altitude plus grande, il faudrait que les aéronautes puissent combattre la raréfaction de l'atmosphère en étant revêtus d'un scaphandre, ou en s'enfermant dans une sorte de tente-ballonnet, disposée de façon à ce que l'air puisse être facilement renouvelé au moyen d'une pompe spéciale le puisant à l'extérieur et lui donnant une pression suffisante. On pourrait encore emporter du gaz respirable condensé dans de petites outres. Mais ce système a ses dangers; et tout le monde se rappelle l'expérience calamiteuse qui en a été faite. D'ailleurs il ne remédie pas aux phénomènes de dépression extérieure subis par l'organisme.

§ 272. Instruments d'atterrissage et leur usage (1).

— L'atterrissage reste la période délicate des pérégrinations aériennes. Le trainage qui le termine le plus souvent, peut être assimilé au naufrage qui parfois vient mettre fin à la traversée maritime d'un navire ; il est fécond en dangers pour les voyageurs et surtout pour la conservation d'un matériel coûteux.

Afin d'en atténuer les conséquences, il importe de se conformer aux indications suivantes :

1° *Étalingure de l'ancre ou du grappin.* — On s'appliquera à fixer le câble sur l'ancre, ou sur le grappin que beaucoup d'aéronautes ont adopté, non pas par un nœud serré, mais par un nœud lâche, quelque peu coulant, quoique sûr et solide. De cette mesure il résultera que les chocs subis par le câble se répercuteront moins fortement sur l'ancre, et l'arracheront moins facilement dans les premiers instants, jusqu'à ce que le nœud se soit serré à fond.

2° *Le guide-rope.* — La contexture de cet agrès doit être mieux soignée : les aéronautes oublient trop facilement qu'il doit être rugueux, chevelu, pour bien *faire balai*, ramasser les feuilles, les pailles, les herbes, les brindilles, qui viendront augmenter son frottement sur le sol, retarder le cheminement du ballon, et permettre ainsi, soit aux curieux d'arriver pour prêter leur assistance, soit à l'ancre de subir une tension moindre si la vitesse du vent oblige à *mouiller*. Nous recommanderons d'employer pour la confection du guide-rope le textile, dit *chanvre de Manille*, parce que c'est le seul qui soit plus léger que l'eau, par conséquent le seul qui flotte. Cela est important quand le ballon s'abat sur la mer ou sur une nappe d'eau : les tentatives d'une embarcation pour saisir un ballon en détresse seront plus souvent efficaces, lorsqu'il traînera à sa suite un guide-rope flottant. D'ailleurs, de cette légèreté du *manille*, comparé à l'*alfa* et au *tampico*, résulte un allègement du matériel fort précieux en aéronautique. Il est bien entendu qu'on veillera à ce que la corde reste chevelue, et ne soit pas lissée.

Pour augmenter les aspérités, soit la surface agrippante du guide-rope, et, par suite, son effet utile de balai, il est bon qu'il soit *commis en grelin*, c'est-à-dire composé de trois cordes tordues entre elles. On emploie d'ordinaire des *aussières* à cet

(1) Cette question a été particulièrement étudiée par M. Ch. Labrousse.

usage, c'est-à-dire des cordes où les fils sont tordus en un certain nombre de *torons* ou faisceaux; le grelin est la corde dont chaque toron est une aussière; il est ainsi le résultat d'un second *commettage*.

Quelques praticiens ont tenté de garnir le guide-rope d'hameçons ou crochets en métal, ou de brins de jonc. Mais ces dispositions en rendent le maniement difficile et dangereux.

3° *Ancre ou grappin*. — A égalité de poids, l'ancre résiste mieux à la tension que le grappin, mord le sol plus facilement, se rompt plus rarement quand on la *mouille*, c'est-à-dire au moment où de la nacelle on l'abandonne à son propre poids.

C'est donc l'ancre que nous préférons.

Parmi les divers modèles marins, c'est l'ancre dite *flamande*, à *jas* de bois cerclé en fer qui est généralement adoptée. Nous recommandons, pour des raisons données en 5° que le *coude* (point où la *verge* s'assemble avec les *bras*) soit percé d'un trou.

4° *Ancre Delta*. — L'ancre en fer nuit aux bonnes indications de l'aiguille aimantée, à la courte distance où on la tient du poste de celle-ci; et pourtant il y a tout intérêt à ce que la boussole donne une saine observation de la *route*. L'industrie offre un métal composé, fondu et martelé, tout prêt à remplacer le fer forgé à égalité de poids: c'est la matière dite *delta*, où le fer n'entre que pour une faible partie, qui est sans influence magnétique, et qui conséquemment n'exerce pas de déviation sensible sur l'aiguille.

5° *Meilleur mode d'étaliquage* de l'ancre. — Réduisant le guide-rope à une longueur de 10^m, on lui fait faire suite au câble de l'ancre; cet *ajut* se compose d'un *nœud-de-chaise* pour la première corde, d'une *demi-clef* et de plusieurs tours du bout du câble sur lui-même, retenus de loin en loin par des genopes.

L'ancre n'est *mouillée* que lorsque le câble est déployé; elle *s'affale* sur ce câble en se couissant sur lui. A cet effet, l'ancre (ou le grappin qui la remplace) porte un anneau ou une manille à son coude; si elle n'y est pas percée, on la garnit d'un *erseau* en corde plus fort que le câble, entourant la verge et les bras de l'ancre ou deux branches du grappin, et portant une *cosse* en fer ou en cuivre. Le câble est passé dans cette cosse, cet anneau ou cette manille, par le bout qui doit faire *dormant* sur le cercle de suspension, puis dans l'organeau.

De ce *coulissage* de l'ancre il résulte que le ballon, déjà allégé

d'une partie du câble qui touche terre, n'est pas subitement délesté du gros poids de l'ancre, celle-ci continuant à peser quelque peu sur le câble incliné; dans sa période de chute, par son frottement, elle se dépose à terre plutôt qu'elle n'y tombe; d'où moins de chances de ruptures de cet engin, et moins de bonds saccadés du ballon. L'ancre arrivée à terre, le ballon ne subit pas un choc immédiat : la partie horizontale du câble continue à courir dans ses deux conduits; puis le nœud vient faire tête dans l'un d'eux, se serre progressivement sous la tension, avant que ne se produise tout l'effort d'arrachement causé par la force du vent sur le ballon ou par la vitesse acquise de celui-ci.

A cet effet de *modération*, s'ajoute encore celui de la friction sur le sol des 10^m du guide-rope *élongé* par terre, chargé des menues brindilles qu'il a ramassées dans sa course ou du poids des personnes accourues pour aider à la descente. Ce guide-rope aura une influence réelle sur la bonne prise et sur la bonne tenue de l'ancre; il l'empêchera de s'enlever, de *fouetter*, lui rendant le même service que la queue du cerf-volant à cet appareil.

Ce n'est pas tout encore : le restant du lest, au moyen d'une S par sac et de petites cordes ou *orins*, sera, aussitôt qu'on pourra le faire dans une *embellie* du trainage qui commence, filé sur le câble, couchera celui-ci davantage, allégera la nacelle. Cette manœuvre viendra s'ajouter au poids de l'ancre, ainsi qu'à la masse pesante et agrippante du *système de retenue*.

§ 273. **Conseils pour l'atterrissage.** — Un problème important à résoudre consiste dans la recherche d'un moyen simple et pratique permettant d'amener à terre l'aérostat, quelle que soit la violence du vent, et sans qu'il en résulte de dangers pour les aéronautes et pour le ballon lui-même.

L'atterrissage s'exécute en principe avec l'ancre ou le grappin aidé du guide-rope, le tout étant d'ailleurs organisé comme il a été dit au § précédent.

Il faut surtout que le poids de l'ancre (ordinairement 30^{kg}) soit suffisant, comparé à la force ascensionnelle de l'aérostat, et à l'effort que la pression du vent peut exercer à un moment donné sur la corde de l'ancre, et cela afin d'obtenir d'une façon à peu près certaine la pénétration de l'ancre dans le sol. Il importe de remarquer que le seul fait du repos de l'ancre sur le sol, produit

une force ascensionnelle assez grande pour que l'aérostat demeure toujours à une certaine hauteur, et que la nacelle ne puisse jamais venir heurter le sol sous l'action du vent, ou sous l'influence de la puissance vive acquise par l'aérostat au moment de la descente.

Si le poids de la chaîne guide-rope est égal au poids des aéronautes, la force ascensionnelle qui se manifestera lorsque ces derniers descendront à terre, pourra être compensée par le soulèvement plus ou moins grand de la chaîne, et non par celui de la verge de l'ancre, qui tendra moins ainsi à s'arracher du sol. En tous cas, il conviendra de produire, d'une manière ou d'une autre, une force descensionnelle qui soit au moins égale au poids de l'ancre. La rapidité avec laquelle cette force descensionnelle devra être obtenue, au moment même de la descente, dépendra des circonstances : si l'on a un ballonnet, on tâchera d'obtenir cette force descensionnelle en y refoulant de l'air, de façon à recourir le moins possible à l'ouverture de la soupape de dégonflement.

Une circonstance qui facilitera beaucoup la production d'une force descensionnelle suffisante, c'est que le rapport des poids spécifiques de l'air et du gaz du ballon va d'ordinaire sans cesse en diminuant à mesure que l'aérostat se rapproche du sol, par suite de la température plus élevée que possèdent généralement les couches d'air inférieures, et qui n'a pas le temps de se communiquer à l'intérieur de l'aérostat. Ainsi un ballon de 8.000^{m.cub.} descendant d'une hauteur de 2.000^m éprouverait un alourdissement de 373^{kg} pour un écart de température de 12°. Encore ce chiffre devrait être considéré comme un minimum ; car il serait manifestement trop faible s'il pleuvait, ou si les couches inférieures traversées par l'aérostat étaient simplement chargées d'humidité, ce qui mouillerait l'enveloppe.

En tenant compte de ces différentes causes de perte de force ascensionnelle, on arrive à cette conclusion que les descentes peuvent le plus souvent se faire dans de bonnes conditions, sans avoir trop recours à la soupape de dégonflement.

§ 274. **Ascensions libres des ballons militaires.** — Le ballon normal est gréé pour pouvoir faire au besoin une ascension sans danger, s'il venait à s'échapper. Avec un grée-

ment spécial, il peut être utilisé aussi pour les ascensions libres faites de propos délibéré.

Il est pertinent de donner quelques indications au sujet des manœuvres qui se rapportent à ce genre d'opérations utilisables, par exemple, pour sortir d'une place assiégée.

On observera tout d'abord que l'aérostat abandonné à lui-même n'est qu'une *bouée* flottant au gré des courants aériens et oscillant à des altitudes variables, en obéissant aux moindres variations de température.

A chaque oscillation, cette bouée se vide plus ou moins, suivant qu'elle a plus ou moins dépassé sa position d'équilibre ; et elle ne tarde pas, si on l'abandonne à elle-même, à perdre toute sa force ascensionnelle. On estime qu'un ballon normal, lâché en liberté, retombe à terre après un séjour de six heures environ dans l'atmosphère.

Le but que se propose l'aéronaute militaire qui veut franchir une zone occupée par l'ennemi, est de prolonger autant que possible cette durée ; il n'a pour cela qu'une ressource, sa provision de lest, qui lui permettra d'alléger progressivement le ballon pour compenser les pertes de force ascensionnelle, mais qu'il ne peut renouveler au cours de l'exploration.

Il emportera donc le plus de lest possible ; c'est dire qu'il s'élèvera avec le ballon entièrement gonflé et une force ascensionnelle minimum. Le ballon sera pesé ; et tout le lest qui aura servi à cette opération passera dans la nacelle, à part quelques kilogrammes et déduction faite du poids des aéronautes. Dans ces conditions, le poids du lest, au départ, pour un ballon normal avec un seul homme, est de 120 à 130^{kg}.

Pendant la route, la carte dont l'aéronaute est muni lui permet de tracer en plan l'itinéraire parcouru. Des observations périodiques du baromètre lui donnent en même temps les ordonnées de la courbe réelle suivie par l'aérostat.

On devra, de toutes façons, réserver de 20 à 25^{kg} de lest pour les manœuvres inséparables de l'atterrissage. Si, au point choisi pour cette opération, le ballon a encore une grande force ascensionnelle, c'est par le jeu modéré de la soupape de dégonflement que l'on déterminera la descente ; mais il ne faut pas perdre de vue que le ballon alourdi descendra avec une vitesse accélérée jusqu'à ce que la résistance de l'air fasse équilibre à la pesanteur. C'est par le

jeu combiné du lest et de la soupape que l'on arrivera à se rapprocher de terre sans vitesse excessive ; et l'expérience acquise peut seule guider l'aéronaute dans cette manœuvre parfois périlleuse.

Il a d'ailleurs une dernière ressource à sa disposition, même après que tout son lest est épuisé, c'est l'emploi du *guide-rope*. Cet agrès se compose, pour les ballons militaires, d'une corde de 120^m environ ; on la déroule au moment de la descente, ce qui allège le ballon de tout le poids de la partie plus ou moins longue qui traîne à terre.

Lorsqu'on s'est ainsi assez rapproché du sol, et que le terrain semble propice, on jette l'ancre ; et on ouvre la soupape, dont on déclenche au besoin l'obturateur, pour précipiter le mouvement, s'il faut absolument éviter un obstacle vers lequel vous entraîne le vent.

§ 275. **Parachutes.** — Si, par malheur, un ballon venait à se crever en l'air, il descendrait avec une extrême rapidité ; et la vie des aéronautes serait gravement compromise.

Les parachutes servent à prévenir, si possible, un aussi terrible accident. La fig. 41 montre la constitution d'un parachute, et le représente soit au repos et fermé, soit en mouvement et ouvert.

Un parachute susceptible de soutenir le poids d'un homme de 80^{kg}, plus celui de tout l'appareil, soit ensemble et en chiffre rond 100^{kg}, comporte un cercle de 12^m de diamètre de plan mince, donnant, par la déformation, une partie concave de 10^m d'ouverture environ, soit 80 *mètres carrés de surface concave*. Ces proportions correspondent très sensiblement à une descente ayant comme régime de vitesse 1^m par seconde pour le poids en vue.

Le mécanisme adopté par M. Yon pour faire ouvrir le parachute est le suivant : il existe en AA une sangle passant intérieurement, et sortant par le sommet du parachute ; elle est appelée à suspendre provisoirement l'aéronaute dans sa nacelle. Les petites cordes de suspension circonférencielle sont molles et en guirlande en B, B... ; la tête du parachute est fixée en C sur ladite sangle.

Aussitôt que le mouvement de descente de l'aérostat est un peu accentué, l'étoffe DD du parachute, qui n'a rien à supporter, se développe en EE, et tire sur les cordes B, B..., qui viennent à la forme G, G..., et soulage la sangle AA, laquelle devient molle à

son tour et forme une légère guirlande au-dessous du cercle F. A ce moment, il n'y a plus qu'à détacher la corde du sommet C, pour abandonner le tout dans l'atmosphère.

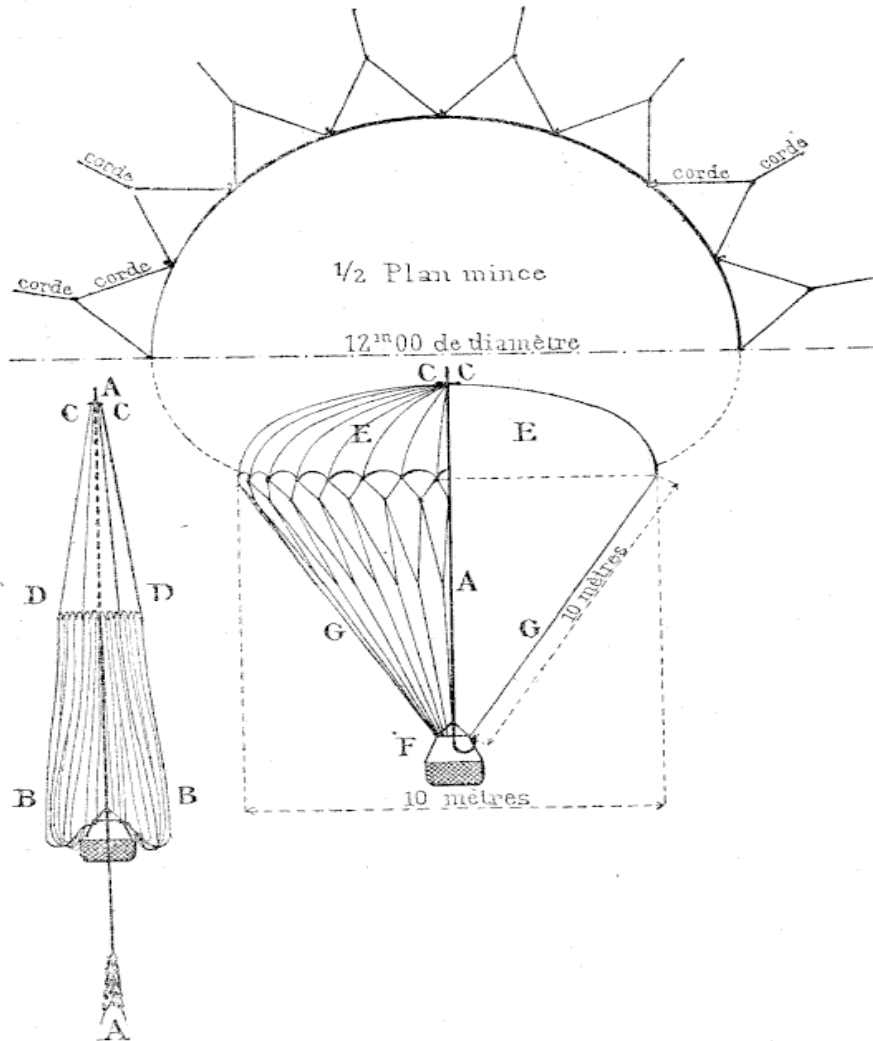


Fig. 41.

On peut couper la corde de retenue d'un parachute à la volée, et sans que le ballon ait une notable vitesse descensionnelle. En pareil cas, l'aérostat remonte avec une assez grande vitesse, en raison des 100^{kg} de décharge qu'il acquiert; et le parachute descend de son côté, pour s'ouvrir après un parcours d'environ 5^m de chute au maximum, comme l'a expérimenté M. Yon.

Cet habile ingénieur n'est pas partisan des procédés anciens, qui offraient un grand danger, en obligeant le malheureux aéronaute à une chute verticale d'une cinquantaine de mètres, pour forcer le parachute à s'ouvrir. C'est cette circonstance qui a amené M. Yon à trouver et à utiliser le système de la sangle intérieure, laquelle supprime d'un seul coup la complication dont il vient d'être parlé.

CONSTITUTION DES AÉRONEFS ESSAYÉS JUSQU'ICI

§ 276. **Observations sur la navigation aérienne comparée à la navigation maritime.** — La navigation sur l'eau est basée, dans le louvoyage avec les navires à voiles, sur ce principe que *la résistance du milieu sur lequel flotte le navire permet d'annihiler sensiblement la force de dérive due au vent, c'est-à-dire la composante de l'impulsion des voiles perpendiculaire à la direction suivie par le navire.* L'air est le plus souvent animé d'une certaine vitesse par rapport à l'eau, ce qui forme le vent. On peut alors avancer à l'opposé de celui-ci. Il suffit pour cela de pointer les voiles. L'air frappant sur ces dernières, et l'eau formant en quelque sorte glissière, le bâtiment avance en partie à l'encontre du vent. En renversant l'orientation des voiles, on dirige le navire dans une direction symétrique à la première par rapport au lit du vent. Après avoir marché dans cette nouvelle direction le même temps que dans l'autre, le navire se trouve en définitive avoir avancé droit dans ce lit; et c'est en cela que consiste le louvoyage.

Rien de semblable pour la navigation en plein air; là le flotteur est complètement immergé dans l'élément qui le soutient: d'où résulte l'impossibilité *pour l'aéronaute de recourir aux procédés ordinaires de la navigation à voiles.* L'ouragan emporte le ballon; et celui-ci ne peut lutter qu'à la condition de se procurer, à l'aide d'un propulseur, une vitesse propre comparable à celle du vent. En supposant qu'il y parvienne, il se trouve alors dans la situation d'un steamer complètement immergé, et lancé sur une mer que parcourraient des courants de vitesse souvent supérieure à la vitesse propre du navire, et de direction *à la fois variable et inconnue.*

Sous le rapport de la détermination de ses positions successives, l'aérostat propulsé aura bien, comme le steamer, le gouvernail et la boussole pour se maintenir en direction ; il pourra, comme lui, faire le point astronomique ; mais ce sera là une faible ressource quand il dérivera avec des vitesses pouvant dépasser 40^m par seconde.

En principe, il sera alors nécessaire, pour qu'il gouverne utilement, que, grâce à des repères pris à terre, il puisse constamment modifier son orientation d'après celle du vent. Sans cela, la navigation deviendrait incertaine toutes les fois qu'on perdrait la terre de vue. On ne voit donc pas jusqu'ici par quels procédés un navire aérien partant de Brest, par exemple, atterrirait avec certitude à New-York.

Est-il besoin d'ajouter que la plupart des difficultés que nous venons d'énumérer disparaissent, quand il s'agit simplement d'explorer le terrain parcouru par l'ennemi, et de communiquer avec une place assiégée. Nous rentrons alors dans les conditions auxquelles s'appliquent les essais tentés dans ces dernières années depuis Dupuy de Lôme.

Le développement d'une force suffisante pour lutter contre un vent modéré, dont la vitesse ne dépasserait pas, par exemple, 10^m par seconde (ou 20 nœuds en nombre rond), permettrait aux aéronautes de sortir presque tous les jours de l'année, avec la certitude de revenir à leur point de départ. Car, d'après l'ouvrage de M. Wellner, on a observé dans nos régions que, durant une période de dix ans, il y a eu :

82 jours où la vitesse du vent n'a pas dépassé.	4 ^m par seconde.
234 jours 1/2	10 —
38 jours	19 —
1/2 jour (vent d'orage)	40 —

A Vienne, la vitesse moyenne du vent, pendant l'année 1871, n'a atteint que 2^m,23 par seconde.

Il résulte encore des expériences faites à Chalais-Meudon avec un anémomètre enregistreur installé au-dessus du plateau de Châtillon, et élevé au sommet d'un mât de 28^m de hauteur, qu'un ballon dirigeable, ayant une vitesse de 12^m,50, pourrait évoluer dans tous les sens 815 fois sur 1.000, et qu'il pourrait remonter le vent avec une vitesse de 2^m,50 au minimum 708 fois sur 1.000. La conquête de l'air telle qu'il est rationnel de la concevoir, sera

chose pratiquement résolue le jour où l'on aura construit un ballon dirigeable ayant une vitesse moyenne de 12^m,50 par seconde (45^{km} à l'heure ou 24^{nœuds},3), et pouvant soutenir cette vitesse pendant dix ou douze heures.

§ 277. **Première idée de la direction des ballons; et principes généraux.** — Il était naturel, dès que l'on eut réussi à s'élever dans les airs, que l'on cherchât à transformer la bouée instable qui avait servi aux premières expériences en un aérostat dirigeable à volonté. Toutefois, ainsi que nous l'avons vu au § précédent, les routes de l'air ne seraient pas pour cela ouvertes à l'aérostation comme celles de l'Océan le sont à la navigation maritime.

Au point de vue militaire, le ballon dirigeable, seul, rendra possible l'exploration stratégique, et permettra de découvrir à une grande distance les mouvements exécutés autour d'un campement ou d'une forteresse et sur les routes qui y aboutissent. Sans compter qu'il pourra alors servir de torpilleur aérien.

On conçoit donc que, malgré les difficultés auxquelles se sont heurtés les premiers essais, les inventeurs ne se soient point découragés, et que les militaires aient, de leur côté, cherché la solution si longtemps poursuivie du problème. Nous rappellerons brièvement ci-après les principales tentatives faites depuis la découverte des ballons.

Auparavant, il importe d'indiquer quelques principes généraux concernant la propulsion des aérostats.

Rigidité des parois. — La facilité avec laquelle on peut obtenir, par une simple insufflation d'air dans un ballonnet, la rigidité des parois d'un aérostat, montre le peu de valeur du raisonnement par lequel certaines personnes prétendent démontrer l'impossibilité de lutter contre le vent. Selon ces personnes, le gaz étant plus léger que l'air, les parois de l'aérostat ne sauraient résister à la pression exercée par un courant atmosphérique animé d'une certaine vitesse.

Pour un même excès de pression, il est bien évident cependant que la rigidité sera la même, quelle que soit la densité du gaz employé; et, à ce point de vue, si l'on pouvait supprimer la nacelle, il serait possible de lutter contre un véritable ouragan; car le propulseur pourrait être considéré comme agissant sur un

véritable solide, pour peu que la pression intérieure dépassât celle que le vent exerce sur les parois du ballon, et que la poussée motrice fût bien répartie.

Il est d'ailleurs assez facile de calculer approximativement la pression maxima qu'il conviendrait de donner à l'air du ballonnet, en remarquant que cette pression devrait être assez forte pour que la répartition du poids de la nacelle se faisant à peu près uniformément sur toute la surface de l'aérostat, celui-ci ne puisse jamais se déformer, même s'il venait à prendre une inclinaison assez prononcée.

Dans un ballon de 15^m de haut, supposé gonflé d'hydrogène jusqu'au bas du pendentif, la pression atteint en moyenne les valeurs suivantes :

Au bas du ballon.	8 ^{kg} .
Au sommet du ballon	24 ^{kg} .

Ce qui montre qu'en donnant à l'air du ballonnet un excès de pression de 20^{kg} par m. c., correspondant à environ 20^{mm} d'eau ou à 0,002 d'atmosphère, il serait possible d'obtenir une rigidité plus que suffisante pour maintenir la permanence de la forme de l'aérostat, d'autant plus que l'on peut très bien faire reposer la plus grande portion du poids de la nacelle sur la partie de l'enveloppe extérieure qui se trouve directement en contact avec le gaz sustenteur. La résistance de l'étoffe, en cet endroit, devra être notablement plus forte, en raison de sa fatigue.

L'emploi d'un ballonnet *extérieur* (§ 201) permettrait de porter, sans le moindre inconvénient, à 20^{mm} d'eau et même à 40^{mm} la pression de l'air du ballon, à la condition cependant de renforcer suffisamment l'étoffe qui recouvre le sommet de la partie renfermant le gaz, afin d'éviter les déchirures possibles et surtout les pertes de gaz, qui auraient évidemment tendance à augmenter d'intensité à mesure que la pression intérieure s'élèverait par rapport à celle de l'atmosphère. Quant aux pertes de gaz à travers l'étoffe du ballon intérieur, elles resteraient les mêmes, en volume, quelles que soient les variations de la pression de l'air qui l'entoure, puisque la pression du gaz augmenterait dans les mêmes proportions que celles de cet air.

Avec un ballonnet intérieur, il n'en serait certainement pas ainsi; et les déperditions de gaz augmenteraient sur toute la sur-

face extérieure de l'aérostat, à mesure que la pression de l'air du ballonnet s'élèverait.

Conditions fondamentales de navigabilité. — Tout ballon dirigeable ou aéronef doit remplir les conditions suivantes :

Stabilité de route obtenue par la forme du ballon et la disposition du gouvernail ;

Diminution des résistances à la marche par le choix des dimensions et de la forme ;

Rapprochement des centres de traction et de résistance pour diminuer le moment perturbateur de stabilité verticale ;

Enfin, obtention d'une vitesse capable de résister aux vents régnants les trois quarts du temps, dans le pays où on se trouve.

Il y a d'ailleurs à étudier le meilleur agencement à donner à la chemise et au filet de suspension, la proportion du volume du ballonnet, la disposition ayant pour but d'assurer la stabilité longitudinale du ballon, le calcul des dimensions à donner aux pièces de la nacelle et au propulseur, les proportions et le poids de l'appareil moteur et de l'agent fournissant l'énergie.

Forme des aéronefs. — Rien de précis n'existe encore sur ce qui concerne le meilleur dessin à adopter pour cette forme. Il serait grandement à désirer que l'on fit de nouvelles expériences sur la résistance des fluides et de l'air en particulier, en variant la forme des proués et des poupes. On ne saurait évidemment se fier aux plus ou moins anciennes expériences de Borda, d'Alembert, Dubuat, Duchemin, Piobert, Morin, etc., pour la détermination de la forme qu'il convient de donner aux aéronefs ; ces expériences ont été faites sur de trop petits modèles et avec des vitesses trop faibles, pour qu'on puisse en conclure quoi que ce soit d'utile à la question en vue. D'autre part, on ne peut rien tirer des essais des navires actuels à grande vitesse, en tenant compte de la différence de densité de l'eau et de l'air ; car cette différence de densité implique des effets de remous propres à chaque fluide, d'autant que les navires ont une partie de leur corps hors de l'eau.

Il est certain cependant que, pour une longueur et une vitesse déterminées, il doit exister un certain rapport entre la poupe et la proue pour lequel la résistance devient minima. Un moyen très simple d'élucider la question, consisterait à se servir de la vitesse d'un train de chemin de fer pour exécuter, par un

temps calme, une série d'expériences avec de petits ballons de même volume et de formes variées.

Stabilité des aéronefs. — A un autre point de vue, il y a à se préoccuper des conditions de stabilité d'un aérostat de forme ovoïde, mais en remarquant qu'on ne se trouve pas ici en présence d'un corps solide de forme invariable, et qu'il convient de tenir compte des déplacements que peuvent prendre les masses gazeuses renfermées dans l'aérostat.

S'il existe un ballonnet à air, les déplacements de gaz peuvent parfaitement se produire sans que la permanence de la forme extérieure de l'aérostat cesse d'avoir lieu. Dans tous les cas, ils ont une influence prépondérante sur la stabilité des aéronefs de forme allongée. Il suffit, pour s'en rendre compte, d'étudier ce qui va se passer lorsque, pour une cause ou pour une autre, le ballon a son grand axe qui cesse d'être horizontal.

Si le ballon se trouve partiellement dégonflé, il est évident que le gaz qu'il renferme se portera immédiatement vers la partie la plus élevée, en produisant un déplacement correspondant du point d'application de la force ascensionnelle par rapport à la verticale passant par le centre de gravité de l'aérostat. Cet effet augmentera d'ailleurs très rapidement avec l'inclinaison du grand axe; et l'on conçoit aisément qu'il pourra arriver un moment où le poids de la nacelle agissant sur les cordages se trouvant insuffisant pour ramener l'horizontalité, le système prendra une nouvelle position d'équilibre; et l'inclinaison persistera.

En tout état de cause, la permanence de forme devra être obtenue aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Cette condition est assez difficile à réaliser avec un ballonnet intérieur. Et effectivement, le déplacement des masses gazeuses peut encore se faire dans un tel aérostat : 1° si le ballonnet ne se trouve pas entièrement gonflé; 2° si le ballonnet étant complètement gonflé, le volume du gaz n'est pas capable de tendre les parois qui renferment le gaz sustenteur. Dans cette dernière hypothèse, l'air du ballonnet se trouverait refoulé vers les parties les plus basses, tandis que le gaz se porterait vers les parties les plus élevées de l'aéronef.

Le système de triangulation funiculaire adopté pour la suspension de la nacelle afin de faciliter la stabilité de l'aérostat, a certainement sa raison d'être; mais il serait impuissant à maintenir,

à lui seul, cette stabilité, qui dépend surtout des déplacements de gaz dont nous venons de parler.

L'importance de ces déplacements pourrait, il est vrai, être atténué au moyen d'un certain nombre de cloisons transversales convenablement disposées, ou encore par l'emploi d'un aérostat en forme de poisson, dont le diamètre maximum serait aussi rapproché que possible de l'avant; mais la dissymétrie de cette dernière disposition présente l'inconvénient de compliquer beaucoup la construction de l'aéronef.

En tout état de cause, il sera prudent, dans le cas d'un ballon de forme assez allongée, de munir ce ballon d'un certain nombre de cloisons transversales percées chacune d'un petit orifice de communication à la partie inférieure. On évitera ainsi les mouvements de tangage qui sont dus principalement à la facilité avec laquelle le gaz passe d'une extrémité à l'autre d'un aérostat de forme ovoïde.

Système de propulsion pour les aéronefs. — Il nous faut dire maintenant un mot des appareils propulseurs proposés pour la navigation aérienne. L'hélice peut être considérée comme le plus simple et le meilleur, en étant placée généralement à l'arrière de l'aérostat, et exceptionnellement à l'avant. Cette dernière disposition est avantageuse pour bien gouverner l'aéronef.

L'emploi des rames et des roues proposé par une multitude d'inventeurs ne souffre guère la discussion, attendu que le mode de fonctionnement de ces appareils ne saurait évidemment être assimilé à celui des rames ou des roues d'un bateau. Pour qu'une roue à palettes pût servir à la propulsion d'un aérostat, il faudrait que la plus grande partie de la roue fût renfermée dans une caisse, de façon à ce que l'action des palettes sur l'air ambiant se fit sentir seulement à la partie inférieure; mais l'effet utile d'un pareil propulseur serait toujours très inférieur à celui de l'hélice, à cause des chocs et des frottements.

Le système de propulsion qui consiste à refouler de l'air à l'arrière du navire aérien au moyen d'un ventilateur, fournirait peut être de bons résultats; mais il présente l'inconvénient d'exiger des tuyaux de refoulement d'une section énorme, pour peu qu'on veuille obtenir un effet utile comparable à celui de l'hélice. Dans ces appareils, l'effet utile maximum correspond, en effet, au cas où la vitesse de l'air dans les conduits de refoulement est égale

à la vitesse de l'aérostat; et la réalisation de cette condition est très difficile à obtenir pratiquement.

Le refoulement de l'air au moyen d'un ventilateur à jets de vapeur, surtout surchauffée, lancés à de courts intervalles, mériterait d'être étudié.

On a proposé également l'action des corps explosifs pour opérer le refoulement de l'air extérieur, ainsi que l'emploi d'une rame unique placée à l'arrière de la nacelle et animée d'un mouvement de va-et-vient comme la godille; mais ces systèmes n'ont jamais été sérieusement étudiés, et l'on ne possède aucun résultat d'expérience permettant d'en apprécier la valeur.

Il nous reste à examiner l'emploi des plans inclinés, qui seraient installés sur une montgolfière moderne (§ 201). Le principe des plans inclinés s'explique très clairement de la façon suivante :

Prenez un écran; soulevez-le vivement en le tenant horizontalement et à plat, vous vous apercevrez que l'air oppose une résistance très sensible; recommencez l'expérience, en inclinant l'écran de manière à ce que sa surface forme un angle appréciable avec la ligne de l'horizon, vous verrez que l'air, en glissant sur le plan incliné, fait dévier ce plan dans le sens opposé à son inclinaison. Votre bras, si vous agissez violemment, sera entraîné obliquement par le mouvement de l'écran.

D'après ce principe, on s'est trouvé conduit à proposer de munir l'aérostat de grandes surfaces planes, qui, inclinées convenablement, le dirigeraient dans un sens ou dans un autre, pendant sa montée ou sa descente. On a encore pensé à se servir du ballon lui-même comme d'un plan incliné, en lui donnant la forme d'une lentille, et en le mettant à même de s'incliner au gré du pilote aérien. Si ces méthodes étaient efficaces, il suffirait de s'élever et de descendre successivement sans perdre de gaz et sans jeter de lest, pour que le ballon puisse en quelque sorte tirer des bordées dans le sens de vertical, tout en progressant horizontalement.

Détails particuliers sur les hélices aériennes. — En résumé, c'est l'hélice qui domine comme le meilleur système de propulsion des aérostats dirigeables.

Deux opinions extrêmes existent, parmi les ingénieurs aéronautes, sur les meilleures dimensions à donner aux hélices, qui, d'ailleurs, sont généralement à deux ailes.

Les uns les veulent de très grand diamètre et à rotation relativement lente; les autres demandent des petits diamètres avec des rotations excessives. En tous cas, il y a encore à rechercher les meilleures proportions et formes à adopter pour les ailes. Le rendement varie beaucoup et très rapidement avec ces éléments; la courbe qui le représente a un sommet pointu, à droite et à gauche duquel elle chute brusquement (1).

Quant à la valeur absolue du rendement maximum, elle est fort discutée. D'après les expériences en marche de l'aéronef de Dupuy de Lôme et de celui de MM. Renard et Krebs, elle vaudrait moyennement 0,7. Cependant il faut se tenir en garde contre ce chiffre; car l'étude précitée du rendement a été faite d'après des essais au point fixe; et lesdites expériences en marche n'ont donné que le produit du coefficient de rendement de l'hélice par le coefficient de résistance de la carène du ballon. Or la répartition de ce produit entre les deux coefficients n'a pu l'être qu'à vue de nez. Aussi plusieurs ingénieurs aéronautes inclinent à attribuer aux hélices aériennes un rendement bien inférieur à 0,7, en raison de la grande fluidité de l'air par rapport à l'eau, où le rendement des bonnes hélices varie de 0,7 à 0,8.

Pour les navires, on sait que l'hélice doit être aussi grande que possible, après qu'on s'est réservé une certaine couche d'eau au-dessus des ailes dans leur position verticale en haut. Mais, de même que pour les formes des aérostats, il n'y a pas de bonne comparaison à établir ici, en raison de la très grande différence de densité de l'air et de l'eau. Il faut des expériences directes.

Par ailleurs, l'invariabilité de forme de l'hélice est une condition fondamentale à remplir. Il est indispensable d'empêcher la flexion des ailes en toile au moyen d'un ou plusieurs fils de fer fixés vers le centre des palettes, et venant s'attacher à une vis disposée de façon à jouer le rôle de tendeur.

Si on adoptait des vitesses de rotation de 2.000 tours à la minute (ce qui ne paraît pas excessif pour l'air, car il n'est pas rare de voir dans la marine des hélices faisant 2 à 300 évolutions par minute dans l'eau), il faudrait une hélice en acier; ou mieux on pourrait adopter une sorte de roue métallique en forme de tambour dont les rayons seraient formés par des rubans d'acier

(1) Voir à ce sujet une étude de M. le commandant Renard dans la *Revue de l'aéronautique*, de janvier 1889.

tordus très légèrement, de façon à appuyer sur l'air pendant la rotation de l'appareil.

La poussée théorique maxima d'une hélice tournant avec une excessive vitesse, devrait être égale à la surface de ses ailes multipliée par la pression atmosphérique, qui vaut, en moyenne, 1^{kg},033 par centimètre carré à la surface de la terre. Mais la poussée pratique dépendrait du vide plus ou moins complet que la rotation des ailes déterminerait sur leur face antérieure. La surface des ailes d'une hélice devrait donc être d'autant plus grande que la pression atmosphérique deviendrait moindre en montant; et il faudrait toujours se donner une marge assez grande, si l'on désirait que la poussée restât sensiblement la même aux différentes altitudes atteintes par l'aérostat. Dans le cas d'un ballon présentant 22^{kg},7 de résistance, par exemple, il suffirait de donner aux ailes d'une hélice tournant avec une vitesse infinie, une surface minima d'environ 22 centimètres carrés pour obtenir la traction voulue.

L'idée d'employer des hélices de petit diamètre marchant à grande vitesse, s'est particulièrement répandue en Amérique. On cite un ballon cylindrique, pourvu d'une hélice tournant à raison de 2.000 tours, qui a, paraît-il, tenu tête à une bourrasque pendant plus d'une heure. Malheureusement, la machine étant venue à faiblir, l'appareil tout entier a été emporté par la force du vent.

En faveur des vitesses de rotation excessives des hélices aériennes, il importe de rappeler que, parmi les nombreux appareils plus lourds que l'air, les seuls qui ont pu jusqu'ici se maintenir un certain temps dans les airs sont les hélicoptères, appareils qui se trouvent munis d'une hélice à pas très faible et animée d'une grande vitesse de rotation. L'hélicoptère que M. Philipps réussit à enlever en 1842 au moyen d'une hélice à réaction à travers les bras de laquelle s'échappait la vapeur, était construite dans ces conditions.

Avec les grandes vitesses de rotation il convient de remplacer, partout où on le peut, les frottements de glissement par les frottements de roulement à l'aide de billes en acier, ainsi que cela se pratique pour les roues des vélocipèdes, de façon à réduire au minimum les résistances passives de la machine.

L'emploi de l'acier chromé, convenablement trempé, paraît excellent pour la fabrication des hélices aériennes rapides. Pour

les autres, on peut recommander des matières d'origine végétale ou animale. En particulier, certaines matières obtenues avec la cellulose conviendraient parfaitement en raison de leur grande légèreté.

Moteurs des aéronefs. — Il semblera au lecteur que nous devrions maintenant poser les principes des moteurs à adapter aux aérostats dirigeables. Mais nous préférons ne traiter cette importante question qu'après avoir montré ce qui s'est pratiqué jusqu'à ce jour, et fait ressortir, par voie de comparaison, les illusions de ces dernières années, notamment pour l'électricité.

§ 278. **Aéronef du général Meusnier.** — La première et la plus remarquable tentative de ballon dirigeable est celle du général Meusnier, que nous avons déjà citée au § 201.

Dès le lendemain de l'invention des ballons, Meusnier, alors simple lieutenant du génie, mais déjà membre de l'Académie des sciences, fit une série de recherches sur les ballons, et rédigea un projet de machine aérostatique dans lequel il exposa avec une grande netteté les principes généraux de la navigation aérienne.

C'est lui qui, le premier, posa le principe de l'*invariabilité nécessaire de la forme* de l'aérostat, qu'il demandait à l'emploi d'un ballonnet à air.

Son ballon resta à l'état de projet ; il lui manquait d'ailleurs un moteur à la fois puissant et léger.

Le ballon de Meusnier, de forme ovoïde et avec ballonnet, avait 85^m de longueur et 42^m de diamètre ; son volume était de 80.000^{m.cub}. Contrairement à ce qui s'est fait depuis, le ballonnet était à l'extérieur de l'aérostat proprement dit (§ 201).

D'autre part, son système de *rames tournantes* réalisait par le fait un propulseur hélicoïdal, mû à bras d'hommes.

§ 279. **Aéronefs de Giffard (1852-1855).** — Il faut arriver à la seconde moitié du siècle pour voir réaliser un type rationnel de ballon dirigeable, dû à l'un des inventeurs les plus féconds de notre temps, Henry Giffard, qui ne craignit pas de s'aventurer, malgré les dangers d'incendie, sur un aérostat à hélice mû par une machine à vapeur et représenté fig. 42.

Giffard avait compris que la forme allongée s'imposait par la nécessité de diminuer la résistance de l'air ; mais il n'avait

qu'un moyen insuffisant d'assurer la stabilité longitudinale, ce qui doit être attribué (§ 277) surtout à ce qu'il n'avait pas à sa disposition la permanence de la forme.

Il est clair, en effet, que si, dans les oscillations de l'aérostat, rien ne vient arrêter le mouvement de l'hydrogène qui tend tou-

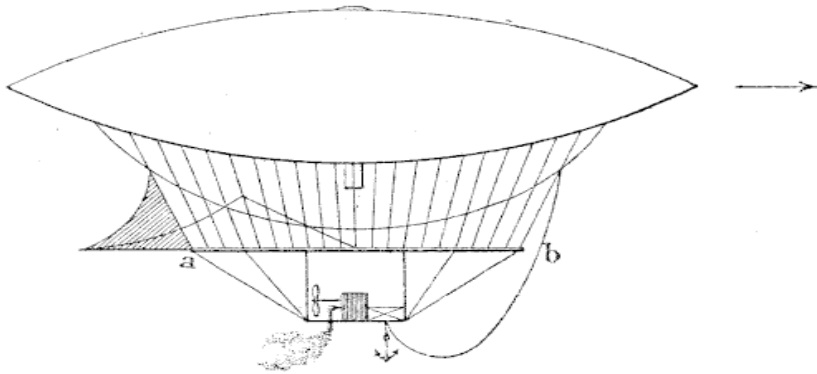


Fig. 42.

jours à se porter en masse vers la pointe la plus élevée, les efforts faits pour maintenir l'horizontalité du grand axe, ne font que multiplier les oscillations qui croissent en amplitude, et finissent par devenir fort dangereuses.

Dans un premier modèle (fig. 42), avec lequel Giffard s'éleva en 1852, le rapport du grand au petit axe n'était que de $\frac{3,66}{1}$, et la machine était placée assez bas pour donner une stabilité re-

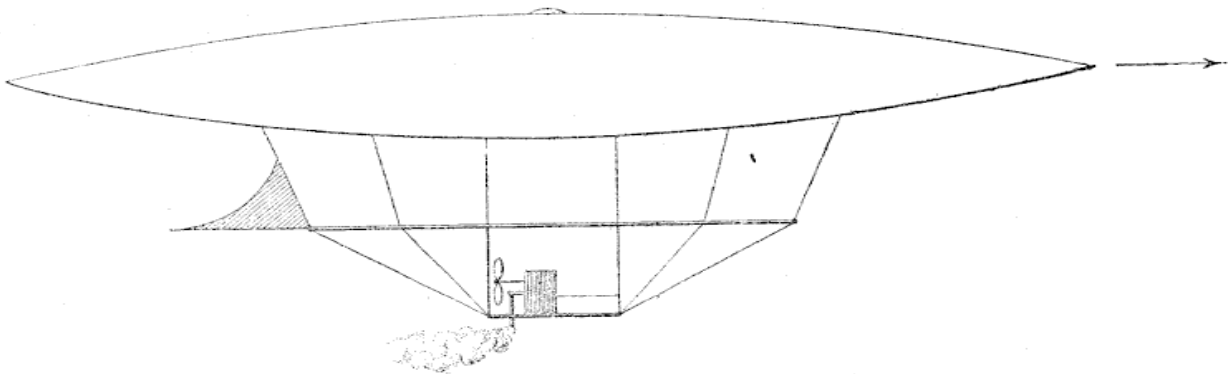


Fig. 43.

lative. Mais lorsqu'il voulut allonger l'aérostat, ce qu'il fit en 1855, dans un type (fig. 43) où le rapport du grand au petit axe

était de $\frac{7}{1}$, il faillit périr dans la descente. L'aérostat se relevant verticalement au moment de l'atterrissage, sortit du filet, s'enleva de nouveau, et se brisa en deux morceaux en retombant à terre.

Une voile triangulaire fixée aux cordes de suspension, à l'arrière du ballon, servait de gouvernail; mais la vitesse réalisée fut insuffisante pour maintenir l'aérostat en direction contre le vent.

§ 280. **Aéronef de l'amiral Labrousse.** — L'amiral Labrousse avait, au siège de Paris, imaginé un ballon propulsé par une hélice mue à bras d'homme.

Son système conservait à l'aérostat la forme sphérique ordinaire. Mais alors pour obtenir une propulsion dans une direction voulue, l'axe de l'hélice pouvait se déplacer de manière à être toujours maintenu dans cette direction, quand bien même le ballon aurait un peu tourné sur lui-même.

Le ballon de l'amiral Labrousse a pu être lancé quelques jours avant la signature de l'armistice. On sait qu'il est parvenu un peu à se diriger; mais on n'a pas eu le temps d'essayer s'il eût été possible de le renvoyer de province à Paris par une brise maniable.

AÉRONEF DE DUPUY DE LÔME (1870-1872)

§ 281. **Aperçu général.** — C'est avec un vif sentiment d'attention qu'on vit M. Dupuy de Lôme aborder la question de la direction des aérostats, et soumettre au jugement de l'Académie des sciences, en octobre 1870, au début du siège de Paris, un avant-projet complètement étudié. Il y analysait les difficultés de stabilité, d'orientation, d'évaluation de résistance, qui sont inhérentes à la navigation aérienne : toutes difficultés dont la solution est nécessaire, si l'on veut que le fait de s'élever avec un moteur ait le caractère d'un progrès.

Il établissait que, pour obtenir une vitesse de 8^{km} à l'heure ou $2^{\text{m}},22$ à la seconde ($4^{\text{nœuds}},3$) en air calme, avec les dimensions du

ballon projeté, une puissance motrice nette d'environ 30^{kgm} par seconde ($0^{\text{cheval}},4$) lui suffisait; et il proposait, vu la nature spéciale de sa première expérimentation, de s'en tenir, cette fois, à l'emploi des hommes comme moteur.

Le savant ingénieur reçut la mission d'exécuter son projet pour le compte de l'État. L'appareil achevé dans le courant de décembre 1871, il en remit les plans d'exécution, avec rapport à l'appui, à une commission chargée par le Ministre de l'Instruction publique d'en suivre l'essai, qui eut lieu le 2 février 1872.

« Pour bien naviguer, dit M. Dupuy de Lôme, le ballon doit être gonflé à tout instant du voyage aussi bien qu'au départ; autrement, la résistance à vaincre échappe à une évaluation définie. » En outre, l'ensemble de l'aérostat doit offrir un axe de moindre résistance dans le sens horizontal, et dans une direction sensiblement parallèle à celle de la force poussante; d'où le choix de la forme ovoïde, également favorable à la propulsion.

§ 282. **Description de l'aérostat** (fig. 44). — Dimensions adoptées : longueur $36^{\text{m}},12$; diamètre au milieu $14^{\text{m}},84$; section en ce point $172^{\text{mc}},96$; volume $3.454^{\text{m.cub}}$.

Le ballon se composait d'un taffetas de soie blanche, doublé en nanzouk avec interposition de caoutchouc; un vernis à la gé-

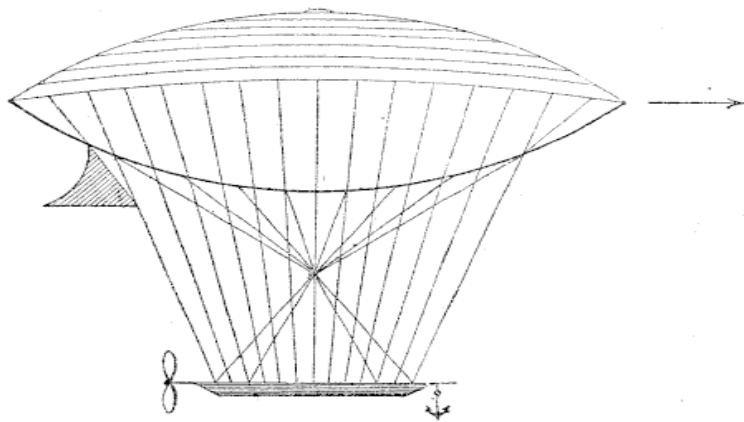


Fig. 44.

latine, dû à M. Troost, donnait une imperméabilité aussi complète que possible.

Le ballon est parti entièrement gonflé d'hydrogène.

Deux *pendentifs* descendaient à 8^{m} au-dessous du ballon.

Librement ouverts, ils permettaient au gaz de s'échapper à mesure de sa dilatation, tout en gardant un excès de pression intérieure, prévenant toute déformation sous l'action du vent.

Pour obtenir la permanence de la forme, en dépit des causes de déperdition de gaz et des diminutions de pression dans les descentes partielles ou totales, l'auteur eut recours au jeu d'un *ballonnet* interne (§ 201), dans lequel on pouvait, à volonté, envoyer de l'air à l'aide d'un ventilateur. Une soupape était réglée de telle sorte que l'air insufflé mal à propos devait s'échapper plutôt que de refouler l'hydrogène au delà du bas des pendentifs. Grâce à cette combinaison, si le ballon avait à remonter après une descente partielle, le gaz, plutôt que de se dégager par les pendentifs en se dilatant, chassait l'air du ballonnet par cette soupape.

En volume, le ballonnet était $1/10$ du ballon; son jeu permettait donc d'atterrir, avec le ballon toujours gonflé, en descendant d'une hauteur où la pression barométrique ne serait environ que les 0,9 de 0^m,76, soit d'une hauteur de 866^m.

§ 283. **Propulseur et gouvernail.** — Le propulseur était une hélice à deux ailes.

Appelons R la résistance de l'air pour la vitesse u de l'aérostat en mètres par seconde; d , p , n le diamètre de l'hélice, son pas et son nombre de tours par minute. En posant

$$\frac{pn}{60} = (1 + \alpha)u,$$

le travail de l'hélice, par seconde, sera

$$R \frac{pn}{60} = (1 + \alpha)Ru;$$

et le travail T à dépenser dans le même temps dépassera cette dernière quantité de la valeur des frottements.

L'expérience de l'éminent ingénieur triompha ici de grandes incertitudes d'appréciation. La résistance d'un plan mince étant prise égale à 0^{kg},665 par mètre carré pour la vitesse de 2^m,22 à la seconde, il estima celle du ballon seul à 6^{kg}, et celle de l'appareil entier à 11^{kg}. Ayant adopté les valeurs $d=9^m$, $p=8^m$, il admit pour l'hélice un recul correspondant à $\alpha=0,26$. Il obtint ainsi, pour n et T , des valeurs qui déterminèrent le nombre

d'hommes devant actionner directement l'arbre du propulseur : quatre hommes pour la vitesse de $2^m,22$, le double pour une vitesse de $2^m,22\sqrt[3]{2} = 2^m,80$ environ.

La solidarité entre le ballon et la nacelle qui reçoit la poussée de l'hélice, est absolument indispensable. Un ballon de forme oblongue, surtout s'il vient à se dégonfler, a tendance à *cabaner* (§ 277) en relevant verticalement son grand axe. Il y a donc là un danger imminent à conjurer. M. Dupuy de Lôme relia la nacelle au ballon par un système de deux filets; ou plutôt, indépendamment du *filet porteur* proprement dit, qu'il appela *filet de balancines*, il disposa un second filet dont les cordages se croisaient à l'intérieur du premier, suivant des règles qu'il tira de la théorie des systèmes funiculaires. Ce filet de balancines est l'un des traits dominants de la solution de M. Dupuy de Lôme : aidé du ballonnet, il défie la possibilité du danger d'instabilité longitudinale, dont l'histoire de l'aérostation offre plusieurs exemples.

Une voile triangulaire de 15^m placée sous le ballon, près de la pointe arrière, servait de gouvernail.

§ 284. **Ascension de l'aéronef de Dupuy de Lôme.** — L'ascension s'est faite au fort neuf de Vincennes. Gonflé (avec le ballonnet affaissé, pour simplifier l'opération) et lesté en équilibre au ras du sol, le ballon avait une force ascensionnelle de 3.799^{kg} , égale au total des poids. Il est parti en abandonnant 150^{kg} de lest.

Étaient à bord MM. Dupuy de Lôme, Zédé, ingénieur de la marine, Yon et Dartois, aéronautes, Bouron, contre-maitre de la maison Claparède.

Un anémomètre spécial donnait la vitesse propre de l'aérostat dès que l'hélice entraînait en mouvement. Divers procédés, empruntés à la pratique des marins ou imaginés pour les besoins de la navigation aérienne, permettaient de rapporter la route sur une carte. Voici les éléments mesurés entre 560 et 910^m d'élévation, huit hommes agissant sur l'hélice et développant un travail qu'on ne saurait estimer à plus de 60^{kgm} par seconde :

ANGLE, SUR LA DIRECTION QU'IMPRIMERAIT L'ACTION SEULE DU VENT,		VITESSE PAR SECONDE		NOMBRE de tours de l'hélice
de l'orientation donnée au cap	de la route résultante suivie	propre à l'aérostat	résultante	
97°	12°	2 ^m ,35	12 ^m	25,0
85°	10°	2 ^m ,45	16 ^m	26,0
84°	11°	2 ^m ,82	17 ^m	27,5

OBSERVATION. — Vent fort, d'une intensité croissante; vitesse, avec l'hélice stoppée, comprise entre 12^m et 17^m.

En jetant 300^{kg} de lest, on s'est élevé jusqu'à 1.020^m.

Au moment d'atterrir, le lieu désigné par le *point*, Mondécourt, près de Noyon, s'est trouvé vrai : les observations de vitesses et d'orientations de routes étaient donc bien exactes. La stabilité a été parfaite. Plusieurs personnes pouvaient se placer à la fois dans la nacelle sans produire aucune oscillation. Intentionnellement, on descendit de 1.020 à 600^m sans user encore du ballonnet : les plis du ballon étaient alors très accentués ; et il devint intéressant de voir la tension de telle ou telle balancine maintenir l'horizontalité du grand axe du ballon. La descente a été fort belle, sans choc, malgré le vent.

L'accord complet des résultats de l'essai et des prévisions de l'auteur n'échappera à personne. « Maintenant, dit M. Dupuy de Lôme, que des huit hommes affectés à l'hélice, l'un soit gardé comme mécanicien, qu'on fasse, ce qui se peut, avec le poids des sept autres et du treuil à bras une machine de huit chevaux, et alors l'aérostat, doué d'une vitesse propre de 22^{km} à l'heure (11^{nœuds}), pourra se dévier du vent d'un angle considérable par les temps ordinaires, et souvent même suivre toute route de son choix. »

Désormais la navigation aérienne possédait ses principes de stabilité et de propulsion. L'histoire de l'aérostation date donc du 2 février 1872 une ère nouvelle.

§ 285. **Angle abordable d'un ballon dirigeable.** — Nous avons dit que Dupuy de Lôme se contentait d'une vitesse propre de 2 à 3^m à la seconde pour son aérostat. Cette vitesse suffit, si l'on ne tient pas à se mettre en route à heure fixe.

Il y a toujours, en effet, un secteur du ciel abordable pour un aérostat animé d'une vitesse propre, quelle qu'elle soit.

On s'en rend compte en observant que le déplacement réel du ballon, à partir d'un point o (fig. 45), et après un temps t , n'est

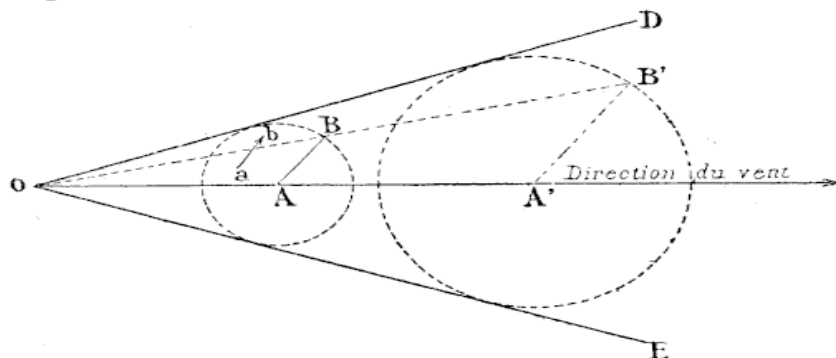


Fig. 45.

que la résultante de deux composantes, dont l'une oA est égale au chemin parcouru par le vent pendant le temps t , et l'autre, AB , au chemin parcouru en vertu de la vitesse propre du ballon dans une direction quelconque et pendant ce même temps. D'où il suit que, si l'on décrit une circonférence du point A comme centre, avec AB pour rayon, cette courbe sera le lieu des points où le ballon pourra être transporté suivant sa direction et sa vitesse propre au bout du temps t ; et qu'il faudra, pour arriver à un point déterminé B , orienter constamment le ballon, parallèlement à la composante AB .

On verrait de même, qu'au bout d'un temps $2t$ le lieu des points abordables serait une circonférence décrite d'un point A' , tellement choisi que $oA' = 2oA$, avec un rayon $A'B' = 2AB$. On peut conclure de là que toutes les circonférences semblablement décrites ont deux tangentes communes oD et

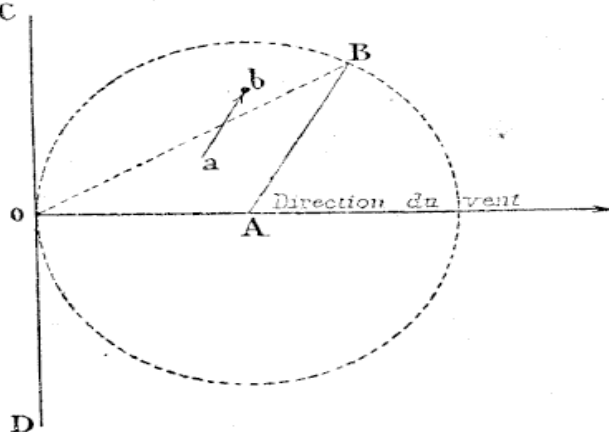


Fig. 46.

oE , de sorte que l'angle DoE limite la zone à l'intérieur de laquelle on peut aborder; il s'appelle l'angle abordable correspondant à la direction du vent et aux vitesses relatives du vent et de l'aérostat.

Nous avons implicitement admis dans ce qui précède que la vitesse propre du ballon était inférieure à celle du vent. On verrait, par un raisonnement identique, que si ces deux vitesses étaient égales, toutes les circonférences passeraient par le point *o* (fig. 46), de sorte que l'angle abordable deviendrait égal à deux droits, et correspondrait à la moitié de l'horizon.

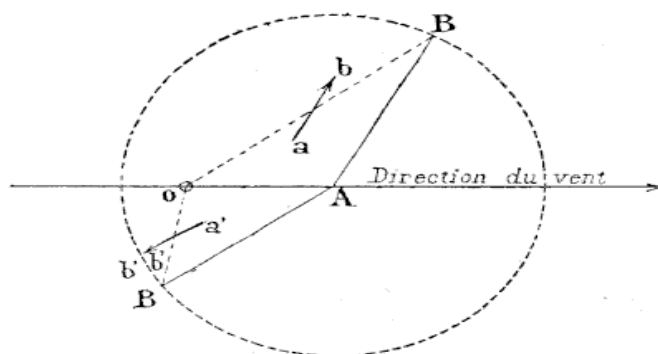


Fig. 47.

Enfin, il serait facile de vérifier que, dans le cas où la vitesse propre du ballon serait supérieure à celle du vent (fig. 47), l'angle abordable, égal à 360° , correspondrait à un tour complet d'horizon; on mettrait seulement d'autant plus de temps pour arriver au but que la direction, telle que *ab* ou *a'b'*, qui y conduit, s'écarterait davantage de celle du vent régnant.

AÉRONEFS A L'ÉLECTRICITÉ

§ 286. **Aéronef de MM. Tissandier frères (1883-1884).** — Les progrès récents de la science électrique inspirèrent à MM. Tissandier la pensée de recourir à l'électricité comme moteur, dans la pensée qu'elle offrirait moins de dangers d'incendie que la machine à vapeur de Giffard. L'appareil électrique employé était une dynamo Siemens, desservie par des piles.

Le ballon en vue (fig. 48), expérimenté une première fois en

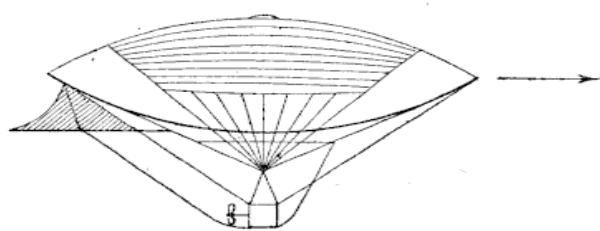


Fig. 48.

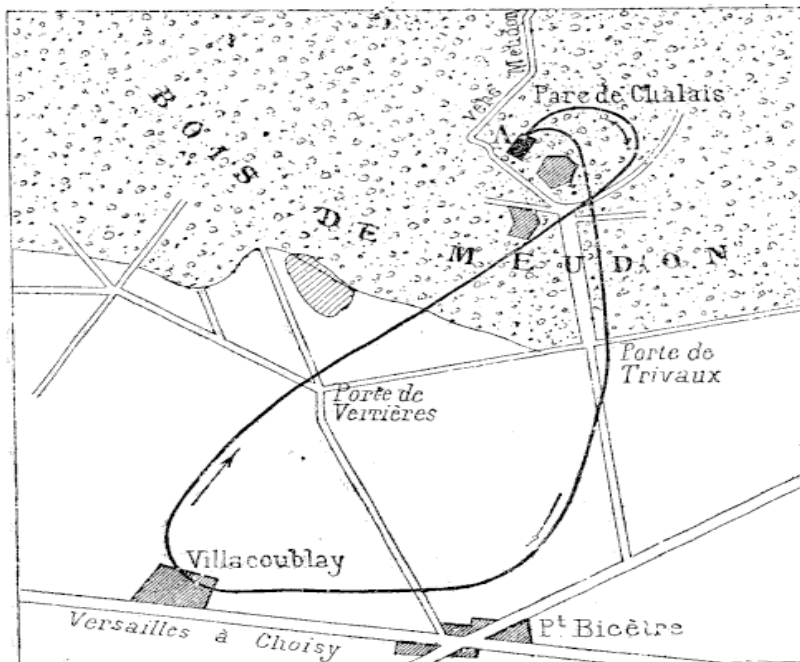
1883, rappelait par sa forme celui de 1852 de Giffard. Il était un peu plus allongé que celui de Dupuy de Lôme (rapport des axes $= \frac{3}{1}$), empruntait à ce dernier la housse unie substituée au filet, mais était dépourvu de ballonnet; une voile triangulaire servait à la fois de gouvernail et de quille.

Les résultats de cette dernière expérience furent peu concluants ; l'aérostat manquait de stabilité en direction. Une marche un peu meilleure fut obtenue en 1884 (26 septembre), après une modification de la voile, dont une partie avait été invariablement fixée dans le plan vertical passant par l'axe du ballon, la pointe triangulaire restée libre faisait seule office de gouvernail.

MM. Tissandier ont évalué leur vitesse propre à 4^m par seconde ($7^{nœuds}$, 8), celle du vent variant de 3 à 5^m . Tous leurs efforts pour revenir au point de départ contre le vent, furent cependant infructueux.

§ 287. **Aéronef de Meudon « La France » (1884).** — Les capitaines Renard et Krebs sont les premiers aéronautes ayant réussi à revenir à leur point de départ, avec leur ballon *la France* dans la mémorable expérience du 9 août 1884.

Partis des ateliers de Chalais (Meudon), à 4 heures du soir, ils y étaient rentrés à 4^h23^m , après un parcours de 7,6 kilomètres



A. Hangar aux ballons de Chalais.

Fig. 49.

(fig. 49), et avaient atterri au point de départ à la suite d'une série de manœuvres exécutées avec une précision presque comparable à celle d'un navire à hélice évoluant sur l'eau.

Un peu moins allongée que le ballon de 1855 de Giffard, *la France* (fig. 50) avait 50^m,40 de long, et 8^m,40 de plus grand

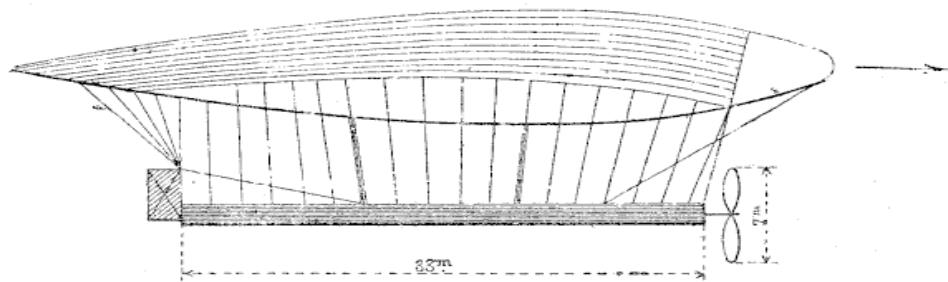


Fig. 50.

diamètre. Le volume atteignait 1.864^{m.cub.}; le rapport des deux axes était exactement de $\frac{6}{1}$. Les deux pointes n'étaient pas symétriques; la proue avait une forme plus obtuse que la poupe, qui s'allongeait en s'amincissant peu à peu, le tout se rapprochant de la forme des poissons à grande vitesse, et destiné à bien s'opposer aux embardées. De son côté, la nacelle offrait la particularité d'être extrêmement longue (33^m); elle était, du reste, formée d'une carcasse en bambous recouverte d'une chemise de soie.

MM. Renard et Krebs, mettant à profit l'expérience acquise par leurs devanciers, ont su éviter l'écueil auquel s'était heurté Giffard. Ils ont appliqué les principes posés par Dupuy de Lôme à une forme plus hardie de l'aérostat, gonflé du reste à l'hydrogène et muni d'un ballonnet à air. Ils ont de plus placé l'hélice à l'avant (§ 278), en lui donnant d'ailleurs deux ailes et 7^m de diamètre. C'est ainsi qu'ils ont réussi à naviguer avec une stabilité de route parfaite à une altitude de 300^m environ, en parcourant 7^{km},6 en 23 minutes, ce qui correspond à une vitesse moyenne *totale* de 5^m,50 par seconde et à une vitesse *propre* de 4^m,58 (8^{nœuds},9); la vitesse du vent était d'environ 3^m.

Nous donnons et discutons au § 289 le poids et la force du système moteur. Nous nous contenterons de dire ici que ce système comportait une dynamo, faisant environ 1.800 tours à la minute, et commandant l'hélice par l'intermédiaire d'un pignon, de façon à ne donner au propulseur que 50 à 60 tours par minute. L'électricité était fournie par la pile spéciale décrite ci-après (§ 288).

Ajoutons que la vitesse de l'aérostat était mesurée au moyen

d'un petit ballon en baudruche de 120^{litres} rempli en partie de gaz, de façon à rester en équilibre dans l'air. Ce ballon était attaché à l'extrémité du fil d'une bobine de soie de 100^m de long. L'autre extrémité du fil était enroulée autour du doigt de l'opérateur. Celui-ci ressentait une secousse quand le fil était complètement déroulé; il lui suffisait alors de pointer sur un chronomètre l'instant du lancer du petit ballon et celui du choc.

Dans une seconde ascension, exécutée le 12 septembre 1884, l'aérostat put tenir tête pendant dix minutes à un vent de 6^m; mais une avarie de machine ne permit pas de continuer l'essai.

Le capitaine Renard modifia quelques parties de l'appareil pour l'alléger, et installa dans la nacelle un nouveau moteur électrique spécialement construit par M. Gramme.

Les essais furent repris en août et septembre 1885. Dans les ascensions des 22 et 23 septembre, le ballon enleva trois personnes; et il rentra à Chalais, après avoir franchi les fortifications de Paris vers le Point-du-Jour avec vent favorable, la première fois à l'aller, la deuxième fois au retour. On obtint au maximum une vitesse propre de 6^m,00 par seconde, avec une durée de parcours de 58 minutes. Il y eut en tout sept essais, parmi lesquels l'aéronef *la France* revint cinq fois à son point de départ. Depuis lors l'appareil a été remisé, et on n'en a plus entendu parler.

D'après des expériences suivies, il suffirait d'une vitesse de 12^m,50 pour pouvoir naviguer en tous sens 815 jours sur 1.000, avec les vents régnant dans le bassin parisien.

C'est dans ce sens que sont dirigées les recherches nouvelles pour réaliser un aérostat susceptible d'applications militaires, c'est-à-dire pouvant naviguer pendant plusieurs heures sans toucher terre, et avec une vitesse par calme supérieure à 10^m (20 nœuds), qui est celle d'un torpilleur.

§ 288. **Pile employée par M. Renard pour son aéronef. Son insuccès relatif.** — Pour avoir la certitude de faire décrire au ballon une courbe fermée, il était nécessaire de disposer d'une force capable d'imprimer au système une vitesse relative beaucoup plus grande que celle des aérostats antérieurs.

En appelant T le travail nécessaire à la production de la vitesse de V mètres par seconde, on avait pour l'aéronef *la France*

$$T = 2,3V^3.$$

En se limitant à une vitesse de 6^m par seconde (vitesse plus que double de celle des ballons antérieurs), on trouve $T = 497^{\text{kgm}}$ ou 6^{chx},61. Il s'agit ici de chevaux sur l'arbre.

Si l'on emploie l'électricité, il ne faut pas compter sur un rendement supérieur à 0,75. On doit donc disposer d'une source électrique égale à $\frac{6,61}{0,75}$ ou 8^{chx},8, soit environ 9^{chx}. En réalité, on a tenu à disposer de 10^{chx} électriques ou aux bornes de la dynamo.

Quant à la durée de la marche, on a cru devoir la porter à deux heures.

Il fallait donc une énergie totale de 20 chevaux-heure. Comme le poids de la pile ne pouvait pas dépasser 480^{kg}, on voit que le générateur d'électricité devait être caractérisé par les chiffres suivants :

Poids du cheval (indépendamment de la durée) . . .	$\frac{480}{10} = 48^{\text{kg}}$
Poids du cheval-heure	$\frac{480}{20} = 24^{\text{kg}}$

Aucun générateur connu (accumulateur ou pile) ne pouvait remplir à *beaucoup près* les conditions de ce programme. Après beaucoup de tâtonnements, le commandant Renard a trouvé deux solutions : la pile au brome et la pile tubulaire chlorochromique.

La pile au brome a été abandonnée après les premiers essais, bien qu'elle ait donné d'excellents résultats, et permis de réduire à 9^{kg} le poids du cheval-heure. Le brome est un corps trop dangereux à manipuler; et, en cas de rupture d'un vase, des accidents fort graves se fussent produits en l'air.

La pile chlorochromique a été définitivement adoptée pour les essais de direction aérienne. Elle est caractérisée par les points suivants :

1° Le liquide est constitué par une dissolution d'*acide chromique*, et non d'un *chromate*, dans l'acide chlorhydrique étendu (généralement à 11° B.). Un pareil liquide se comporte comme une dissolution de chlore. La stabilité du liquide est cependant suffisante pour qu'on puisse le conserver quelques jours sans dégagement sensible de chlore gazeux. Le liquide qui donne le maximum d'effet par *unité de poids* renferme à peu près HCl et CrO³ à équivalents égaux. Ce liquide chlorochromique fournit (toutes choses égales d'ailleurs), par unité de temps, un dégage-

ment d'énergie électrique *de 5 à 6 fois supérieur* à celui des liquides employés dans les piles au bichromate.

Sa capacité est aussi plus grande (dans le rapport de 3 à 2 environ), par suite de la suppression de la base alcaline qui absorbe d'ailleurs inutilement 1 équivalent d'acide.

2° La pile est à un liquide, et se compose d'un certain nombre d'éléments ou *groupes tubulaires*, comprenant une électrode positive cylindrique et un crayon de zinc disposé suivant l'axe de cette électrode. Cette disposition a pour effet d'augmenter la densité du courant à la surface du zinc (elle atteint de 25 à 40^{ampères} par décimètre carré), ce qui diminue l'importance de l'usure ou *attaque chimique* inévitable, et augmente le coefficient d'utilisation.

3° Le *rendement est maximum* quand la pile est déchargée au potentiel de 1^{volt},2 mesuré aux bornes. Dans ces conditions, le rendement chimique de la pile $\left(\frac{\text{usure électrique}}{\text{usure totale}} \right)$ est égal à 0,75 environ; le rendement électrique $\frac{e}{E}$ vaut 0,60, et le rendement total devient 0,45.

4° Les courants produits sont si considérables qu'on ne peut employer le charbon comme électrode, en raison de sa faible conductibilité. L'électrode qui a le mieux réussi, est formée par une lame d'argent platiné par laminage sur ses deux faces. L'épaisseur totale est égale à $\frac{1}{10}$ de millimètre. L'épaisseur du platine sur chaque face est de $\frac{1}{400}$ de millimètre seulement. L'adhérence des deux métaux est parfaite. *A conductibilité égale*, le *charbon de cornue* serait environ 2.500 fois plus épais et 200 fois plus lourd.

5° L'amalgamation est inutile. Tant que la proportion de CrO^3 est inférieure à $\frac{7}{10}$ d'équivalent pour 1 équivalent de HCl, le zinc *non amalgamé* se dissout avec effervescence; au delà de ce chiffre, le zinc, amalgamé ou non, se dissout sans dégagement de gaz et avec la *même vitesse*. La suppression de l'amalgamation permet d'employer des zincs de faible échantillon que le mercure rendrait extrêmement fragiles.

6° La présence de sels étrangers diminue rapidement l'activité spécifique de la pile (nombre de watts par kilogramme de pile). La présence de l'acide sulfurique produit le même effet; mais, en

le substituant équivalent à équivalent à une partie de l'acide HCl, on obtient des liquides *atténués* dont la capacité reste la même que celle du liquide chlorochromique normal. Ces liquides peuvent donc permettre d'employer une même pile à des usages très variés, la durée de la marche étant, avec les divers liquides atténués, en raison inverse de leur *activité spécifique*.

7° Les liquides sont généralement renfermés dans des tubes d'ébonite ou de verre, assez hauts par rapport à leur diamètre (longueur = 10 diamètres environ). Cette disposition favorise le refroidissement des éléments, qui tendent à s'échauffer pendant le fonctionnement.

8° Au potentiel normal de 1^{volt},2, le courant est proportionnel à la surface du zinc (25^{amp} par décimètre carré environ à la température de 15°). Comme le diamètre des vases est proportionnel à celui du zinc, on voit qu'on a les lois suivantes :

Courant par unité de longueur de vase proportionnel au diamètre ;

Durée de la pile proportionnelle au diamètre ;

Énergie totale proportionnelle au carré du diamètre.

9° L'acide chromique cristallisé, qui est cher, peut être remplacé par des liquides qu'on obtient facilement en traitant le bichromate de soude par l'acide sulfurique. On peut aussi recueillir l'acide chlorochromique CrO^2Cl dans l'eau.

M. Renard a expérimenté trois types de ses piles tubulaires devant la Société de physique.

Chaque élément se composait de 6 tubes en surface pouvant donner jusqu'à 120^{ampères} au potentiel de 1^{volt},2. Une pile de 16 éléments de ce système était employée à l'éclairage de la salle (20 lampes à incandescence Gérard de 45 watts). Le liquide était *fortement atténué*.

Une autre de ces piles avec liquide *non atténué* se composait de 60 tubes de 40^{mm} réunis en tension. Elle éclairait un lustre composé d'une lampe anglaise à incandescence de 200 bougies et de 12 lampes Gérard de 10 bougies (45 watts).

Une pile de 36 éléments de 30^{mm} de diamètre en tension, alimentait, pendant la séance, une lampe à arc Gramme de 30 carcel. Poids total de la pile, 15^{kg} ; dépense électrique, 200 à 250 watts par seconde ; durée, 2^h15^m environ.

On peut se demander pourquoi, malgré les avantages de sa

pile si séduisants en apparence, M. Renard a fini par renoncer à l'électricité pour les aéronefs, et pourquoi il cherche, depuis 1886, un moteur complètement nouveau, surtout comme production de l'énergie. Il n'a jamais dit nettement ses motifs.

En se reportant aux expériences de l'aéronef *la France*, on voit que ses constructeurs se sont toujours arrangés de façon à ne faire que des parcours fermés très limités. Bien plus, l'ensemble des piles, qui pesait 435^{kg},5, eût dû, au dire de l'inventeur, pouvoir fournir 12^{chx} électriques pendant 2^h, tandis qu'il n'a été produit que 3^{chx},3 pendant 23 minutes avec une vitesse de 4^m,6 à la seconde, aux essais du 9 août 1884. A la vérité, à l'expérience du 22 septembre 1885, le parcours dura 58 minutes, et la vitesse atteignit 6^m. Le rapport de cette expérience ne donne aucune indication sur la puissance électrique dépensée. Toutefois, on peut admettre que cette puissance atteignit environ $3^{\text{chx}},3 \times \left(\frac{6}{4,6}\right)^3 = 7^{\text{chx}},3$.

Il y a lieu de supposer que la pile en vue n'a pas pu, plus que les autres piles, se prêter à la régularisation de son débit, et qu'il n'y a pas eu moyen d'y éviter le coup de fouet du début, dont nous avons déjà parlé au § 100, et d'où il résulte que le diagramme du travail est une courbe à sommet très aigu, qui ensuite descend rapidement. Or, il suit de là que la production d'énergie produite par seconde devient bientôt insuffisante avec l'accroissement de sa durée. D'ailleurs il a dû survenir un échauffement du liquide assez exagéré pour nécessiter de ne laisser fournir à l'ensemble des piles qu'une portion très limitée de son énergie totale. Puis encore, les électrodes de chaque élément se trouvant très rapprochées afin de restreindre la résistance du liquide au courant électrique, ce rapprochement a dû devenir la cause de dépôts gênants et de contacts nuisibles, en raison d'ailleurs de la petite quantité de liquide existant dans les auges. Enfin la dynamo a pu s'échauffer, particulièrement aux balais.

Par ailleurs, quand bien même la pile Renard n'aurait pas eu les inconvénients qui l'ont fait abandonner par son inventeur, elle serait toujours devenue impraticable pour des parcours de longue durée, en raison du poids relatif de l'approvisionnement d'énergie par cheval-heure (§ 100 et 293).

T. II, 6^E P^{IE}. — CHAPITRE VAÉRONEFS A GRANDE VITESSE ET A LONGUE DURÉE,
ET AVIRES

DISCUSSION DES FAITS ACQUIS SUR LES AÉRONEFS,
ET CONCLUSIONS

§ 289. **Examen critique des résultats déjà obtenus pour la direction des ballons.** — Malgré la bonne volonté d'une masse de chercheurs, il est impossible d'admettre plus de quatre personnalités ayant sérieusement étudié la propulsion des aérostats depuis leur découverte jusqu'à nos jours.

En procédant par rang d'ancienneté, rappelons d'abord Henry Giffard, à qui revient l'honneur de s'être élevé le premier dans les airs avec une machine à vapeur, suspendue et soulevée par un ballon à gaz de forme ovoïde, en 1852, à l'Hippodrome de Paris. Malheureusement, le véritable inventeur de la direction aérienne n'a pas laissé de notes suffisantes, pour qu'il soit possible de tirer parti de ses remarquables expériences.

Vient ensuite Dupuy de Lôme, à qui l'on doit l'étude théorique et pratique de la permanence de la forme, de la stabilité et de la rigidité du système suspensif, ainsi que l'application raisonnée du ballonnet à air et de l'hélice à grande surface. Les résultats obtenus sont les seuls qui aient été contrôlés au moyen d'un anémomètre placé à bord de la nacelle; la vitesse de 2^m,80 par seconde, quoique modeste (étant donné que la puissance motrice était représentée par huit hommes), n'était cependant pas négligeable.

Ce sont certainement ces deux premières ascensions, avec ballons ovoïdes à hélice, qui ont servi de point de départ à tous les essais exécutés depuis, par MM. Tissandier frères à Auteuil, et par MM. les capitaines Renard et Krebs à l'Établissement de Chalais-Meudon, en 1884 et 1885.

C'est à MM. Gaston et Albert Tissandier qu'appartient la priorité de l'application de la machine dynamo-électrique à la navigation aérienne. Si le résultat obtenu a été maigre comme vitesse de marche, ce n'est pas seulement à l'emploi de l'électricité comme moteur qu'il faut l'attribuer. Dans un appareil dirigeable, la résistance à l'avancement doit ressortir en raison directe des obstacles qui lui sont opposés. Or ces derniers sont très nombreux dans le mode de suspension que les expérimentateurs en vue ont adopté; et il en est de même pour le type particulier de nacelle qu'ils ont construit. Il n'est donc pas étonnant que la vitesse qu'ils ont relevée sur le sol, et non à bord, n'ait pu atteindre 3 mètres par seconde. Quoi qu'il en soit, cette expérience est fort honorable pour eux, surtout si l'on considère qu'ils l'ont effectuée avec leurs propres ressources et sans le secours d'aucune subvention.

Considérons maintenant le système adopté par MM. Renard et Krebs. Leur forme d'aérostat et leur système de nacelle diffèrent essentiellement de ce qui avait été fait jusqu'à ce jour; mais il n'est pas prouvé que ces dispositions soient préférables. Ainsi il y a lieu de critiquer le trop grand nombre de cordes de suspente que le type allongé de leur nacelle nécessite; car il doit résulter une résistance considérable à l'avancement du fait de ces cordes, d'autant qu'elles sont additionnées de toutes les innombrables pattes d'oie nécessaires pour les relier à la chemise qui recouvre l'aérostat. Enfin, la nacelle de MM. Renard et Krebs est d'une telle longueur, qu'elle serait bien peu pratique, si la descente avait lieu en dehors d'un périmètre tout disposé.

Pour réduire la résistance totale à l'avancement, M. Yon propose la diminution de la nacelle et la suppression du filet et de la plus grande partie des cordes de suspente, puis la réduction des angles d'attaque de l'avant du ballon, en donnant à cet avant une forme effilée.

Sauf les menues critiques précédentes, il faut reconnaître que les constructeurs et expérimentateurs de l'aéronef *la France* ont

fait faire un très grand pas à l'aérostation; et quoi qu'il arrive dans l'avenir, il leur revient l'honneur d'avoir pu, les premiers, réaliser une vitesse propre de 4^m,58 par seconde (§ 287), et d'avoir réussi, en choisissant l'état de l'atmosphère, à rentrer plusieurs fois au point de départ.

Leur source de puissance motrice était également électrique; mais de même que MM. Tissandier, ils ont dû renoncer à ce genre de moteur, pour les motifs expliqués au § 288.

Nous comparerons plus loin, comme poids par cheval-heure, les moteurs électriques aux machines à vapeur extra-légères, comme on en construit aujourd'hui, ainsi qu'aux autres combinaisons présentement étudiées pour moteurs d'aéronef.

§ 290. **Aéronef de M. Yon.** — Cet habile aéronaute, ayant reçu des commandes de l'étranger, a conçu le plan d'une aéronef à grande vitesse et de longue durée, en s'appuyant sur toutes les expériences antérieures pour la direction des ballons.

L'appareil (Pl. XVI, tome II, fig. 5) se compose d'abord d'un ballon porteur, dont la forme allongée a été calculée dans toutes ses proportions à l'effet obtenir le minimum de résistance pour une vitesse voulue.

Enveloppe et ballonnet. — L'enveloppe du ballon est en soie de Chine ou ponghée, préparée sur chaque face au caoutchouc vulcanisé, de façon à rendre pelliculaires les couches de vernis imperméable qui viennent en compléter l'étanchéité presque absolue. Chaque couture est, en plus, recouverte par une bande adhésive, afin de corriger par un bouchage complet les trous que fait le passage de l'aiguille pendant la réunion des fuseaux qui constituent l'aérostât proprement dit.

Pour obtenir la permanence de forme du ballon, condition indispensable à la bonne marche de l'appareil, il a été appliqué à la partie inférieure une poche ou ballonnet à air, dont l'augmentation ou la diminution correspond exactement à tous les changements survenus dans le volume du gaz du ballon, soit par suite de la dilatation ou de la condensation de l'hydrogène, soit par suite de la perte de gaz nécessaire pour contre-balancer la rupture d'équilibre pouvant provenir de la consommation de l'agent générateur de l'énergie, suivant l'espèce de cet agent. La poche à air est munie d'une soupape S₁ automatique équilibrée à 20^{mm}

d'eau, et se trouve en communication, au moyen d'un tuyau, avec des ventilateurs placés dans la nacelle; ce qui met le fonctionnement du ballonnet complètement à la disposition de l'aéronaute dirigeant l'appareil.

Suppression des suspensions et du filet. Rigidité du système. — Le filet ordinaire de la nacelle a été remplacé par une chemise de même étoffe que l'aérostat, renforcée et consolidée au moyen de rubans distancés, qui lui donnent une très grande résistance. Cette chemise enveloppe complètement le ballon et fait corps avec lui, excepté aux deux extrémités où elle est reliée aux pointes extrêmes par l'emploi de boutons empêchant tout glissement si faible qu'il puisse être.

De son côté, la suspension du filet a été obtenue par des câbles d'acier, permettant un maximum de résistance à la tension, tout en présentant la plus petite surface à l'avancement. La suspension en fil d'acier, par suite du croisement rationnel des câbles depuis leur liaison avec la perche formant quille jusqu'à la carcasse de la nacelle, rend le tout solidaire, et maintient le système dans une stabilité absolue, qui permet d'en considérer l'ensemble comme un solide.

La partie inférieure de la chemise du ballon vient se réunir à la perche servant de quille. Cette perche, outre la rigidité longitudinale qu'elle donne à l'aérostat, sert en plus à attacher toutes les suspensions qui relient le tout à la nacelle.

A une de ses extrémités se trouve placé le gouvernail, lequel est manœuvré au moyen de deux drisses en chanvre commandées par la roue G, placée à l'avant dans la nacelle, à proximité et bien en vue de la boussole, que le timonier doit avoir constamment sous les yeux.

Réduction raisonnée des surfaces de résistance et place de l'hélice. — Le remplacement du filet par une chemise en étoffe, enveloppant le ballon de toute part et servant d'intermédiaire à la série des fils d'acier qui suspend la nacelle, a permis de réduire les surfaces de résistance à leur plus simple expression, condition indispensable pour obtenir le meilleur rendement de marche de tout le système.

La place de l'hélice a été déterminée par la nécessité d'appliquer la puissance le plus près possible du centre de résistance de l'ensemble de l'appareil. Comme cette application avec une seule

hélice est difficile, pour ne pas dire impossible, la position la plus rationnelle se trouve être entre la nacelle et le ballon. Cette position, outre l'avantage qu'elle a de placer le propulseur dans la verticale passant par le centre de gravité du système, permet : 1° la transmission de l'effort de poussée dans la partie la plus rigide de la suspension ; 2° l'emploi d'une hélice à deux ailes, de grand diamètre, avec grande surface d'ailes et petit nombre de tours, ce qui, d'après M. Yon, est le plus sûr moyen d'obtenir un bon rendement de propulsion.

Le mouvement est communiqué du moteur au propulseur au moyen de transmissions mobiles, actionnant des poulies réceptrices calées sur l'arbre de l'hélice ; il en existe deux, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière de l'hélice. L'ensemble en est réglé par des tendeurs élastiques assurant constamment l'uniformité de l'effort.

§ 291. **Formules et documents numériques pour la propulsion de l'aéronef de M. Yon.** — Une fois la constitution matérielle de l'aérostat arrêtée dans ses détails, il restait à M. Yon à en fixer les proportions ainsi que celles de l'hélice, et à apprécier le poids qui resterait disponible pour le moteur, dont l'espèce était du reste à réserver en raison des études poursuivies actuellement sur ce point particulier.

Pour la fixation en vue, désignons par :

B^2 la section en mètres carrés du maître couple de l'aéronef ;

v la vitesse en mètres par seconde ;

k le coefficient de résistance de l'aérostat, tenant compte, d'une part, de l'influence avantageuse de l'affinement du ballon, et, d'autre part, de l'influence désavantageuse de la nacelle et de tout son système de suspension contre l'air rencontré ;

k' la résistance en Kg de $1^{m.c}$ de plan mince se mouvant dans l'air près du sol avec une vitesse de 1^m à la seconde.

On a alors les formules suivantes, évidentes d'elles-mêmes :

Résistance de l'aérostat $R = kk' B^2 v^2$;

Travail par seconde de l'aérostat $T = R \times v$;

Travail par seconde aux bornes de la dynamo ou sur les pistons, suivant le système du moteur, $T' = R \times v \times \text{rendement hélice} \times \text{rendement organique du moteur}$.

On prend généralement $k' = 0^{kg},135$. Mais cette valeur di-

minue évidemment à mesure que le ballon monte et que la densité de l'air décroît.

Quant à k , Dupuy de Lôme l'avait estimé en nombre rond à $1/10$ pour son ballon; et MM. Renard et Krebs à $1/8$ pour leur aéronef, dont la nacelle et sa suspension offraient plus de résistance qu'il ne convenait, comme nous l'avons expliqué au § 289.

Nous adopterons $1/8$ pour k , ce qui met à l'abri de tout mécompte; car ce chiffre est certainement un maximum.

A l'aide des formules précédentes et des points de départ que s'est donnés M. Yon, on peut dresser le tableau suivant :

Vitesse absolue de l'aérostat en air calme, à l'heure.	40 ^{km} (21 ^{nœuds} ,6)
Vitesse de l'aérostat par seconde	11 ^m ,111
Longueur du ballon	60 ^m
Diamètre du ballon.	10 ^m
Hauteur du ballon, y compris la nacelle.	13 ^m ,333
Section du maître couple	88 ^{m.e}
Surface totale de l'aérostat	1.450 ^{m.e}
Volume de la poche à air.	500 ^{m.cub}
Volume total de l'aérostat.	2.900 ^{m.cub}
Effort ascensionnel correspondant, avec le remplissage à l'hydrogène. . .	3.200 ^{kg}
k coefficient de résistance de l'aérostat.	$1/8$
Section résistante de l'aérostat, c'est-à-dire surface du maître-couple considérée comme plan mince, multipliée par le coefficient d'affinement $1/8$	11 ^{m.e}
k' coefficient de résistance d'un plan mince par mètre carré pour 1 ^m de vitesse par seconde.	0 ^{kg} ,135
Travail par seconde pour l'avancement du système	2.036 ^{kgm} ,9475
Force correspondante en chevaux sur l'aérostat.	27 ^{ch} ,16
Rendement de l'hélice (1)	0,70
Puissance de la machine sur l'arbre de l'hélice 27 ^{ch} ,160 : 0,70 = en nombre rond.	38 ^{ch} ,8
Rendement organique de l'appareil moteur, en moyenne	0,75
Puissance totale de la machine en chevaux <i>électriques</i> aux bornes, ou <i>indiqués</i> sur les pistons, suivant l'espèce du moteur = 38 ^{ch} ,8 : 0,75 .	51 ^{ch} ,4
Nombre de tours de la machine par minute.	400 tours
Diamètre de l'hélice.	11 ^m
Pas de l'hélice.	11 ^m
Fraction de pas à l'extrémité des deux ailes	$1/15$
Fraction de pas au centre d'action.	$1/10$
Nombre de tours de l'hélice par minute.	70 tours
Vitesse de l'hélice à la circonférence	40 ^m ,317
Surface en projection de chaque aile	5 ^{m.e} ,500

(1) On pourrait nous reprocher, d'après ce que nous avons dit au § 277, d'avoir pris un chiffre beaucoup trop élevé pour le rendement de l'hélice. Mais cela n'a pas d'importance pour le résultat final; car si on diminuait ce chiffre, il faudrait augmenter en proportion le coefficient k ; puisqu'en somme les expériences de Dupuy de Lôme et de M. Renard ont donné le produit de $k'k$ par ledit rendement.

Poids du matériel aérostatique complet	800 ^{ks}	} 3.200 ^{ks}
Engins de guerre soulevés (dynamite et torpilles).	400 ^{ks}	
Effort ascensionnel disponible pour trois aéronautes, le lest et divers.	400 ^{ks}	
Poids réservé pour le moteur et l'emmagasinement d'énergie	1.600 ^{ks}	

§ 292. **Recherche du meilleur système susceptible d'être appliqué à la locomotion d'une aéronef.** — La solution de ce problème est double, et encore en faisant abstraction de la dépense pécuniaire, qui ne saurait être que secondaire devant la nécessité d'arriver, coûte que coûte, à une propulsion efficace et de longue durée des aéronefs.

Il y a d'abord à considérer l'agent d'énergie qu'il convient d'adopter, le mode suivant lequel on le dépensera, les dangers qu'il peut présenter, enfin le poids de cet agent lui-même pour un temps donné de marche à une vitesse voulue, ce qui correspond à un certain nombre de chevaux, qu'on détermine ainsi qu'il a été expliqué au § précédent. Ces chevaux peuvent être considérés soit sur le maître couple de l'aérostat, soit sur l'arbre du propulseur, soit aux bornes de la dynamo ou sur les pistons moteurs. A bien des points de vue, c'est cette dernière évaluation de la force qui convient le mieux pour les comparaisons des divers systèmes moteurs. En tous cas, il faut ajouter au poids précédent celui de la substance adjuvante qui sert d'intermédiaire entre le moteur et cet agent, quand celui-ci n'agit pas directement sur celui-là, comme dans le cas des machines à vapeur.

Vient ensuite l'examen du moteur résultant du choix précédent, puis l'appréciation du poids de ce moteur, ce qui constitue le *poids mort*.

Pour pouvoir comparer les divers systèmes entre eux, on compte le poids mort par cheval; et on ramène le poids de l'agent d'énergie (et de son adjuvant, s'il existe) au cheval-heure, en l'accompagnant du nombre d'heures de marche (1). Pour ce dernier

(1) Rappelons, comme au § 100, que l'expression *cheval-heure* veut dire $75^{ksm} \times 3.600 = 270$ tonneaux-mètres. Si on fait suivre cette expression d'un temps donné T de marche en heures, cela signifie que la valeur totale de l'énergie considérée est $270^{tsm} \times T$.

Quelquefois, on donne toute l'énergie disponible d'une machine, en stipulant une quantité déterminée de chevaux-heure. Cela se fait surtout pour les appareils qui peuvent développer un nombre de chevaux très variable. Alors, quand on a fixé ce nombre, il suffit de chercher combien de fois il est contenu dans la quantité susdite pour estimer le total d'heures de marche; et *vice-versa*, connaissant ce total, on trouvera le nombre de chevaux auquel l'appareil devra travailler.

poids, au moins en ce qui concerne beaucoup de systèmes moteurs, et, dans tous les cas, pour le poids mort par cheval, il y a lieu de faire la *remarque* suivante, c'est qu'ils augmentent notablement, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse de la force totale du système, quand celle-ci tombe au-dessous de 8 à 10 chevaux.

Les différents systèmes employés jusqu'ici pour les aéronefs, ont été la machine à vapeur d'eau par Giffard avec échappement à l'air libre, et des dynamos à pile, par MM. Tissandier frères, d'une part, et par MM. Renard et Krebs, d'autre part.

Pour la machine à vapeur, on a cherché dans ces derniers temps à y adjoindre un condensateur refroidi par le courant d'air de la marche, voire même par de la glace. Mais cela ne donnerait rien de bon.

On a proposé, depuis, l'emploi de l'*acide carbonique liquide*, qu'on renfermerait dans des réservoirs relativement légers inventés par M. Marcel Deprez, et qu'on laisserait se répandre peu à peu dans un vaporisateur. Là l'air extérieur échaufferait suffisamment le fluide pour le gazéifier à une très haute tension. Le gaz se rendrait ensuite dans un cylindre moteur ordinaire, d'où il s'échapperait, après y avoir travaillé, pour venir se solidifier dans un condenseur vaste, mais extrêmement léger, et en communication avec l'atmosphère.

On a songé aussi à l'emploi de machines à gaz provenant d'huiles essentielles. On embarquerait ces huiles dans des caisses légères; et on les volatiliserait, au fur et à mesure, de façon à les faire arriver gazeuses à l'endroit où devrait s'effectuer leur mélange avec l'air atmosphérique et leur inflammation.

Enfin, on a encore examiné l'emploi de matières explosives, soit toutes préparées, soit constituées d'un comburant et d'un combustible distincts (particulièrement le nitrate d'ammoniaque et les carbures riches en hydrogène); ces corps seraient mis petit à petit en présence, et enflammés en ce moment pour produire un gaz moteur.

Ce n'est pas dans un ouvrage pratique comme le nôtre qu'il convient de donner la discussion, du reste fort complexe, des diverses combinaisons précédentes. Nous ferons seulement remarquer que, dans les combinaisons qui exigent un condenseur ou un vaporisateur, il importe de considérer, pour les proportions

de ces récipients, la quantité de calories qu'il y a à enlever du corps travailleur ou à y introduire, quantité qui dépend de la chaleur latente de vaporisation de ce corps. On s'exposerait à de graves mécomptes en se bornant à envisager soit la basse température de la substance refroidissante, soit la facilité de vaporisation du corps travailleur. Semblablement pour la capacité des cylindres moteurs, il convient de faire attention à la densité du fluide, sans se laisser illusionner par la haute pression de celui-ci.

Par ailleurs, nous nous bornerons à dire que ce sont les machines à gaz qui semblent avoir l'avenir pour elles, bien qu'elles n'aient pas encore été construites ni essayées avec l'appropriation spéciale réclamée pour les aéronefs.

Nous donnerons ci-après le type qui nous semble mieux convenir à l'aérostation. Auparavant il convient de comparer entre eux les divers systèmes moteurs qui ont été réellement employés jusqu'ici.

§ 293. **Comparaison des machines électriques et des machines à vapeur d'eau pour aéronefs.** — Voici, d'après les rapports publiés par les constructeurs eux-mêmes, les données relatives aux machines électriques.

1° On a pour MM. Tissandier frères :

Poids de la dynamo Siemens	55 ^{ks} ,0	Poids mort
Poids de l'hélice	7 ^{ks} ,0	62 ^{ks} ,0
Poids d'une pile toute chargée, 6 ^{ks} ,870. Nombre de piles censé		
pour 2 ^h de marche, 24; d'où	24 × 6 ^{ks} ,870 =	164 ^{ks} ,9
Force développée aux bornes de la dynamo, 183 ^{kw} par seconde, soit.		2ch. électriques, 4

De là nous tirons :

(a) poids mort par cheval électrique	25 ^{ks} ,8
(b) poids de l'agent d'énergie et de ses récipients par cheval-heure électrique dans le cas où on aurait marché 2 ^h , ainsi que les piles étaient censées devoir fonctionner tout ce temps.	34 ^{ks} ,4
(c) poids de l'agent d'énergie et de ses récipients par cheval-heure pour le temps <i>réel</i> de marche, que nous supposons valoir 1 ^h , ce qui est un <i>maximum</i> , puisque l'ascension n'a pas dépassé ce temps-là	68 ^{ks} ,7

D'où il vient :

$$(a) + (b) = 60^{\text{ks}}, 2,$$

$$(a) + (c) = 94^{\text{ks}}, 5.$$

Il importe de faire observer, conformément à la *remarque* du § 292, que si la machine avait été plus puissante et avait dépassé 6 à 8 chevaux, les poids précédents se seraient trouvés assez notablement diminués.

2° On a pour MM. Renard et Krebs :

Poids de la dynamo.	98 ^{kg} ,0	} Poids mort 216 ^{kg} ,5
Poids des bâtis et engrenages	47 ^{kg} ,0	
Poids de l'arbre moteur	30 ^{kg} ,5	
Poids de l'hélice	41 ^{kg} ,0	
Poids des piles censées devoir marcher 2 ^h	435 ^{kg} ,5	
Force développée aux bornes de la dynamo 250 ^{kgm} par seconde, soit.	3ch. électriques,3.	

De là nous tirons :

(a') poids mort par cheval électrique.	65 ^{kg} ,6
(b') poids de l'agent d'énergie et de ses récipients par cheval-heure électrique dans le cas où on aurait marché 2 ^h , ainsi que les piles étaient censées devoir fonctionner tout ce temps	132 ^{kg} ,0
(c') poids de l'agent d'énergie et de ses récipients par cheval-heure électrique pour le temps <i>réel</i> de marche, qui n'a été que de 23 minutes, ou 0 ^h ,38, ce qui implique manifestement qu'en fait on prenne le même chiffre que ci-dessus.	132 ^{kg} ,0

D'où il vient :

$$(a') + (b') = 197^{\text{kg}},6,$$

$$(a') + (c') = 197^{\text{kg}},6.$$

Il importe de prémunir le lecteur contre l'étonnement qu'il éprouvera à la vue de notre nombre (b') de 132^{kg},0 mis en regard du poids de 19^{kg},3 $\times$ 2^h par cheval-heure électrique pour une marche de 2^h qu'a donné M. Renard dans sa communication du 28 août 1884 à l'Académie des sciences. Cela prouve qu'il y a loin du chiffre *projeté* pour la force d'un appareil au chiffre *réalisé* : M. Renard comptait obtenir 12 chevaux électriques, et il n'en a réalisé en fait que 3,3.

Notre nombre (c') paraîtra non moins extraordinaire. Il faut encore faire attention qu'on comptait sur 2^h de fonctionnement, et qu'en *réalité* on n'a marché que 0^h,38. A quoi tient cet immense écart? En partie au mauvais jeu des piles, comme nous l'avons expliqué au § 291, et probablement aussi au fonctionnement défectueux de la dynamo, sur laquelle on s'était illusionné comme résistance à une longue marche avec une certaine puissance.

En tous cas, il est bien clair que de bons accumulateurs des derniers types, qui ne pèsent que 37^{kg} par cheval-heure électrique (§ 636, tome I), eussent bien mieux convenu pour le ballon de MM. Renard et Krebs ; car on n'aurait pas éprouvé avec cette source d'électricité tous les aléas de la pile de M. Renard, et on aurait eu pratiquement plus de légèreté.

Les critiques précédentes expliquent pourquoi les ingénieurs militaires des ateliers d'aérostation de Chalais-Meudon n'ont pas poursuivi les expériences de 1884 et 1885, et se sont activement livrés à la recherche d'un nouveau moteur.

En tout état de cause, il nous reste à établir combien la machine à vapeur, surtout avec ses derniers perfectionnements, eût été préférable à l'électricité, aussi bien comme poids que comme consommation de vapeur et d'eau, pour des parcours aussi limités que ceux réalisés par les aéronefs à moteur électrique, sans compter la parfaite sûreté du fonctionnement, laquelle aurait fourni des résultats adéquats aux chiffres prévus.

Et effectivement on construit couramment aujourd'hui de petites machines à vapeur *compound* ou à *triple expansion*, marchant à très haute pression avec échappement à l'air libre, pour lesquelles on a, y compris l'eau des chaudières, les données suivantes :

(a'') poids mort par cheval indiqué sur les pistons.	50 ^{kg} ,0
(b'') poids de l'agent d'énergie (charbon, 1 ^{kg}) et de son adjuvant (eau, 9 ^{kg}) par cheval-heure indiqué sur les pistons, pour une heure de marche : 10 ^{kg} ; et pour 2 ^h de marche, comme pour le temps projeté de fonctionnement avec le moteur de MM. Renard et Krebs.	20 ^{kg} ,0
(c'') poids de l'agent d'énergie et de son adjuvant par cheval-heure indiqué sur les pistons, pour 0 ^h ,38 de marche, temps réel de marche de l'aéronef de MM. Renard et Krebs.	3 ^{kg} ,8

D'où nous tirons :

$$(a'') + (b'') = 70^{\text{kg}},0,$$

$$(a'') + (c'') = 53^{\text{kg}},8.$$

Puis, en rapprochant les chiffres conclusifs précédents de ceux concernant le moteur de MM. Renard et Krebs, nous trouvons :

$$\frac{(a'') + (b'')}{(a') + (b')} = \frac{70,0}{197,6} = 0,35.$$

$$\frac{(a'') + (c'')}{(a') + (c')} = \frac{53,8}{197,6} = 0,27.$$

Toutefois, on peut objecter aux rapports précédents qu'ils ne tiennent pas suffisamment compte de la petitesse de la machine qu'il eût fallu employer, et par suite de l'accroissement notable qui en serait résulté pour les poids ci-dessus par cheval, conformément à la remarque du § 292. Pour aller au-devant de cette

objection, nous doublerons les deux rapports précédents, ce qui nous donnera :

$$0,70 \quad \text{et} \quad 0,54.$$

Nous concluons de ces rapports qu'on aurait obtenu à la vapeur les mêmes résultats de propulsion qu'avec l'aéronef électrique de Meudon, en employant un appareil moteur tout approvisionné d'énergie, 0,30 moins lourd pour une marche de 2^h, si elle avait été tenue, et près de 2 fois plus léger pour une marche de 7^{km},6 en 23 minutes, qui est, en somme, la marche ayant été réalisée.

En conservant les poids de Meudon, on aurait pu, à la vapeur, obtenir un appareil plus puissant dans la proportion de 1 à 0,54; et alors, dans les 23 minutes de l'expérience, la vitesse à la vapeur aurait été plus grande qu'à l'électricité un nombre de fois $= 1 : \sqrt[3]{0,54}$, soit 1 fois 1/5 en nombre rond.

Enfin, en conservant encore les mêmes poids, on aurait réalisé une marche, à la même vitesse, pendant un temps manifestement donné par l'équation suivante :

$$(a') + (c') = (a'') + x^h \times 10;$$

soit

$$197,6 = (30,0 + x^h \times 10) \times 2 \text{ pour tenir compte, comme ci-dessus, de la petitesse de la machine.}$$

D'où il vient :

$$x^h = 4^h 53^m,$$

soit près de 5 heures, au lieu de 23 minutes.

De cette discussion il résulte que les constructeurs des dernières aéronefs eussent été bien mieux inspirés en étudiant à fond un projet de propulsion à la vapeur, plutôt que de se laisser séduire par le mot d'*électricité*. On ne saurait trop le répéter, cet agent est trompeur quand il s'agit de réaliser beaucoup de travail; car il n'est en général qu'un *transmetteur de l'énergie* (§ 560, tome I); et les sources chimiques où il doit puiser une quantité donnée de celle-ci sont notablement inférieures à la houille et au pétrole au point de vue du poids, et encore bien plus au point de vue de la dépense pécuniaire (ce qui toutefois, comme nous l'avons déjà dit, n'est qu'incident pour la propulsion des aérostats).

A la vérité, ces constructeurs se sont probablement laissé influencer par les dangers qui peuvent résulter de la présence d'un

foyer sous une aéronef construite suivant la méthode ordinaire. Certes, on ne saurait prendre trop de précautions pour éviter l'inflammation possible du gaz qui s'échappe par le pendentif; mais les chances d'incendie pourraient être considérablement réduites en plaçant le pendentif à l'arrière de l'aérostat, et en remplaçant au besoin cet organe par une véritable soupape de sûreté, placée au-dessus du ballon et disposée de façon à pouvoir s'ouvrir d'elle-même si la pression dépassait une certaine limite.

Un autre moyen très simple de diminuer les chances d'incendie consisterait à recouvrir d'une couche métallique très mince les parties les plus exposées de l'étoffe de l'aérostat. Le clinquant que l'on colle sur le papier n'a que $\frac{1}{120}$ de millimètre d'épaisseur, et conviendrait assez bien pour cet usage. Son emploi présenterait, en outre, l'avantage de supprimer presque complètement les pertes de gaz à travers l'étoffe.

Quant à la nacelle, elle serait facilement préservée au moyen d'une des nombreuses préparations proposées pour rendre combustibles les étoffes et les bois; et rien ne s'opposerait à ce que les cordes de suspension fussent remplacées par des fils de fer ou de cuivre.

L'emploi d'un combustible liquide, tel que le pétrole, nous paraît également très avantageux au point de vue qui nous occupe, en ce sens qu'il permettrait d'éviter l'entraînement des escarbilles. Enfin, il serait toujours prudent de garnir la porte du foyer avec des toiles métalliques convenablement disposées.

Giffard n'attachait pas beaucoup d'importance à cette question; car il a dit dans un de ses mémoires que le danger résultant de la réunion d'une machine à feu et du gaz inflammable était complètement illusoire, opinion qui paraît avoir été consacrée par la pratique, et que partage complètement M. Yon. Cet habile aéronaute déclare qu'il s'est acclimaté à l'idée d'avoir un foyer sous un ballon, depuis qu'il a monté avec Giffard dans ses aéronefs à vapeur de 1855. Il a d'ailleurs construit pour la Russie une chaudière à pétrole aérienne, qui a fait des preuves, et qui ne laisse aucun aléa.

Selon nous, le seul moment critique serait celui de l'atterrissage; mais alors, on aurait toujours la ressource d'éteindre rapidement le foyer, en y lâchant la vapeur de la chaudière.

L'emploi d'un moteur électrique est, du reste, presque aussi

dangereux, au point de vue des chances d'incendie ; car les petites étincelles que l'on observe toujours aux balais de la dynamo peuvent enflammer le gaz du ballon.

Malheureusement la machine à vapeur est encore trop pesante pour procurer à une aéronef une vitesse de 40^{km} à l'heure, même pendant un temps très court.

En effet, si nous nous reportons à l'exemple du § 291, nous voyons que, même abstraction faite du poids du combustible et de l'eau d'approvisionnement, il faudrait que la machine ne pesât, par cheval, que $1.600^{\text{kg}} : 51^{\text{ch}},4 = 31^{\text{kg}},1$.

Il est vrai que le chiffre de 50^{kg} par cheval donné plus haut pour le poids mort de la machine à vapeur pourrait être réduit à 30^{kg}, avec une puissance un peu élevée. Effectivement, ledit chiffre se rapporte implicitement à des machines de petites forces, fonctionnant d'ailleurs avec échappement à l'air libre.

A propos de ce dernier point, quelques ingénieurs voudraient n'employer, pour les aéronefs à vapeur, que des machines à condensation par surface, afin d'éviter l'approvisionnement considérable d'eau de vaporisation et d'échappement de 9^{kg} par cheval. C'est là, à la vérité, un grave inconvénient ; car, bien qu'on puisse toujours combattre le délestage par le dégonflement du ballon, il y a de ce fait une trop forte surcharge pour le départ. Par contre, quand on emploie un condenseur par surface, on ne peut le faire refroidir ici que par le courant d'air de la marche. Mais ce moyen se trouve tout à fait insuffisant.

On a aussi proposé d'obtenir le refroidissement à l'aide de glace, qu'on emploierait ensuite, quand elle aurait été complètement fondue, à la marche sans condensation. Ce procédé ne vaut pas mieux que le précédent. Comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, il convient de ne pas se laisser séduire par la basse température de la glace ; il faut surtout tenir compte de la quantité de chaleur que celle-ci aura à absorber par unité de temps ; or cela exige une beaucoup plus grande surface condensante que l'on ne serait tenté de le croire au premier abord. Sans compter qu'il faut 8^{kg} de glace par Kg de vapeur à condenser.

En résumé, il faut aussi renoncer à la machine à vapeur pour arriver à une propulsion suffisamment rapide et longue des aéronefs.

Il nous reste à examiner s'il y a moyen de résoudre le pro-

blème à l'aide de machines à gaz ou mieux à huile essentielle volatilisée au fur et à mesure.

§ 294. **Machine à gaz pour aéronef : Type Barbé.** — Abstraction faite du mode d'obtenir le gaz, ce qui est une question à part, il y a ici à se préoccuper du poids des appareils et de leur approvisionnement d'énergie.

Jusqu'à présent, le poids mort par cheval des moteurs à gaz a été un peu plus élevé que celui des machines à vapeur légères. Cela tient surtout au lourd volant que comportent d'habitude ces moteurs; car, sans cela, ils se trouvent notablement allégés du fait de l'absence de chaudière. Mais on peut aisément arriver à des machines à gaz à petit volant, à bâtis léger, et, en outre, à grande vitesse de pulsation. Il suffit pour cela de fabriquer des appareils à trois cylindres, attelés à trois vilebrequins à 120° les uns des autres, ou encore accouplés en éventail autour de l'arbre, de façon à ce que, d'une part, la régularité de la rotation se présente naturellement, et, que, d'autre part, les effets de réaction sur les bâtis et la plaque de fondation s'équilibrent plus ou moins complètement.

En revanche, dans les machines à gaz, par la nature même de leur fonctionnement, les parois du cylindre ont besoin d'être refroidies, ce qui exigerait, pour les aéronefs, l'embarquement d'une grande quantité d'eau destinée à cet usage, et rendrait ces machines impraticables. Les inventeurs doivent donc chercher à supprimer un pareil inconvénient, tout en réalisant l'économie de consommation du gaz, et par suite de l'huile essentielle destinée à le produire pour les ballons.

M. Barbé, ingénieur civil, nous semble avoir trouvé une machine qui satisfait à la question. Malheureusement il n'en a encore été construit qu'un modèle fort complexe, en raison des expériences multiples auxquelles il devait pouvoir se prêter.

On sait que les machines à gaz se classent en quatre types distincts : à explosion sans ou avec compression, — à combustion avec compression, — atmosphériques. Ces divers types, sauf le premier, qui est très inférieur, ont sensiblement le même rendement (1.000 litres ou 0^{kg},550 de gaz de Paris par cheval-heure indiqué, soit 5.520 calories ou 2.346.000 kilogrammètres dégagés pour 270.000 kilogrammètres utilisés).

Par suite de l'élévation de leur température maximum de fonctionnement, les machines à gaz ont un rendement calorifique absolu (0,115) supérieur à celui des meilleures machines à vapeur (0,076, pour une consommation de 0^{kg},8 de houille par cheval-heure), bien que leur cycle réel laisse beaucoup plus à désirer. Or ce cycle est, en raison même de son imperfection, sujet à de grandes améliorations; et ces améliorations s'imposent à cause du coût très élevé du gaz par rapport au charbon (10.000^{calories} valant, suivant les endroits, 0^f,40 à 0^f,70 pour le gaz, contre 0^f,02 à 0^f,04 pour le charbon de terre.

D'autre part, au point de vue de l'encombrement et du poids, les moteurs à gaz peuvent l'emporter de beaucoup sur la machine à vapeur.

Les divers motifs précédents expliquent les nombreuses et incessantes recherches auxquelles donnent lieu ces moteurs. Chaque année, la liste des brevets d'invention de l'espèce dépassent vingt spécifications nouvelles.

En tous cas, c'est l'échauffement indu des parois du cylindre des machines à gaz qui est la cause principale de la très grande imperfection de leur cycle, et qui oblige d'ailleurs, répétons-le, à un refroidissement coûteux et encombrant desdites parois par un courant d'eau. Cet échauffement, il importe de le remarquer, provient principalement de la condensation de la vapeur d'eau saturée et à très haute température que produit la combustion de l'hydrogène du gaz, et qui, dans les tourbillonnements de la masse gazeuse, cède sa chaleur latente en partie aux parois, et en partie au reste de cette masse.

Par ailleurs, la *compression* du mélange détonant avant son inflammation et plus encore la perfection des mélanges, offrent le très grand avantage de prévenir les ratés, et de permettre ainsi l'usage de mélanges pauvres (1 vol. d'air sur 9 de gaz, la proportion théorique étant 1 sur 5,4). Or tout cela assure la combustion complète du gaz employé, et diminue les échauffements des parois du cylindre travailleur.

Enfin, l'explosion prête à un meilleur cycle théorique que la combustion continue. Il suit de là que c'est vers les machines à explosion avec compression que doivent tendre les efforts des perfectionneurs des moteurs à gaz.

M. Barbé a parfaitement compris les circonstances multiples

qui viennent d'être exposées ; et c'est rationnellement qu'il a été conduit aux procédés suivants, pour lesquels il a pris un brevet :

1° Mélange de 1 volume de gaz sur 9 d'air, dans une poche distincte du cylindre moteur, le gaz étant refoulé par une petite pompe spéciale, et l'air étant emprunté à celui même du cylindre ; puis inflammation avec compression.

2° Injection, par le fait même de l'explosion, du mélange détoné dans l'axe du cylindre moteur suivant un mince filet, ce qui constitue une sorte de fusil à vent spécial agissant sur le piston normalement à sa surface, ce mélange venant d'ailleurs se noyer dans 15 à 20 volumes d'air pur introduits puis refoulés dans le cylindre, comme dans les autres machines à gaz avec compression. Cette combinaison prévient l'échauffement, particulièrement en maintenant la vapeur d'eau produite par l'hydrogène au centre du cylindre et loin de son pourtour ; de plus elle supprime l'eau de refroidissement, et permet une détente longue et presque adiabatique.

Toutefois la réalisation des procédés précédents demande beaucoup d'habileté pratique, surtout pour les organes du dosage du gaz, de la distribution de l'air et de l'introduction du jet détoné, et pour le système de l'inflammation.

Dans la machine d'essai de M. Barbé citée plus haut, la consommation de gaz n'a atteint, par cheval-heure indiqué, que 400 litres de gaz, soit environ les $\frac{2}{5}$ de la consommation des meilleurs moteurs à gaz actuels.

La machine de M. Barbé pourrait aussi marcher économiquement avec les gaz d'huile essentielle, qu'on volatiliserait alors à ses côtés. De ce chef, elle semble être le moteur de l'avenir pour la navigation aérienne ; car elle permettra enfin de réaliser un système extra-léger comme poids mort, et surtout comme emmagasinement d'énergie pour un long et rapide parcours, dernière condition que n'a remplie jusqu'ici aucune des combinaisons essayées pour la propulsion des aérostats, et en particulier l'électricité. Ce dernier agent n'a, sous le rapport qui nous occupe, mené qu'à des déboires pour des excursions étendues, et se trouve unanimement abandonné aujourd'hui par les ingénieurs aéronautes.

Ce point de vue particulier n'a pas échappé à M. Barbé, qui, plein de confiance dans les avantages de légèreté de son moteur,

avec un approvisionnement relativement abondant d'énergie, s'est plu à aborder à fond le problème de l'*aviation* (§ 296).

En résumé, M. Barbé dit n'avoir brûlé avec sa machine d'essai que 0^{kg},185 de gazoline ou 400 litres de gaz de Paris par cheval-heure indiqué sur les pistons.

De plus, le cylindre moteur est resté absolument indemne d'échauffements compromettants : la température à l'échappement, après plusieurs heures de marche, n'a pas dépassé 135°; et il n'y a pas eu plus de 100° à l'extérieur des parois de la chambre d'explosion et du cylindre moteur.

Le moteur Barbé est d'ailleurs complété par :

1° Un inflammateur magnétique spécial donnant une sécurité d'inflammation absolue, à tel point qu'il n'y a pas eu un seul raté sur 200.000 explosions, ce qui permet de tourner très vite;

2° Un organe pour doser le pétrole ou la gazoline, avant de l'admettre dans le petit récipient où on volatilise cette huile au moyen d'un brûleur;

3° Un organe faisant varier à volonté la quantité et la pression initiale de l'air de la chambre d'explosion.

Comme poids mort par cheval indiqué, M. Barbé compte arriver, en modifiant en conséquence son premier spécimen, à ne pas dépasser 25^{kg}, en marchant indéfiniment sans crainte d'échauffement de l'appareil. Il espère même parvenir, sans pareille crainte, à faire donner à la machine deux fois plus de puissance pendant 2 à 3 heures, et quatre fois plus de travail pendant 1/2 à 1 heure, soit en tournant plus vite, soit en augmentant la pression de l'air comburant et la richesse des mélanges, et dans ces cas, bien entendu, en accroissant d'autant la dépense de combustible. Il y aurait là un puissant secours pour forcer la marche à un moment voulu, et pendant un temps relativement important.

En tout état de cause, on voit qu'avec un moteur Barbé bien réussi on pourrait propulser l'aéronef du § 291, à la vitesse de 40^{km} à l'heure, pendant un temps donné par l'équation :

$$1600^{ks} = 25^{ks} \times 51^{ch},4 + x^h \times 51^{ch},4 \times 0^{ks},185;$$

d'où

$$x^h = 33 \text{ heures } 1/8.$$

Le poids total d'approvisionnement de gazoline serait de 315^{kg}, et représenterait le délestage, très acceptable, qui se produirait petit à petit dans le cours du voyage, et auquel on remédierait,

soit au fur et à mesure, en laissant échapper de l'hydrogène par la soupape de dégonflement. Il va de soi d'ailleurs qu'en tous cas on remplirait d'air en conséquence le ballonnet, pour maintenir l'aéronef bien gonflée.

PROBLÈME DU PLUS LOURD QUE L'AIR

§ 295. **Essais anciens.** — L'histoire des différentes tentatives faites pour imiter le vol des oiseaux, est lamentable. Toutes les catastrophes qui s'y trouvent relatées indiquent clairement que l'homme est incapable de se maintenir dans l'atmosphère, quel que soit le mécanisme dont il dispose, s'il n'a recours à d'autre force motrice que sa force musculaire.

Les partisans du vol mécanique, les *aviateurs* (de *avis*, oiseau) ne doivent donc songer qu'à appliquer leur mécanisme à un système particulier supportant le moteur destiné à le faire manœuvrer. Aussi leurs recherches ont-elles pris une direction toute nouvelle. On s'est mis à étudier la structure des oiseaux, la position de leur centre de gravité, le mécanisme de leur vol. Puis on s'est efforcé de faire l'application des connaissances acquises, non dans le but d'arriver immédiatement à un résultat pratique, mais plutôt dans le dessein de poser les premiers principes d'un art que des esprits très sérieux ne désespèrent nullement de voir progresser.

Il est juste de reconnaître que les aviateurs modernes ne sont pas sans précurseurs. Le vol mécanique avait été fort délaissé pendant près d'un demi-siècle, lorsque, il y a une trentaine d'années, la question a été portée à l'ordre du jour. Alors on a remis en lumière certains travaux oubliés, tels que ceux de Lannoy, Bienvenu, en France, et surtout ceux que Georges Cayley, en Angleterre, publiait vers 1809.

Tout le monde connaît un jouet qui consiste à lancer à une certaine hauteur un petit papillon artificiel posé sur une tige légère. Le moteur de ce jouet est une ficelle enroulée autour de la tige et que l'on déroule rapidement. Un officier de marine, M. de la Landelle, et M. Ponton d'Amécourt, eurent l'idée, en 1863, de substituer à la ficelle de ce jouet un ressort d'horlogerie, et de donner aux ailes la disposition d'une hélice. Ils obtinrent ainsi de nouveaux appareils, de dimensions aussi exigües que les premiers, mais portant avec eux leur moteur, et pouvant s'élever,

sans impulsion extérieure, à la hauteur de 3 ou 4 mètres. Le savant physicien, M. Babinet, les baptisa aussitôt du nom d'*hélicoptères*. MM. de la Landelle et Ponton d'Amécourt pensèrent que les hélicoptères pouvaient les mettre sur la voie tant cherchée du vol mécanique. Vers la même époque M. Nadar, le photographe bien connu, s'occupait avec ardeur d'aérostation. Il était obsédé, surtout, de l'idée d'arriver à la direction des ballons. Son impatience croissait avec les obstacles qu'il rencontrait, lorsque MM. de la Landelle et Ponton d'Amécourt lui firent connaître les hélicoptères et les espérances dont ils étaient animés.

L'imagination de M. Nadar s'enflamme aussitôt. Il laisse de côté les ballons, et devient l'un des plus fervents soutiens du *plus lourd que l'air*. Journaux, brochures, conférences, tout lui semble bon pour agiter la question à laquelle il venait de se rallier. Si M. Nadar ne paraît pas avoir beaucoup contribué aux progrès de l'art dont il se faisait l'apôtre, il a du moins eu le mérite de faire grand bruit autour de l'idée nouvelle; d'attirer sur elle l'attention; d'être, en partie, cause de l'intérêt, toujours croissant, avec lequel certains savants s'en occupent.

Bientôt sont venus s'ajouter aux hélicoptères les *aéroplanes*, qui volent suivant une direction horizontale, en étant soutenues par un plan incliné, auquel la vitesse du système, mû lui-même par une hélice, fait remplir le rôle d'un cerf-volant. Puis les *orthoptères* ou oiseaux mécaniques ont vu le jour. Les orthoptères sont portés et poussés en avant par deux ailes; ils ont un vol saccadé se rapprochant de celui des oiseaux. Mais ils ne peuvent quitter la terre d'eux-mêmes; il leur faut une impulsion extérieure; alors ils se soutiennent en l'air quelques secondes.

Pour ces appareils, tous de dimensions fort restreintes, puisqu'en général leur poids ne dépasse pas 60 grammes, le moteur est tantôt un ressort de montre, tantôt l'air comprimé, tantôt la force de torsion d'une cordelette en caoutchouc.

Les aviateurs français, MM. Penaud, Hureau de Villeneuve, Tatin, etc..., emploient de préférence la force de torsion du caoutchouc. Il va sans dire que cette force est faible et s'épuise vite; mais elle suffit assez bien aux études théoriques qui occupent, ainsi que nous l'avons dit, les partisans du plus lourd que l'air.

Mais veut-on agrandir le modèle? Les surfaces par lesquelles on prend appui sur l'air croissent alors comme le carré des di-

mensions, tandis que le poids mort croît comme le cube de ces mêmes dimensions. A la vérité, la vitesse moyenne absolue de battement de ces surfaces augmente pour le même nombre de coups d'aile à la minute, ce qui fait plus que compensation pour la sustentation, mais, en somme, exige proportionnellement plus de travail. D'ailleurs, lesdites surfaces ont besoin de devenir plus massives, et par suite de perdre plus de force vive aux changements de sens des mouvements. De tout cela, il résulte que la puissance à développer augmente très rapidement. Nous verrons § 297 que, pour les oiseaux naturels, il n'en est plus ainsi, grâce à l'admirable mécanisme qui gouverne leur vol.

S'il devient difficile d'élever un appareil plus lourd que l'air d'assez grandes dimensions avec les hélicoptères et les oiseaux mécaniques, en revanche les aéroplanes offrent plus de ressources.

§ 296. État actuel de la question de l'aviation. —

Les aviateurs ont, depuis quelque temps, fixé leur attention sur les aéroplanes, pour obtenir une solution soi-disant acceptable du problème.

En principe, un aéroplane soutiendra un poids d'autant plus considérable et se maintiendra d'autant mieux, qu'on lui imprimera une vitesse horizontale plus grande. On comprend en même temps qu'un aéroplane ne peut pas partir du repos. Il lui faut une vitesse initiale. Cette vitesse, on peut l'obtenir en laissant tomber de haut le système, ou bien en le lançant sur un plan incliné, ou encore en lui donnant un mouvement giratoire dont la vitesse aille en s'accéléralant. Enfin les aéroplanes ne pourront stationner dans l'espace comme les oiseaux; ces appareils devront planer autour des points où ils voudront stationner.

Le grand avantage des aéroplanes, c'est qu'une fois leur vitesse acquise, par un des moyens puissants dont on peut disposer à terre, il suffira, pour entretenir cette vitesse et continuer longtemps le voyage, d'une force motrice relativement restreinte fournie par la machine qu'emporte le système.

Supposons, par exemple, un appareil de 200 kilogrammes, susceptible de porter un homme. Lancé sur une voie circulaire au moyen d'une machine supplémentaire, cet aéroplane s'échapperait suivant la tangente dès que la vitesse serait celle d'un train express, soit 100 à 150 kilomètres à l'heure. On démontre-

rait aisément par le calcul que, pour entretenir cette vitesse, une force de 15 chevaux appliquée sur le système serait suffisante.

Les partisans des aéroplanes concluent de là que, défalcation faite des poids du système lui-même et de l'aéronaute, on pourrait disposer de 7 à 8 kilogrammes par cheval pour le poids du moteur et de son approvisionnement d'énergie. Mais ils perdent de vue que les 15 chevaux à appliquer sur le système exigeraient au moins 20 chevaux sur les pistons du moteur, ce qui ne donnerait plus de disponible que 5 à 6^{kg} par cheval.

D'ailleurs, eu égard à l'excessive vitesse de lancement du système, l'aéronaute serait forcé de s'enfermer hermétiquement, au départ, dans un coffre de l'aéroplane, pour ne pas être suffoqué par l'air.

On le voit, tout cela tourne à un engin d'imagination, et ne peut être pris en sérieuse considération.

Le problème se pose plus nettement depuis quelque temps, et se résume dans les deux projets suivants :

1° Recourir à un premier système d'hélices pour la sustentation, et à un second système pour la propulsion ; puis examiner quel degré de légèreté devrait avoir le moteur général des deux systèmes pour être applicable.

2° Combiner un mécanisme à la fois de sustentation et de propulsion se rapprochant de l'aile des oiseaux en général, tels qu'ils ont été étudiés dans leur vol, ces dernières années, grâce à la photographie instantanée et aux procédés optiques et chronographiques habilement employés par l'éminent M. Marey, membre de l'Institut, et dont il vient de publier les résultats dans un remarquable ouvrage, intitulé *le vol des oiseaux*. Puis appliquer ce mécanisme à un avire de forme déterminée aussi léger que possible. Ensuite calculer la puissance nécessaire pour soulever le tout, y compris les aéronautes, et lui donner une certaine vitesse. Enfin examiner le moteur capable, comme légèreté, de réaliser ladite puissance. Cette seconde solution constitue un *volateur*.

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'emploi d'un appareil sustenteur constitué d'un grand réservoir d'air à faible pression, lançant de haut en bas une colonne de fluide sans cesse renouvelée, au moyen d'un appareil de compression. L'étude de ces sortes de solutions ne saurait conduire à rien de pratique.

En ce qui concerne les hélices de sustentation, de récentes expériences au point fixe montrent qu'elles ne peuvent produire plus de 10 à 12^{kg} de sustentation par cheval y appliqué, et avec une vitesse de choc contre l'air de 16 à 20^m par seconde à l'extrémité des ailes, sans compter qu'elles doivent avoir d'énormes dimensions, et qu'il en faut deux de pas contraires, afin de contrecarrer leurs influences rotatives sur le navire aérien.

En tous cas, le poids mort par cheval pour le moteur le plus léger qu'on puisse présentement espérer de fabriquer, est de 25^{kg} (§ 294), en évaluant le cheval sur les pistons moteurs, ce qui donnerait 50^{kg} par cheval sur les hélices de sustentation, en raison du mauvais rendement de ces engins dans l'air (§ 277), et tout cela encore pour une machine d'une certaine force. On arrive ainsi à un poids environ quatre fois plus fort qu'il ne conviendrait, pour que la machine puisse se soutenir toute seule, et, d'ailleurs, indépendamment du poids de l'avire lui-même, de celui des aéronautes et de l'approvisionnement même de l'agent d'énergie.

Donc, jusqu'à nouvel ordre, les hélices de sustentation ne sauraient résoudre le problème du plus lourd que l'air.

§ 297. **Volateur Barbé.** — Il nous reste à examiner ce qu'on peut tirer, pour soutenir et propulser un avire, d'un mécanisme semblable aux ailes d'un oiseau, et ce que devrait être, surtout comme poids, le moteur à associer à ce mécanisme pour lui donner toute son efficacité.

Certes, il serait séduisant d'imiter les oiseaux avec un système de grandes dimensions. Plus lourds que l'air, ils n'en luttent pas moins victorieusement contre la pesanteur, qui les précipiterait sur la terre si leur appareil de vol n'était, par rapport à leur poids, d'une grande puissance d'effet.

A la recherche de cette imitation du vol, on peut faire une assez grave objection. Lorsqu'il s'agit, en effet, de réaliser un mouvement, la nature et l'industrie de l'homme emploient des moyens absolument différents, appropriés aux modes d'action, essentiellement différents aussi des moteurs animés et inanimés.

Les premiers, par des phénomènes de distribution presque inconsciente, transmettent la force motrice, instantanément et avec des variations à l'infini, au système musculaire qui la met en œuvre, et qui, soit dit en passant, est considérablement plus

simple pour le vol que pour la marche. Il y a, chez les êtres animés, une machine qui se règle d'elle-même, une machine automatique, en quelque sorte instinctive; et la régulation se fait sentir jusque dans les parties les plus intimes, avec une promptitude et une sensibilité telles, qu'il faut renoncer à copier le modèle sous ce rapport. On ne pourra donc, en principe, obtenir qu'une imitation beaucoup plus apparente que réelle, une approximation plus ou moins grossière, puisqu'il y manquera toujours cette adaptation et cette souplesse des organes.

Si l'on supprime ces qualités essentielles de la machine animée, on est porté à croire qu'il ne reste plus pour le vol qu'un moteur d'un pitoyable rendement, compliqué d'organes sans nombre. Nous verrons, dans un instant, que cette appréciation superficielle se trouve radicalement fausse, et que le Créateur a mieux fait les choses.

Pour les moteurs inanimés, au lieu d'organes extrêmement complexes auxquels il faut distribuer la force, la mécanique industrielle cherche à réduire et à décomposer le problème en éléments simples, et susceptibles d'une solution réalisable par les moyens qui lui sont propres.

A première vue, l'aile d'un oiseau est un fragment d'hélice, agissant d'un mouvement alternatif. A chaque oscillation, on doit vaincre à nouveau l'inertie, ce qui serait un indice de mauvaise utilisation de la puissance. Mais M. Barbé a démontré avec beaucoup de sagacité que l'étude approfondie de la question modifiait singulièrement les points de vue admis jusqu'ici. Il s'est d'abord bien pénétré de la cinématique du vol des oiseaux à l'aide des travaux de M. Marey déjà cités au § 296; il y a joint l'étude du jeu des muscles moteurs des ailes, et des considérations de thermodynamique physiologique sur le rendement de la machine animale des oiseaux d'après la nourriture absorbée. Il a déduit de tout cela une théorie complète et nouvelle du vol. Entre autres, il a fait ressortir que les ailes et le corps de l'animal font fonction d'un aéroplane qui prendrait la position voulue pour l'efficacité maximum. Cette position correspondrait à environ un angle de 10° avec l'horizon, que ferait le plan fictif qui représente la fonction aéroplane du système, et où ledit plan fictif est perpendiculaire au plan diamétral longitudinal de l'oiseau, et parallèle à l'axe longitudinal de celui-ci. Dès que la vitesse de translation augmente ou

diminue, il en est de même de l'effet de la fonction aéroplane; et l'oiseau tend à monter ou à descendre. Pour se maintenir en hauteur, il lui suffit ou d'étaler les plumes de sa queue, ou, au contraire, de les rétrécir; car l'air est alors rencontré par la queue sur une étendue plus grande, ou, au contraire, plus petite; et l'effet ainsi obtenu tend, dans les deux cas, à contrecarrer le changement d'inclinaison du plan fictif qui représente la fonction aéroplane.

Par ailleurs, on a remarqué que, dans leur mouvement de fermeture, les ailes ont leurs rémiges qui se courbent avec une concavité tournée vers le bas. De ce fait joint à d'autres considérations, M. Barbé est porté à croire que les ailes ramassent sous le corps de l'oiseau l'air qu'elles viennent de refouler, et qu'ainsi la dépense d'énergie se trouve totalement utilisée, puisque, aux efforts de propulsion, succède un effet de sustentation par l'augmentation de la densité de l'air sous le ventre de l'animal, augmentation d'où résulte une plus forte pression de l'air au-dessous qu'au-dessus de celui-ci.

D'autre part, les mouvements de montée ou de descente de l'oiseau s'obtiennent par le raccourcissement du cou et le rétrécissement de la queue, ou *vice-versa*. Puis, pour venir sur la droite ou sur la gauche, il porte le cou du côté voulu; en même temps il tord sa queue de façon que la pointe élevée soit celle du côté opposé à la direction à prendre; ou bien s'il veut manoeuvrer vite, il se sert de ses ailes, qu'il fait agir différemment l'une de l'autre. Pour voltiger, il emploie ce même moyen. Enfin, pour s'assurer un équilibre longitudinal stable au départ et à l'arrivée, l'oiseau se sert surtout des mouvements du cou et de la queue, qui déplacent son centre de gravité à l'intérieur de son corps. L'équilibre transversal s'obtient par les ailes. Une fois en marche, le fait de la vitesse et de la fonction aéroplane des ailes donne à l'oiseau un équilibre extrêmement stable.

M. Barbé s'est proposé dès lors de faire actionner par sa machine à gaz du § 294 un volateur, où de grandes ailes en osier et en toile gondolées suivant les indications précédentes serviraient à la fois de propulseur et de sustenteur, et où d'ailleurs les récipients et les bâtis seraient, pour plus de légèreté, en aluminium ferreux, et les pièces de transmission de mouvement en acier phosphoreux. Toutefois, il s'agit là de tentatives encore

lointaines, et que M. Barbé ne saurait songer à réaliser qu'après la réussite complète de son moteur. Nous devons ici nous borner à esquisser le projet de ce savant ingénieur, en faisant d'ailleurs les réserves les plus absolues, non sur l'enchaînement des détails de sa méthode, mais sur les chiffres qu'il met en avant.

M. Barbé estime d'abord, d'après son étude du vol des oiseaux, qu'au départ une aile artificielle de grandes dimensions aurait une force ascensionnelle de 35^{kg} par force de cheval sur les ailes.

Toujours d'après la même étude, il compte qu'une fois le volateur lancé, et jouant le rôle d'aéroplane, les ailes pourraient supporter au moins un poids qui, par comparaison à ce que donnent les oiseaux bons *rameurs* suivant leur espèce, pourrait valoir de 200^{kg} à 400^{kg} par cheval ou cheval et demi dépensé tant pour la sustentation que pour la vitesse de propulsion, qu'il admet de 6 à 12 mètres à la seconde. En n'admettant, pour plus de prudence, que le premier de ces chiffres, la machine n'aurait plus, dès le moment considéré, qu'à fournir une force qui serait à celle du départ dans le rapport de $\frac{35}{200}$, rapport qui est plus petit que $\frac{1}{5}$.

Or nous avons vu au § 294 que la machine à gaz de M. Barbé pourrait, moyennant une plus grande dépense de l'agent d'énergie, développer pendant un assez long temps sans échauffement une puissance bien supérieure à sa force normale. Il y a lieu d'estimer que le poids mort (25^{kg}) de la machine évalué par cheval indiqué en marche courante, deviendrait 10^{kg} pendant la marche forcée. D'ailleurs la constitution même du système lui permettrait de se prêter très vivement à de grands écarts de vitesse de fonctionnement. La machine Barbé fournirait donc la solution du problème de l'aviation.

Dans l'ordre d'idées que nous venons d'exposer, il semble possible d'aborder le projet hardi d'un volateur pesant 3.500^{kg} , muni d'ailes proportionnelles et semblables à celles du pigeon, mais avec la base relativement plus large, et enlevé à l'aide d'une machine à gaz du système Barbé. Cette machine devrait, au départ, produire $\frac{3.500}{35} = 100^{\text{ch}}$ sur les ailes ; et, par suite, en adoptant pour celles-ci un rendement de 0,75, elle aurait à fournir 125^{ch} sur les pistons. Elle ne pèserait que $10^{\text{kg}} \times 125 = 1.250^{\text{kg}}$,

puisque la force en vue correspondrait à la marche à outrance que le moteur serait capable de supporter pendant un certain temps sans échauffement.

D'un autre côté, on peut estimer à 40 p. 100 du poids total du système, soit à 1.400^{kg} , les poids afférents : 1° aux aéronautes ; 2° aux parties de la carcasse du volateur qui ne seraient pas constituées par les bâtis de la machine ; 3° aux ailes, ainsi qu'aux pattes et à la queue du volateur ; car l'appareil aurait besoin de tels organes, tant pour son équilibre que pour son gouvernement et sa manœuvre.

Il resterait donc $3.500^{\text{kg}} - 1.250^{\text{kg}} - 1.400^{\text{kg}} = 850^{\text{kg}}$ disponibles pour l'approvisionnement d'énergie.

Une fois en pleine marche, en raison du rôle d'aéroplane rempli par les ailes, le volateur n'aurait plus besoin d'être actionné qu'avec une force ne dépassant pas $1/5$ des 100 chevaux au moment du départ, soit 20 chevaux sur les ailes, et conséquemment 25 chevaux sur les pistons, pour une vitesse propulsive de 6^{m} à la seconde.

Quant au nombre de coups d'ailes à la minute, il résulterait de la dépense de force de la machine, suivant les divers instants du vol : au départ, ou en marche courante. En raison des lois de la résistance de l'air et de la similitude des dimensions et des poids, et en se proposant d'obtenir la même sustentation relative (1), il y a lieu d'estimer que ledit nombre serait au même élément considéré dans les pigeons (et qui est de 600 en plein vol) comme l'unité est à la racine carrée du rapport de similitude, soit environ 120.

D'autre part, l'approvisionnement d'énergie serait de $25^{\text{chx}} \times 0^{\text{kg}}, 20$ de gazotine en nombre rond $= 5^{\text{kg}}$ par heure, et permettrait de marcher pendant $850 : 5 = 170^{\text{h}}$, soit 7 jours et 2 heures.

Si on voulait forcer le fonctionnement de la machine, on pourrait atteindre 11 à 12^{m} de vitesse à la seconde. Mais naturellement on dépenserait plus de gaz ; et on ne pourrait soutenir ce régime que pendant quelques heures, sous peine d'échauffements. Toutefois, la nouvelle puissance à développer ne serait pas aussi notablement augmentée qu'on serait porté à le croire ; car la fonction aéroplane prendrait un grand accroissement, et la ma-

(1) Voir Marey, *le Vol des oiseaux*, p. 80.

chine aurait moins de travail à dépenser pour la sustentation ; cette économie de travail profiterait à la vitesse de marche, ainsi que cela résulte des chiffres cités plus haut.

Ces chiffres peuvent paraître extraordinaires, d'autant qu'ils dépassent sans mesure ce qu'on pourrait obtenir pour la propulsion d'une aéronef du même poids total que le volateur considéré, et qui serait mue par la même machine et nantie du même approvisionnement d'énergie.

Répétons que nous ne citons que sous toutes réserves le projet de M. Barbé, principalement pour les chiffres qu'il renferme ; car il repose presque entièrement sur la grande puissance de rendement, jusqu'ici ignorée, que l'inventeur attribue aux ailes des oiseaux vanneurs, et pour le reste sur la valeur de son moteur.

D'ailleurs, nous ne saurions trop répéter qu'il y a un abîme entre un projet si bien conçu qu'il soit, et sa complète réalisation industrielle ; d'autant qu'on rencontrera de grandes difficultés dans la confection des ailes, et bien plus encore dans le mode mécanique de leur mise en mouvement, et la régulation du moteur qui devra alimenter leur travail ; car ce travail variera incessamment suivant d'importantes proportions. Enfin il y aura à prévoir les ratés d'explosion du gaz moteur, auxquels il faudra pouvoir remédier sans hésitation et immédiatement ; sans quoi le volateur s'abîmerait bien vite dans une chute épouvantable. Mais il y a lieu d'espérer qu'une si calamiteuse conjoncture serait évitée par l'accouplement, sur le même arbre, de plusieurs cylindres desservis chacun par un inflammateur magnétique propre, qu'on pourrait du reste doubler d'un second système d'inflammateur, devant se substituer très rapidement au premier en cas de plusieurs ratés successifs.

Nous sommes donc loin de nous abandonner à des illusions prématurées. Mais, somme toute, rien jusqu'ici, parmi les innombrables recherches faites sur la navigation aérienne, ne nous a paru aussi rationnel, aussi cohérent, aussi adéquat que les idées de M. Barbé, aussi bien comme machine que comme sustenteur et propulseur.

Maintenant la parole est à l'avenir.

T. II, 6^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE VI⁽¹⁾

COLOMBOPHILIE.

NOTIONS GÉNÉRALES

§ 298. **Historique des pigeons-voyageurs jusqu'au siège de Paris.** — Sans remonter à Noé, qui lâcha une colombe pour s'assurer de l'état dans lequel les eaux du déluge avaient laissé la terre, nous dirons que les monuments de l'antique Égypte attestent que déjà, du temps des Pharaons, les marins de l'Égypte, de Chypre et de Candie se servaient des pigeons-voyageurs quand ils approchaient de terre, pour annoncer leur arrivée à leurs familles.

Pline raconte qu'au siège de Modène par Marc-Antoine (l'an 43 avant Jésus-Christ), Brutus demanda du secours à ses amis du dehors à l'aide de pigeons. Frontin, auteur d'un traité spécial sur les stratagèmes, cite le même fait.

Les gladiateurs romains utilisaient les pigeons pour annoncer à leurs amis qu'ils sortaient victorieux de l'arène.

Le pigeon-voyageur étant originaire de l'Orient, c'est surtout dans les pays musulmans que l'on voit s'étendre son emploi comme *messenger* pendant le moyen âge.

Saladin, sultan d'Égypte, passe pour avoir été le premier à utiliser les pigeons à la guerre. Presque en même temps le sultan Nour-Eddin créa, en 1167, un service de poste par pigeons-voyageurs, reliant Bagdad à toutes les villes principales de l'empire de Syrie; un service régulier était établi au Caire, entre l'Égypte et ces villes. Des études suivies avaient été faites sur les races de pigeons-messagers; et des fonds spéciaux étaient affectés, sur le budget de l'État, à l'entretien des stations pos-

(1) Pour la rédaction de ce chapitre, nous avons consulté avec fruit les opuscules de MM. A. Keucker, G.-H. Deneuve, A. Smal-Deloye.

tales et de leur personnel, tant en hommes qu'en pigeons. Les colombiers étaient établis dans des tours construites de distance en distance sur toute l'étendue du pays, dans l'intention de veiller à la sûreté et à la tranquillité publiques. Les lettres portées par les pigeons contenaient l'avis pur et simple ; elles s'attachaient sous l'aile. On les expédiait par duplicata. A l'arrivée de l'oiseau, la sentinelle le portait au sultan même, qui détachait l'écrit. On appelait les pigeons, les *anges des rois*.

L'emploi des pigeons au service postal se conserva sous les descendants de Nour-Eddin jusqu'à la fin du XIII^e siècle.

John Moore dit que c'est de Bagdad que les marins hollandais importèrent en Europe les premiers pigeons-messagers, qu'ils appelaient dans leur langue *bagadetten*, nom tiré de leur lieu d'origine. D'autres historiens prétendent que le pigeon-voyageur fut introduit en Europe par les Croisés. Il est probable que le pigeon persan (*columba tuberculosa*) fut la souche du pigeon-voyageur actuel.

L'usage des pigeons-messagers continua à subsister en Égypte, en Italie et dans le nord de l'Europe. Ils jouèrent un rôle militaire aux sièges de Harlem (1572), de Leyde (1574), de Paris par Henri IV (1589-93), et de Venise (1849) ; ils servaient aux assiégés à correspondre avec les armées de secours, ou à introduire dans la ville bloquée des nouvelles du dehors.

En général, cependant, l'emploi du pigeon comme *pigeon-messenger* tomba en désuétude dans les deux derniers siècles ; il ne fut repris qu'au commencement de ce siècle et cela au service des hommes d'affaires. C'est ainsi qu'en 1815 un des membres de la famille de Rothschild fit usage de pigeons-voyageurs à Waterloo pour informer sa maison à Londres de l'issue de la bataille. Cette banque fut de la sorte avertie bien avant le gouvernement anglais de la défaite de Napoléon, qu'un télégramme aérien, mal interprété à cause de la brume, avait donnée comme une victoire. La maison de Rothschild eut de cette façon le temps de faire de grands achats à la bourse, et réalisa des bénéfices fabuleux, lorsque la nouvelle définitive provoqua une hausse générale sur tous les fonds.

A partir de 1815, et jusqu'à l'introduction des lignes télégraphiques électriques dans les divers pays de l'Europe (1850), les banquiers et les commerçants firent usage de pigeons pour

transmettre d'une ville à l'autre les fluctuations de la bourse et des marchés.

De nos jours, l'élève du pigeon et son emploi comme *messenger* appartiennent au *sport*, dont la pratique a atteint un développement considérable en Belgique, en Hollande, en Angleterre, en Allemagne et dans le nord de la France. C'est à ce sport que Paris doit d'avoir pu recevoir des nouvelles du dehors pendant le siège de 1870.

Prise au dépourvu, notre capitale comptait, au commencement de septembre 1870, fort peu de colombophiles et encore moins de colombers, pouvant permettre d'assurer les correspondances d'une manière sûre et régulière. 800 pigeons-voyageurs, appartenant à diverses sociétés colombophiles du département du Nord et expédiés sur l'initiative du préfet de ce département, furent introduits dans Paris avant son investissement. Ceci permit de correspondre avec la province. Pour l'opération réciproque, on avait négligé de réquisitionner les pigeons-voyageurs se trouvant à Paris, et qu'il eût fallu faire sortir de la ville avant son investissement.

Heureusement qu'un bon nombre des pigeons envoyés de Roubaix et de Tourcoing étaient arrivés tout accouplés; et on les avait aménagés dans des colombiers à Paris, afin de pouvoir s'en servir comme messagers de retour, en les renvoyant en province par des ballons de la poste, ainsi qu'il est dit plus bas. Ceux des pigeons expédiés qui l'avaient été sans leurs compagnes ou compagnons, laissés exprès aux anciens colombers, furent alors seuls employés pour porter des dépêches de Paris au dehors; encore ne s'en servait-on que lorsqu'il soufflait des vents tout à fait contraires au départ des aérostats, ou lorsque le gouvernement avait une dépêche pressée à faire parvenir en province.

Dès que Paris eut été entièrement investi, M. Rampont, directeur général des postes, proposa de communiquer avec le dehors à l'aide de ballons; mais on n'avait pas encore trouvé le moyen de faire rentrer les dépêches dans son enceinte. Le problème fut résolu par un Belge, M. Van Rosebek, qui eut l'idée intelligente de faire sortir par ballon des pigeons-voyageurs qui lui appartenaient, et plus tard ceux indiqués plus haut provenant de Tourcoing et de Roubaix. Les oiseaux étaient emportés dans des

cages attachées tout autour de la nacelle. Le 25 septembre, trois pigeons furent embarqués sur le ballon *la Ville-de-Florence*, et atterrirent en Seine-et-Oise. Le retour à Paris de ces pigeons, partis avec l'aérostat quelques heures auparavant, donnait la mesure de tout ce qu'on était en droit d'espérer par l'emploi des pigeons-voyageurs affectés à un service de poste aérienne.

Les aérostats de la poste se succédèrent sans interruption pendant toute la durée du siège, emportant presque toujours, suivant les circonstances, un certain nombre de messagers ailés. Tous les pigeons ainsi emportés en province furent loin de donner les mêmes résultats. Une cinquantaine au plus, sur 363, rentrèrent à Paris chargés de dépêches. Cet insuccès relatif provient de ce que la saison fut fort dure, et plus encore de ce qu'il n'y avait dans la masse qu'un nombre très limité de pigeons-voyageurs de vraie race de course. C'est ce petit nombre de messagers ailés qui, par des voyages répétés, ont introduit toutes les dépêches dans Paris; car aussitôt un pigeon rentré dans la ville assiégée, il était réexpédié le lendemain par ballon à Tours ou à Bordeaux. Les pigeons belges, et particulièrement ceux de race anversoise, se signalèrent par des qualités extraordinaires; quelques-uns rentrèrent à Paris quatre et même six fois. Il n'en fut pas moins démontré qu'à partir du premier retour, la pratique de la poste aérienne par pigeons se trouvait résolue, malgré son incertitude et son insuffisance d'action.

L'intelligente organisation du service des ballons montés et des pigeons-messagers, fut merveilleusement complétée pendant le siège par un troisième facteur, la *dépêche photomicroscopique*.

Le nombre des dépêches officielles et privées s'était accru de telle sorte, qu'à moins d'être expédiées par fragments sur plusieurs pigeons, elles ne pouvaient plus être contenues dans un format de papier, si mince qu'il fût, toujours limité par la nécessité d'être introduit dans l'intérieur d'un tube de plume. Il y avait donc là un problème à résoudre; et il fut résolu par le regretté et éminent physicien M. d'Almeida et par M. Dagron, auquel l'art photographique était déjà redevable de la découverte de la photomicrographie. Cet artiste appliqua son procédé à la reproduction d'imprimés officiels et de dépêches privées. Ses expériences de *photomicroscopie sur pellicule* ayant produit les meilleurs résultats, le gouvernement confia à M. Dagron la mis-

sion d'aller établir en province un service exclusif de correspondances par pigeons-voyageurs.

Arrivé à Tours le 21 novembre, M. Dagron organisa immédiatement le travail de la reproduction des dépêches officielles et privées. « La substance pelliculaire que j'employais, dit-il dans une lettre adressée au *Moniteur universel* (juillet 1871), outre son extrême légèreté, offrait l'immense avantage de n'exiger qu'une pose de deux secondes, alors que le papier nécessitait plus de deux heures, vu la mauvaise saison. Chaque pellicule pouvait contenir la reproduction de douze à seize feuilles d'imprimerie, renfermant en moyenne, selon le type employé, trois mille dépêches. La légèreté de ces pellicules a permis à l'Administration des postes d'en mettre sur un *seul* pigeon jusqu'à dix-huit exemplaires, donnant un total de *cinquante mille* dépêches, et pesant ensemble *moins d'un gramme*. Toute la série des dépêches officielles et privées que nous avons faites pendant l'investissement de Paris, s'élevant au nombre d'environ *cent quinze mille*, pesait en tout un peu plus de *deux grammes*. Si on multiplie le nombre des dépêches par celui des exemplaires que nous avons fournis, on arrive au chiffre énorme de *deux millions cinq cent mille dépêches* de toute nature, que nous avons reproduites pendant les trois plus mauvais mois de l'année. »

On roulait les pellicules dans un tuyau de plume, qu'on attachait ensuite à la queue du pigeon à l'aide d'un fil ciré. A l'arrivée à Paris, on les déroulait à l'aide d'un peu d'eau contenant quelques gouttes d'ammoniaque. La lecture se faisait au moyen de verres grossissants. La composition de la substance pelliculaire dont M. Dagron possède seul le secret de fabrication, a beaucoup de similitude avec les pellicules de collodion produites par la siccité de cette substance sur les plaques de verre et sur l'épiderme, tant par sa souplesse et sa ténuité que par sa transparence, et avec certains papiers chimiques transparents, ayant l'aspect d'une pelure d'oignon.

Les services rendus aux Parisiens par les pigeons-voyageurs pendant le siège de leur ville, attirèrent bientôt l'attention des autorités militaires des différents pays ; et dès 1872, on songea à créer des colombiers militaires dans la plupart des grandes forteresses de l'Europe. Nous y reviendrons dans un chapitre spécial.

§ 299. **Renseignements divers sur les pigeons-voyageurs.** — Le type du pigeon-voyageur ressemble beaucoup à celui du pigeon commun que nous connaissons tous.

Nous trouvons, en effet, dans les deux espèces le même bec massif, le même cou entassé et les pattes roses et fines, le même œil vif, et une couleur de plumage gris cendré à peu près identique.

Mais le pigeon-voyageur, lui, possède surtout des ailes plus fortes, plus nerveuses, une envergure plus puissante, une provision musculaire anatomique plus considérable, toutes qualités qui lui permettent de faire une route étonnante de durée sans éprouver lassitude ni épuisement.

La famille des colombidés, qui tire son nom du latin *columba*, comprend :

Le palombe, bien connu des chasseurs américains ;

La colombe colombin, et la colombe biset.

Puis viennent successivement :

Les pigeons mondain, domestique, bagadais, romain, turc, bou-lant, polonais, cavalier, nonain, coquillé, cravaté, volant, culbu-tant, batteur, trembleur, tambour et pattu.

L'étude du pigeon biset, ou pigeon de roche, ou pigeon des champs, est pour nous la seule digne d'un véritable intérêt.

Nous le trouvons acclimaté dans nos demeures. Ses sens et ses facultés intellectuelles sont très développés. Il n'est pas nécessaire d'observer longtemps ces oiseaux pour les voir faire preuve de prudence et de hardiesse à la fois. Entre eux ils vivent en paix, sauf quelquefois pour les accouplements ; en principe, ils demeurent fidèles une fois accouplés.

Quand un danger s'approche et que le temps menace, les pigeons s'assemblent pour délibérer sur le péril commun et sur les moyens de le conjurer.

Ils se nourrissent de céréales de toutes espèces : graines de colza, lentilles, pois, vesce surtout, cette mauvaise herbe presque indestructible qui infeste nos champs.

Leur fécondité est proverbiale ; et bien des pauvres gens, à la campagne et dans la banlieue des grandes villes, vivent de l'élevage du colombier, qui se fait toujours sans grands frais, ses habitants allant au loin chercher leur nourriture et celle de leurs petits.

Le pigeon-voyageur belge jouit aujourd'hui d'une réputation universelle. Il en existe deux variétés principales.

Le *pigeon liégeois* se distingue par ses formes mignonnes, par les plumes retroussées, qui, en guise de jabot, ornent sa poitrine. Il a le bec petit et très court, garni à la base de caroncules blanches peu développées. Ses yeux vifs et saillants sont encadrés d'un petit filet charnu blanc ; sa tête est convexe. Il a le cou court et amplement garni de plumes longues et étroites à reflets métalliques. Ses ailes sont fort longues et reposent par leur extrémité sur une queue étroite et resserrée, composée de 12 pennes rectrices superposées, de façon à ne laisser à la queue que la largeur d'une seule penne.

Le *pigeon anversoïis* diffère du pigeon liégeois par sa grande taille ; son bec est plus fort et plus long ; les morilles du bec sont plus développées et plus tuberculeuses, ainsi que la membrane charnue qui entoure les yeux. Sa large poitrine et la grande envergure de ses ailes, dont les rémiges s'étendent presque jusqu'à l'extrémité de sa queue, sont l'indice d'un vol puissant et soutenu. Ce pigeon résiste remarquablement à la fatigue pendant les voyages de long cours.

Du croisement des deux races il est résulté la *race mixte*, qui tend à se confondre cependant avec la race anversoïse, au point de s'identifier et ne former plus guère qu'une seule et même espèce.

La nuance des yeux et du plumage n'est d'aucune importance, et n'exerce absolument aucune influence sur les qualités instinctives des pigeons-voyageurs. Les colombophiles belges les mieux entendus se préoccupent peu de la couleur de leurs pigeons ; et dans les colombiers les plus renommés on trouve généralement un mélange de toutes les nuances.

Les différences des formes du corps et du bec, ainsi que les diverses nuances des yeux démontrent que le pigeon-voyageur belge est le résultat d'une multitude de croisements antérieurs. La tradition attribue les diverses races belges au croisement de quatre variétés de pigeons : le pigeon *bizet*, le pigeon *carrier* (anglais), le pigeon *cravatté* et le pigeon *volant*.

Quoi qu'il en soit, le point essentiel à faire ressortir, c'est que le *pigeon-voyageur belge* est un *type définitivement classé*, qu'il doit ses qualités précieuses et l'impression d'orientation à l'intelli-

gence avec laquelle les colombophiles belges dirigent leur colombier et l'éducation de leurs pigeons.

§ 300. — **Considérations sur les facultés des pigeons-voyageurs.** — Comment expliquer le phénomène si surprenant du retour en quelques heures des pigeons-voyageurs à leur colombier, après avoir été transportés, en panier bien clos, à des distances de plus de 100 lieues de leur gîte?

C'est là une des principales questions du domaine scientifique qui demeure actuellement sans réponse.

Le mot *instinct* n'explique rien ici. Aujourd'hui la physiologie animale a établi d'une façon certaine que tous les actes *objectifs* des êtres animés sont exécutés sous le coup d'un déterminisme extérieur à l'individu.

A la vérité, il faut, en principe, pour assurer le succès des retours, soumettre l'oiseau-voyageur à des exercices préalables, et particulièrement à un entraînement méthodique aux environs du colombier. Mais encore ces exercices ne s'effectuent que dans un rayon très inférieur aux distances en tous sens où on fait ensuite les lâchers. Bien plus, nombre de colombophiles affirment que des pigeons à peine élevés et sans aucune préparation sont revenus d'emblée à leur gîte, après avoir été lâchés fort loin.

Tout ce qu'on sait, c'est que les pigeons-voyageurs ont une vue extraordinairement perçante, témoin les énormes distances auxquelles ils aperçoivent les éperviers, qui sont leurs redoutables ennemis.

Dans l'hypothèse où, pour retrouver son gîte, un pigeon serait réduit à la seule connaissance des objets environnants, tels que les dispositions relatives des bâtiments, des toits, des cheminées d'usine, il faudrait, en raison de la sphéricité de la terre que si la distance à franchir est grande, le pigeon, en tournoyant, s'élèverait assez haut pour reconnaître l'ensemble général des lieux. Les monuments, les clochers, seraient-ils alors des guides naturels? Un calcul assez simple fait voir que, pour reconnaître les endroits aux distances de 6, 12, 25, 100 lieues, le pigeon devrait s'élever tour à tour à des hauteurs de 60, 240, 970, 4.000, 15.000 mètres, dernier chiffre qui représente près de quatre fois la hauteur du Mont-Blanc? Il semble impossible d'admettre cette hypothèse, aucun être ne pouvant aller, ni surtout rester à de si grandes hauteurs. D'ailleurs les aéronautes ont observé que tout

pigeon lancé par dessus la nacelle d'un ballon, à une grande hauteur, se précipite immédiatement vers la terre, en décrivant de grands cercles; il n'est plus capable de voler à cause de la raréfaction de l'air; il tombe jusqu'aux couches inférieures, où seulement il prend alors son vol à travers l'espace. Il est certainement encore plus impossible d'admettre que la vue de ces étonnants volatiles, quelque puissante qu'elle soit, puisse s'étendre à un rayon de 100 lieues, et leur permettre de reconnaître, à cette distance énorme, les groupes d'arbres ou de maisons qui entourent leur logis si aimé.

Le fait du retour d'un pigeon transporté d'un seul bond en ligne droite ou courbe, par terre ou par ballon, à une distance de 100 lieues, ou même à une distance plus réduite de 57 lieues, qui sépare Paris de Tours, semble donc inexplicable.

Les pigeons-voyageurs mettent certainement en jeu leur puissance de la vue et leur mémoire locale, c'est-à-dire la double faculté merveilleuse de voir nettement et de reconnaître instantanément les dispositions relatives des objets et d'en conserver le fidèle souvenir. C'est à cette faculté qu'il convient d'attribuer le fait journalier du retour au colombier des pigeons qui vont chercher leur nourriture à des distances de plusieurs lieues, ou de ceux que l'on a dressés en les lâchant à des distances de plus en plus grandes, mais telles, cependant, que la vision distincte de l'oiseau puisse s'exercer d'une station à une autre. Par exemple, pour préparer les pigeons au retour dans les concours engagés entre Lille et Paris, on les transporte et on leur donne leur volée successivement aux stations suivantes du chemin de fer : Faubourg de Lille, Rouchin, Lesquien, Carvin, Arras, Amiens, Creil et enfin Paris. Dès que le pigeon est lâché de sa cage, on le voit s'élever à une hauteur d'autant plus grande qu'il est plus éloigné de son point de départ, et prendre en ligne droite la direction qui y conduit.

Dans les conditions précédentes d'entraînement, le phénomène du retour de l'oiseau devient moins inexplicable que dans les autres cas sus-relatés. A ces cas, il faut encore ajouter les lâchers durant la nuit ou par la brume, où les bons pigeons se mettent quand même en route. Par temps de pluie, tous les oiseaux lâchés se remettent immédiatement; cela ne doit pas tant être attribué à un dépistage de route dû à l'obscurcissement du ciel, qu'au mouil-

lage des plumes, qui alourdit les ailes et finit par entraver le vol. Pareille circonstance se produit du reste quand le pigeon rencontre un fort vent contraire; et alors il ne se remet en route que quand il reconnaît que la brise le poussera dans la direction voulue pour son retour.

Il demeure donc bien acquis que les pigeons-voyageurs, au début des lâchers effectués absolument hors de vue pour eux des environs de leur colombier, sont guidés, non pas par un *sens directif*, mais par une *impression directrice*. Cette impression leur permet d'atteindre un cercle d'un certain rayon autour de leur gîte. Ajoutons que l'oiseau n'aime franchir aucun mont. Quand il en rencontre, il préfère faire un détour pour suivre une vallée. Une montagne élevée l'arrête net. Enfin souvent, au départ, il parcourt de grands ronds avant que de prendre une route rectiligne. Mais c'est là toute une série d'épiphénomènes, qui ne peuvent porter préjudice à l'hypothèse en vue.

En bien retournant le problème dans toutes ses faces, on arrive à se demander si la localité aux alentours mêmes du colombier où les pigeons ont grandi n'exercerait pas sur leur organisme, par les courants électriques terrestres qui la sillonnent, une sorte d'influence magnétique; ou, pour mieux dire, si cette localité ne jouerait pas le rôle d'un pôle magnétique pendant leur développement par rapport à ce même organisme; celui-ci subirait alors une sorte d'aimantation *sui generis* provenant d'une certaine direction donnée aux courants électriques, qu'on sait aujourd'hui exister chez tous les animaux.

Cette explication ne nous semble pas devoir être rejetée *a priori* comme absurde; car, en fait, le magnétisme terrestre est loin d'avoir été étudié en détail; et l'assimilation de la terre à un immense solénoïde nous réserve peut-être bien des surprises, quand elle aura été analysée à fond. Sans compter que les phénomènes de diamagnétisme sont favorables à la conception en vue.

Certains colombophiles substituent à l'explication précédente une sensation des impressions atmosphériques, que le pigeon irait chercher à diverses hauteurs dans l'atmosphère, même par temps calme près de terre. Mais encore là il faudrait admettre qu'il possède une certaine faculté magnétique pour apprécier les directions de la brise; et puis quelle précision sérieuse de direc-

tion pourrait-il puiser dans des sensations aussi vagues? Toutefois il est probable que les oiseaux simplement migrateurs sont possesseurs d'une pareille faculté, fort grossière, en comparaison de l'impression directrice si précise des pigeons.

Il nous reste, dans ce paragraphe, à dire un mot de la vitesse des pigeons-voyageurs. Elle est souvent de 18 à 24 lieues à l'heure par temps calme; et cela pour des traites de 100 lieues accomplies sinon d'un seul vol, du moins avec de courts repos, et peu ou point de refection.

Quelques colombophiles assurent que le retour d'un pigeon ne peut subir plusieurs jours de retard, que sinon l'oiseau s'est perdu. Cette opinion est démentie par de nombreuses observations.

DÉTAILS PRATIQUES

§ 301. **Installation d'un pigeonnier. Hygiène.** — Une condition importante, non indispensable cependant, pour la bonne installation d'un colombier, c'est : 1° qu'il soit orienté le plus possible au midi, sud-ouest, sud-est et est; 2° qu'il soit situé au faite de l'habitation, ou dans un petit bâtiment à quelques mètres de hauteur.

Il sera d'autant plus sain qu'il sera entouré d'arbres, mais pas trop rapprochés du bâtiment, afin que l'ombre constante n'amène pas l'humidité.

Le pigeonnier sera construit, si possible, en bois de sapin rouge du Nord, lequel par son essence même empêche les animalcules de s'y introduire et d'y séjourner. Il sera blanchi une fois l'an, en mars ou avril, à la chaux bien collée et mélangée avec du pétrole. Il sera divisé en deux parties, ou mieux trois, ce qui permet la séparation des mâles d'avec les femelles en temps opportun, et un troisième refuge pour les jeunes après leur sortie du nid.

Les nichettes ou cases seront à deux compartiments, un à l'avant, l'autre à l'arrière; ce dernier sera complètement clos par un châssis plein en planche, sauf l'entrée, et le premier par un châssis à claire-voie avec planchette en avant de la sortie, fixée au moyen de charnières, ce qui permet de fermer la case en cas de besoin. Le compartiment d'arrière est destinée à l'élevage des jeunes; car, comme tous les oiseaux, le pigeon aime à nicher à l'abri des regards.

Les compartiments, pour être convenablement installés, ne peuvent pas avoir chacun moins de 30^{cm} de profondeur sur 50 à 60^{cm} de largeur. Le premier est muni d'un perchoir.

Chaque entrée ou plutôt chaque sortie extérieure du pigeonnier sera assez grande, montée sur châssis-fenêtre, de manière qu'on puisse l'ouvrir et la fermer à volonté suivant les variations de la température.

En face des sorties, si c'est possible, sinon dans la toiture, avoir une ou deux ouvertures assez grandes, afin de pouvoir établir à volonté des courants d'air. Bien se garder de ces courants pendant l'hiver, les temps froids et humides, et surtout pendant toute l'époque de la mue; en un mot, ne les établir que lorsqu'on s'apercevra que le pigeonnier a pris de l'humidité, et, le plus possible, saisir les moments d'un temps favorable.

Les perchoirs sont supprimés, sauf pendant l'hiver et lorsque les cases sont fermées.

Les cases doivent être tenues dans un état convenable de propreté, toutefois sans exagération.

§ 302. **Nourriture et maladies des pigeons.** — Comme nourriture principale pendant la saison des voyages, il y a : la vesce, la féverole et le froment. Voici la manière de procéder pour reconnaître si la marchandise est convenable et de bonne qualité.

1° Les *vesces* : les visiter lorsqu'elles sont en sac ou en tas. Poignez des deux mains dans l'un ou l'autre ; et voyez si elles roulent avec facilité entre les doigts, ce qui est une preuve qu'elles sont sèches. Regardez de près la marchandise ; et examinez si les grains sont bien uniformes, sans mélanges de grains rabougris ou d'autres graines. Mâchez-en ; et s'il vous reste à la bouche un goût naturel de farine, vous pouvez faire votre achat en toute sécurité.

2° Les *féveroles* : on opère comme nous l'indiquons ci-dessus pour les vesces. L'apparence de la belle féverole doit être d'un brun clair. La farine est d'un jaune pâle presque blanc avec un goût de froment quand on la mâche.

3° Le *froment* : la qualité doit se vérifier également comme ci-dessus, à la main, à la vue, au goût et à la mastication.

Le maïs est aussi donné, par les uns avec modération, par les

autres en quantité. Le meilleur et le plus sain est le petit maïs rouge d'Italie.

Le colza, la navette, le chènevis, la graine de lin, le millet, la canarie, le riz, le pain même qu'on distribue à ses pigeons selon le moment et l'époque, doivent être également de première qualité, c'est-à-dire propres, sans goût ni odeur, et bien secs.

Pour que ces diverses nourritures produisent leur effet utile et que la digestion se fasse bien, il faut encore que le pigeon ait constamment à sa disposition du gravier, des briques et de la chaux de vieux bâtiments en démolition pilées de la grosseur d'un pois, des écailles d'œuf, et une pierre de sel gemme. Cette pierre ne se donne que du mois de septembre à fin avril; on la retire à partir de mai jusque fin août, moment où la mue commence à se manifester d'une manière générale.

L'eau doit toujours être d'une grande pureté; on fera bien de toujours y tenir quelques vieux morceaux de fer rouillé. L'hiver, pendant les grands froids, qu'elle ne soit pas donnée sortant directement du puits ou venant de la rivière; mais qu'elle soit toujours à la température de 5 à 6° au-dessus de zéro, en y mélangeant une partie d'eau chaude. Un peu d'urine dans les abreuvoirs, surtout pour les jeunes, est des plus hygiéniques.

Une purge au sel d'Angleterre en mars et fin octobre de chaque année est indispensable.

Trois maladies existent à peu près à l'état permanent dans les pigeonniers, selon que ces derniers sont plus ou moins bien entretenus, et les pigeons plus ou moins bien soignés :

1° *Dépérissement* du sujet, qu'on pourrait qualifier de suette ou phtisie, avec accompagnement très souvent de la pépie et de la dyssenterie. Cette maladie atteint principalement les jeunes. Pour la prévenir, il faut qu'aussitôt que ceux-ci ont une tendance à vouloir manger seuls, ils soient mis dans un pigeonnier à part, où ils soient tranquilles, et non pourchassés par les vieux, et où ils mangent tout à leur aise.

2° *Muguet jaune, dit mal blanc*. Ce mal apparaît généralement pendant et après la mue, il se porte sur la face, et, en particulier, sur le bec tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. Il peut gagner le gosier et la gawe. Pour le prévenir, mettre dans l'abreuvoir, à partir du mois d'août, 4, 5 ou 6 morceaux, selon la grosseur, d'ongle de sabot de cheval, après les avoir au préalable

bien lavés et rissolés au feu. Toujours verser l'eau nouvelle sur la vieille, et ne la renouveler que lorsqu'elle aura acquis une *odeur d'ongle* très prononcée. Nous pensons que cette maladie est contagieuse et qu'elle pourrait se propager par l'intermédiaire de l'abreuvoir. Il convient donc de mettre à part les sujets atteints.

3° *Maladie de l'aile*, la plus fatale de toutes. Symptômes : Le sujet est triste, mange peu, sans appétit, a le plumage terne, fuit ses compagnons, et se réfugie à l'écart; son vol est lourd et pesant; et en retombant sur le plancher, l'aile malade se laisse aller et tremblotte.

Saigner le sujet aux pattes en coupant les ongles par le milieu au moyen de ciseaux; tenir les pattes pendant quelques minutes dans de l'eau tiède pour que la saignée soit abondante; arracher à chaque aile le vanneau en mue.

La *mue*, sans être une maladie, demande à être surveillée. La nourriture, toujours de première qualité, doit, à cette époque, être mélangée d'un cinquième environ de graine de lin, et sensiblement diminuée jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la portion réglementaire pour la période d'hiver; sans négliger le gravier, les écailles d'œuf, voire même les écailles d'huître, lorsqu'on en a à sa disposition, et une grosse pierre de sel gemme. Pour boisson, de l'eau *panée*, surtout lorsque les froids se font sentir.

Tenir le pigeonnier bien aéré, sans courants d'air, et, si possible, dans un état de chaleur convenable.

Surtout, et par-dessus tout, si la mue est commencée, plus d'élevage de jeunes pendant cette période.

§ 303. **Accouplements et élevage.** — Les accouplements ont lieu généralement du 15 février au 1^{er} mars.

Pour opérer un accouplement convenable, en vue bien entendu d'obtenir des produits aptes à résister aux fatigues des voyages, on doit procéder comme il suit :

Mâle et femelle préférablement de plumage différent, mais, en tous cas, soyeux et de nuance ferme et dure; structure bien proportionnée, c'est-à-dire tête bien ronde, forte encolure avec poitrine large et bien développée; aile courte et bien serrée au corps avec moignons puissants, et recouvrant bien les reins, remiges larges; queue courte, et l'oiseau pas trop élevé sur les pattes; le

bec pas trop long et bien recouvert; les yeux blancs ou brun chocolat, les bords étroits, contournant parfaitement l'œil, et de nuance blanc foncé ou totalement foncé; les bords rouges et jaunâtres doivent impitoyablement être mis à l'index.

Nous avons indiqué au § 299 les meilleures races.

Dix ou quinze jours avant l'accouplement, si les pigeons mâles n'ont pas été séparés des femelles pendant l'hiver, on fait la séparation; on donne ration complète de bonne nourriture aux femelles; et on augmente insensiblement cette nourriture pour les mâles, sans excès, ni pour les uns ni pour les autres.

Au moment voulu, on place le couple que l'on veut unir dans une nichette spacieuse, la nichette habituelle du mâle, avec plateau, nourriture réglée, gravier et écailles d'œufs, etc., le tout à discrétion.

Arrivons maintenant à l'élevage des jeunes. Pour obtenir de beaux jeunes, sains et d'une belle venue, une bonne nourriture bien distribuée est nécessaire. Il faut, en outre, des soins constants, de la propreté, de l'air convenablement renouvelé, et l'entretien d'une chaleur douce pendant les mois de mars et avril, qui souvent sont très froids; enfin la destruction des parasites.

En tous cas, l'élevage est très laborieux; et ce n'est guère qu'en prenant des précautions et des soins infinis, surtout si le temps n'est pas favorable, qu'on parvient à de bons résultats.

A partir du moment des accouplements, il faut que le pigeonnier soit tenu à un degré de chaleur convenable, soit en le tenant parfaitement clos, soit en y faisant du feu, suivant le temps qu'il fait. Faute de quoi la ponte sera tardive et pénible; partant l'éclosion sera partielle, c'est-à-dire que beaucoup d'œufs seront mauvais.

Quelques jours avant l'éclosion, on préparera les pigeons à bien faire *bouillie* pour le gavage, en leur distribuant, comme nourriture, des farineux, tels que : le petit maïs rouge d'Italie, du pain, du froment. 10 ou 15 jours après l'éclosion, on distribue les graines habituelles de première qualité, régulièrement trois ou quatre fois par 24 heures.

On doit suivre jour par jour l'élevage. Si on s'aperçoit que des nourriciers s'affaiblissent, et que leurs jeunes ne profitent pas très bien, lorsqu'ils ont quinze à vingt jours, et sont par conséquent

déjà assez bien en plumes, retirez un jeune, et passez-le à un autre couple.

Tout pigeonnier a des producteurs et des éleveurs. Si on veut être certain de former de beaux produits, il est bon, 8 à 10 jours après l'éclosion, alors que les jeunes sont encore couvés, de *passer* ceux-ci à des éleveurs, le soir, alors qu'ils ont la gave bien garnie. Ces jeunes seront parfaitement nourris; en outre ils seront *couvés* 8 à 10 jours de plus, par conséquent seront parfaitement plumés, ce qui les mettra à l'abri des atteintes du froid.

Le moment le plus critique pour les jeunes élèves pendant les mois froids ou frais, c'est lorsque, prenant leur premier duvet, ils ne sont plus couvés. Si le pigeonnier est tenu à un degré de chaleur convenable, il n'y a pas de danger; mais s'il est à la merci, à peu près, de la température extérieure, il est fort à craindre que ces jeunes n'en ressentent les atteintes, et ne soient perdus sans retour. On peut les sauver en les couvrant pendant la nuit soit avec de la flanelle, soit avec de la ouate; ou encore on les retire le soir du pigeonnier, et on leur fait passer la nuit dans une place chauffée, pour les réintégrer dans leur niche le lendemain.

Un indice de belle venue chez les jeunes, c'est lorsque leur fiente est dure et quelque peu humide; mais si cette fiente est flasque, c'est qu'il existe quelque chose d'anormal soit dans la nourriture, soit dans les substances que les nourriciers vont manger à l'extérieur. Dans ce cas, le pigeonnier est fermé pendant quelques jours, la nourriture est changée. Si vous vous apercevez qu'elle n'est pas de bonne nature, vous mélangez la nouvelle avec un tiers au moins de graine de lin. On doit aussi voir si l'eau est pure, et ne pas oublier d'y mettre quelques morceaux de vieille ferraille.

Lorsque les jeunes commenceront à sortir, on mettra dans leur niche un peu de nourriture. Les vieux iront nécessairement manger, et les jeunes les imiteront.

Pour séparer les jeunes d'avec leurs nourriciers et les installer dans un pigeonnier à part, on n'attendra pas qu'ils soient trop vigoureux et qu'ils prennent le toit; on fera la séparation lorsque les deux derniers grands vanneaux de l'aile seront à peu près aux trois quarts de leur croissance. Par ce moyen on obtient deux résultats qui ne sont pas à dédaigner : 1° les jeunes se dévelop-

pent mieux; 2° les nourriciers sont soulagés au moins huit jours plus tôt.

§ 304. **Préparation aux voyages.** — La qualité et la valeur des pigeons comme voyageurs, peuvent être classées comme voici :

Peu de pigeonniers possèdent un ou deux pigeons *extra*. Le plus grand nombre a quelques *bons*. Dans beaucoup, il n'y a que des *moyens*.

Enfin, dans tous les colombiers, il existe quantité de *rossards*, qu'on emploie comme nourriciers, et qu'on destine ensuite au marché ou aux tirs.

Dans un même pigeonnier, toutes ces qualités de pigeons peuvent se trouver réunies.

Les *petits* concours ont lieu à la distance de 100 à 350^{km}.

Les concours *moyens* ou intermédiaires, se font à la distance de 350 à 700^{km}. Ce sont les plus belles luttes, où chaque pigeonnier peut faire entrer en lice ses pigeons de deux à trois ans.

Viennent ensuite les *grandes* luttes régionales et nationales à des distances de 750 à 1.000^{km}, où la fine fleur arrive sur la scène.

Si le pigeon est sain et de bonne nature, il doit être en *ordre* au moment du départ, c'est-à-dire qu'il aura la plume soyeuse et bien collée au corps, l'aile de même, la queue serrée et l'œil brillant.

Un écueil à éviter, c'est de préserver le pigeon du « *coup de feu* », c'est-à-dire d'un échauffement qui l'annihile. On aura la chance d'éviter ce désagrément si, au retour du pigeon et pendant deux ou trois jours, on lui donne seulement les graines ordinaires, du pain, *du riz*, du froment, et même un peu de graine de lin.

Le pigeon, à sa rentrée de voyage, doit trouver son poste intact, et sa femelle qui l'attend. Ayant aperçu sa femelle au départ et étant certain de la retrouver à sa rentrée, il effectue sa rentrée sans hésiter. Il y a des exceptions ; mais elles sont rares.

Un bon système pour bien préparer les femelles aux voyages, c'est de les accoupler avec un mâle qui ne voyage pas, et de plus de les laisser couvrir et nourrir un jeune. Il faut alors bien discerner dans quelle condition la femelle marchera bien, c'est-à-dire

si c'est pendant qu'elle couve, ou au moment où les œufs vont éclore, ou si c'est lorsqu'il y aura de petits jeunes, ou des jeunes déjà d'une certaine force.

En règle générale, il est un point capital qu'on ne doit jamais négliger au moment des voyages. C'est de surveiller constamment l'aile du pigeon, et de voir si la *mue* des grandes remiges ou vanneaux s'opère bien régulièrement, et cela de la même manière à chaque aile, et si cette mue est bien *saine* et *naturelle*, c'est-à-dire sans sang noir et épais dans le tuyau des plumes.

§ 305. **Entraînement des pigeons-voyageurs.** — L'*entraînement* est, en quelque sorte, la culture de la vue perçante de l'oiseau et de son sentiment ou plutôt de son impression d'orientation. Développer ces facultés par une pratique intelligente, progressive et réglée suivant l'âge, les forces, les aptitudes des sujets, telles sont les règles fondamentales sur lesquelles on doit s'appuyer et se guider dans la pratique.

Dans l'entraînement, il y a deux phases distinctes, savoir : le *dressage* (1^{re} année), et l'*entraînement proprement dit* (années suivantes).

Le dressage est une instruction première qui s'applique exclusivement aux jeunes pigeons nés au printemps de l'année. C'est le préambule de l'entraînement au long cours : il n'a d'autre but que de les habituer à revenir au colombier de points peu éloignés. L'entraînement au long cours complète cette première partie de l'éducation, en servant à développer pratiquement la faculté d'orientation.

Dans l'art colombophile, il existe une quantité de méthodes de dressage et d'entraînement. Ces méthodes diffèrent entre elles, non dans l'ensemble, mais dans les détails de la pratique.

Il n'entre pas dans le cadre de notre étude de les exposer *in extenso*, et d'en discuter la valeur ; nous nous bornerons à donner, au point de vue qui nous intéresse spécialement, la manière dont s'effectue le plus souvent le dressage et l'entraînement des pigeons militaires.

Pendant la première période du dressage, les pigeons voyagent tous les deux jours. On leur apprend d'abord à connaître les alentours de la place ou de la forteresse ; en conséquence, les quatre premiers lâchers ont lieu de quatre points différents de la

campagne environnante, distants de 5^{km} au plus. On envoie ensuite les pigeons dans une direction donnée, ordinairement sur une ligne de chemin de fer. On augmente progressivement la longueur du parcours, en reculant de station en station le lieu du lâcher; et on arrive ainsi à faire effectuer aux pigeons, pendant la première année, des voyages de 90 à 200^{km}.

On *entraîne* de même les pigeons l'année suivante, en leur faisant franchir des espaces plus considérables, de 200 à 350^{km}. La troisième année, on peut envoyer plus loin encore les pigeons alors devenus complètement adultes. Mais l'utilité de ces grands voyages ne paraît pas démontrée pour les pigeons destinés à transmettre les dépêches en temps de guerre. Il faut surtout les familiariser avec les routes qu'ils auraient à suivre dans ce cas.

Quelques colombophiles prétendent que le dressage de première année doit s'exécuter alternativement sur la direction des quatre points cardinaux, en commençant par les distances de 1^{km} jusqu'à 70^{km}. Quand, au printemps de l'année suivante, les pigeons se sont accouplés, ce qui a lieu vers l'âge de 10 à 11 mois, on entreprend les entraînements de long cours; et ici l'amour conjugal, venant puissamment contribuer à assurer les retours au colombier, devient un auxiliaire précieux, qu'il convient de mettre à profit pour compléter le développement des aptitudes constatées pendant la campagne précédente.

On a essayé, après la guerre de 1870, d'entraîner des pigeons, pour qu'ils puissent aller et venir entre deux colombiers. On n'y parvient que pour de petites distances, en affamant les pigeons dans leur colombier d'origine, et en les transportant ensuite dans le second colombier bien garni de nourriture. Après un certain nombre de semblables exercices, on obtient l'accoutumance. On peut aussi avoir recours à des femelles.

Pour les cas généraux, on s'empare, la veille d'un voyage, de tous les pigeons aussitôt après leur repas du soir; on les place dans de grands paniers plats, pouvant contenir 25 à 30 paires de pigeons, et qui sont remis au chemin de fer ficelés, plombés et pourvus d'adresses; on les fait accompagner par des convoyeurs. A l'arrivée à la station indiquée pour le lâcher, les convoyeurs transportent toutes les corbeilles sur un des quais de la station, et les rangent à côté les unes des autres avec toutes les portes tournées du côté du colombier; puis on donne à boire aux pigeons

dans des abreuvoirs fixés le long des paniers. Si le temps est propice, c'est-à-dire s'il est clair, s'il ne pleut ni ne vente, on fait le lâcher; sinon, on remet l'opération à un autre jour.

Le lâcher lui-même s'effectue de la manière suivante. On ouvre toutes les corbeilles à la fois : les pigeons s'élèvent en troupe dans les airs; et, après avoir décrit deux ou trois tours d'horizon pour s'orienter, ils filent dans la direction du pigeonnier. Si le lâcher s'effectue convenablement, il n'y a ni trainards, ni pigeons perdus; mais quelquefois, en route, la troupe est attaquée et dispersée par des éperviers. Généralement la proportion des disparus est plus forte pendant la première période de l'entraînement que plus tard; la troupe arrive ainsi à s'épurer. Aux départs en grandes troupes succèdent les départs dans lesquels le pigeon est plus ou moins isolé. On lâche rarement un pigeon seul; il convient, en principe, de lui donner au moins deux ou trois compagnons de route.

Il est très important d'habituer dès le premier âge les jeunes pigeons au bruit de la mousqueterie. On sait que cet oiseau est aussi craintif que méfiant, et que la détonation d'une arme à feu suffit pour l'effrayer au point de lui faire perdre la direction de sa route. On ne saurait donc trop recommander que l'élevage des pigeons, dans les colombiers militaires, soit fait au milieu du bruit.

Un *vol de pigeons* bien organisé se compose d'une *bande* de 12 à 16 sujets; il est prouvé par l'expérience qu'il n'y a guère d'avantage à employer un nombre supérieur à cette dernière limite, et qu'elle est suffisante pour assurer un bon service.

Dans un *vol*, on distingue : les *reporters*, c'est-à-dire ceux qui, pendant la route, volant toujours en tête, dirigent la marche et arrivent les premiers; 2° les *pisteurs* ou *suivants*, qui ne marchent qu'autant que les reporters conduisent, et qui infailliblement se perdraient si ces derniers venaient à cesser leurs fonctions directrices.

Avant d'être *reporter*, le jeune pigeon est déjà dressé comme *pisteur*, et souvent il est incapable de devenir autre chose pendant toute sa carrière; c'est déjà beaucoup qu'il *piste* bien, c'est-à-dire qu'il suive fidèlement. Les bons *reporters* sont fort rares : sur 100 pigeons dressés, on obtient à peine 9 à 12 *reporters*.

On distingue généralement deux sortes de *vol* : le *vol à bande mixte* et le *vol à bande franche*. Le premier est celui qui se com-

pose de *reporters* et de *pisteurs* dans la proportion d'un cinquième. Le second est celui qui ne compte exclusivement que des *reporters*; quoique toujours moins nombreux que le précédent, il ne donne pas moins de garantie.

Le vol à bande franche n'est généralement employé que pour les trajets de long cours, et lorsqu'il s'agit surtout de dépêches d'une extrême importance. Le vol à bande mixte n'est usité que pour des trajets longs et périlleux, exécutés par des mauvais temps, et dans lesquels il faut tenir compte des pertes qui peuvent se produire, quand surtout on a des *dépêches très nombreuses* à faire parvenir.

§ 306. **Retour des voyages.** — Les rentrées au pigeonnier ne se font pas toujours sans anicroches. Il y a des pigeons qui se bornent à revenir aux environs de leur colombier, et à se percher plus ou moins longtemps sur des toits voisins.

Pour éviter cet inconvénient, qui peut devenir grave quand on attend une dépêche pressée, le colombophile doit avoir la patience, lors des premiers retours, d'agir prudemment, avec ménagement et sans brusquerie.

Beaucoup de moyens sont généralement employés pour engager les pigeons à rentrer prestement. En voici quelques-uns :

1° *Les rendre familiers*, en agissant comme il suit : Ne jamais entrer au pigeonnier sans les avertir de votre arrivée, par un sifflet ou tout autre signal. Leur distribuer la nourriture en se plaçant au milieu du pigeonnier, de manière à ce qu'ils vous entourent. Pendant cette opération et petit à petit, on les habitue à se laisser prendre sans qu'ils manifestent la moindre frayeur. Un bon moyen encore employé pour obtenir cette familiarité, c'est de les visiter le soir avec de la lumière.

2° A la rentrée des voyages, comme dans toutes autres circonstances, ne pas saisir brusquement le pigeon, et, si possible, ne le faire que quand il est rentré dans son poste.

3° A partir déjà des premiers entraînements et lors de leur retour, ne pas les laisser séjourner sur le toit, ni sur la planche d'entrée, en les chassant à outrance s'ils persistent à ne pas vouloir rentrer.

4° Très souvent avant la distribution de la nourriture, les faire sortir du pigeonnier.

5° Encore un moyen employé, c'est la présence constante au pigeonnier avec sortie trois ou quatre fois par jour, sans permettre le séjour au toit lors de la rentrée.

6° Le jour du lâcher, laisser libres les pigeons restants, et suspendre la distribution de la nourriture jusqu'au moment du retour des messagers.

7° Prendre le pigeon par la *jalousie*. A cet effet, deux ou trois jours avant la mise en panier on le sépare de sa femelle; et on met celle-ci en compagnie d'un jeune mâle, préparé pour la circonstance, qui s'accouple vite et élit domicile dans le poste du pigeon mis à l'écart. Quelques moments avant le départ on lâchera ce dernier, qui n'aura rien de plus empressé que d'aller rejoindre sa femelle, et qui, trouvant la place prise, attaquera son remplaçant avec rage; après quelques secondes de combat on le mettra en panier. S'il revient, on peut être assuré que neuf fois sur dix il rentrera sans tergiverser.

8° Les pigeons couvant ou ayant des jeunes rentrent encore très souvent sans la moindre hésitation.

9° Lorsqu'un pigeon, de retour de voyage, se pose sur le toit au lieu de rentrer immédiatement, on s'aperçoit aisément s'il a des velléités de rentrer ou d'y faire séjour. Dans le premier cas, laissez-le faire, et ne vous montrez pas. Dans le second cas et après une ou deux minutes d'attente, chassez-le légèrement en faisant le geste avec la main; s'il résiste, faites le geste plus brusquement, et, au besoin, avec un objet voyant; il se décidera alors soit à rentrer, soit à s'envoler; dans ce dernier cas ne le laissez en repos que s'il se décide à opérer sa rentrée.

10° Pour pouvoir effectuer facilement la plus grande partie des manœuvres que nous venons de décrire, il faut de toute nécessité avoir une lucarne dominant le pigeonnier. En temps ordinaire et pendant le vol habituel de chaque jour, le colombophile se tient à cette lucarne, soit pour habituer les pigeons à rejoindre leurs cases malgré sa présence, soit même pour les habituer à rentrer sur un geste de lui.

USAGE DANS LES ARMÉES

§ 307. **Colombiers militaires.** — La construction et la situation d'un colombier militaire sont deux choses de la plus

haute importance pour l'avenir et le succès de l'élevage. Tout colombier doit être établi dans un endroit sec, bien aéré, le plus élevé possible, à l'abri des grands vents et exposé au soleil levant, afin que les pigeons, et surtout les jeunes, puissent en recevoir les premiers rayons dès qu'il paraît à l'horizon. La proximité d'une mare d'eau, d'un ruisseau ou d'une fontaine, ce qui est préférable, est une condition essentielle.

On distingue généralement deux genres de colombiers : 1° le *colombier de pied*, ou *colombier fixe*, est celui qui est élevé sur une maçonnerie, attenante ou non au corps de logis ; 2° le *colombier sur piliers* ou *mobile*. Ce dernier, sous bien des rapports, paraît préférable : comme il porte par son centre sur un pilier ou sur trois disposés en arc-boutant, il est rendu inaccessible aux carnassiers de basse-cour ; de plus, l'extrême mobilité qu'il présente par la facilité du montage et du démontage de la charpente, en fait le véritable type du colombier militaire.

On a proposé, en France, l'adoption de *voitures-cages* ou *voitures-volières*, destinées à suivre soit les corps d'armée opérant hors du territoire, soit les corps d'armée de secours, et qui pourraient de la sorte mettre le gouvernement ou le commandant de la ville investie au courant de leurs besoins et du résultat de leurs opérations.

En général, on pourra utiliser avec avantage les combles ou l'étage supérieur des bâtiments affectés à un service public, civil ou militaire.

Sans vouloir exposer les conditions de construction et d'aménagement d'un *pigeonnier militaire rationnel*, nous croyons intéressant de donner la description succincte d'un pigeonnier français et d'un colombier allemand, le premier destiné à l'élevage des pigeons, le second particulièrement affecté au dressage et à l'entraînement.

Le *colombier militaire du jardin d'acclimatation de Paris* offre l'aspect d'une haute tourelle percée d'un grand nombre d'ouvertures ; il peut contenir deux cents paires de pigeons. Ce colombier est entièrement bâti en briques et fer. Il a quatre étages. Le rez-de-chaussée est disposé pour emmagasiner les graines et les ustensiles ; les étages sont réservés aux pigeons. Les murs et les plafonds sont enduits de ciment, et le sol est bétonné. Le pavage de la cour contient un grand nombre de rangs de

cases en briques, enduites de ciment, dont les devantures sont mobiles pour faciliter le nettoyage. Une colonne creuse se dresse dans l'axe du bâtiment; à son intérieur des paniers fonctionnent comme des ascenseurs à l'aide d'une grue établie au rez de chaussée, pour monter le sable et les graines, et pour descendre les détrit. A chaque étage, du côté du midi, il a été ménagé une volière, où les pigeons peuvent respirer l'air pur et se réchauffer aux rayons du soleil. Le service est confié au génie.

Le *pigeonnier militaire de Cologne* est établi dans les greniers d'une caserne; il est assez spacieux (15^m de long sur 10^m,7 de large); il est parfaitement éclairé et muni de happeaux et de trappes. L'intérieur du colombier est divisé, par des grillages, en dix compartiments qui peuvent communiquer entre eux par des portes à coulisse. Ces portes sont habituellement tenues fermées; mais pour permettre aux pigeons de circuler, de passer d'un compartiment dans un autre, elles présentent un guichet à leur partie inférieure. Cette organisation rend très facile la capture des pigeons, en permettant de rassembler dans un même compartiment tous ceux destinés à voyager; mais il offre l'inconvénient de favoriser la propagation des maladies épizootiques d'un compartiment à l'autre. Les pigeons sont nourris exclusivement de vesces: on leur fait deux distributions par 24 heures. L'eau, contenue dans des fontaines en zinc, est renouvelée tous les deux jours. Le plancher est balayé tous les matins; on n'y répand pas de gravier; si bien lavé qu'il soit, le gravier contient toujours de la poussière, qui favorise la propagation de la vermine et affaiblit la vue du pigeon. Cependant comme celui-ci aime beaucoup la propreté, il est bon de répandre, sur le sol du colombier, du sable qui empêche la fiente de s'attacher aux pattes du pigeon et de les salir. Les cases pour les nids sont posées sur le sol contre le mur; chaque case contient un nid en terre cuite, au fond duquel on place une litière très mince de copeaux de chêne; en avant des cases, sont établies des cloisons mobiles en planches. Ce dispositif a pour but d'empêcher les combats de pigeons, et de permettre au besoin aux occupants de défendre aux étrangers les abords de leur nid. A chaque nid est suspendue une pancarte portant les numéros matricules du mâle et de la femelle, l'époque de la ponte, de l'éclosion et le nombre des petits. Tous les pigeons sont marqués sur les ailes d'un timbre spécial et d'un numéro

matricule ; les jeunes portant les numéros de leurs parents.

La surveillance et l'administration du colombier militaire sont exercées en Allemagne, comme en France, par des agents du service du Génie.

A propos des colombiers militaires, il importe de prévenir qu'on ne saurait trop se méfier des envois de pigeons dressés qui peuvent se faire d'Allemagne en France, aux époques des concours, en passant par la Belgique, et être reçus subrepticement par des agents secrets, qui les conserveraient pour expédier, en cas de guerre, des dépêches de France en Allemagne.

§ 308. **Organisation de la poste colombophile militaire en temps de guerre.** — Le but de la poste aérienne est de rétablir, à l'aide de pigeons-voyageurs, les communications qui peuvent être interrompues en temps de guerre.

Supposons que l'on veuille mettre en relation deux points du territoire A et B, situés à une distance de 100 à 150^{km} l'un de l'autre, par exemple. Au point A, de même qu'au point B, on établira un colombier, dit de station, peuplés tous deux d'un même nombre de couples. Quand les pigeons auront, de part et d'autre, été *aduits* (habitués), et suffisamment entraînés, on prendra de préférence tous les mâles du colombier A, et on les transportera au colombier B ; *vice versa* on dirigera sur le colombier B tous les mâles du colombier A. Ces dispositions préalablement prises, on voit de suite qu'en lâchant de part et d'autre les pigeons à des intervalles déterminés, on arrivera très facilement à entretenir des échanges de correspondance entre les deux points A et B, le point A recevant les dépêches par des mâles expédiés de B, et la station B les recevant par les mâles expédiés de A. Par ailleurs, on aura soin, à chaque retour, de bien se garder de mêler les mâles qui arrivent avec ceux destinés au départ.

On pourrait, ainsi que nous l'avons dit précédemment, prendre des mâles ou des femelles en nombre à peu près égal de part et d'autre, voire même prendre indistinctement des uns et des autres provenant de couples séparés ; mais l'expérience a démontré qu'il était préférable de n'employer, autant que possible, que des mâles. La manœuvre, bien qu'exactement la même, offre de meilleures garanties de retour, les mâles conservant pour leur femelle un attachement et un souvenir qui se maintiennent, même

après une longue captivité. Dans des conditions égales de santé et d'âge, la femelle voyage incontestablement aussi bien que le mâle; mais il n'en est pas moins vrai qu'à l'époque de la ponte, elle se trouve souvent dérangée, et devient incapable de lutter contre les fatigues d'un long trajet.

Dans les opérations de correspondance militaire, les lâchers doivent s'opérer d'après le genre de vol que l'on jugera le plus sûr pour accomplir la mission. En conséquence, le lâcher s'exécutera soit en *bande franche*, soit en *bande mixte*, suivant les circonstances.

L'*inscription* et le *paquetage* des dépêches militaires aériennes par vol de pigeons, est une opération qui, bien que fort simple à exécuter, demande encore assez de soin et d'attention, la moindre erreur ou la moindre négligence pouvant rendre une dépêche incompréhensible ou la faire perdre.

En Allemagne, comme en Russie, on écrit les dépêches militaires sur du papier très fin, genre pelure d'oignon. Nous avons rappelé au § 298 l'ingénieux procédé employé en France pendant la dernière guerre, pour confier à un seul pigeon la correspondance d'une ville telle que Paris avec toute la France.

Quant aux systèmes d'attache des dépêches, ils sont assez nombreux. Le suivant paraît le meilleur et est très usité :

Pour mettre la dépêche à l'abri de l'humidité et pour éviter que le pigeon ne la perde en voyage, on la roule en forme de petite cigarette, et on la glisse dans un tube de plume d'oie, qu'on coud par les deux extrémités à une plume caudale du pigeon, à l'aide d'un fil de soie ciré; on a soin de ne pas lier les barbes de la plume de l'oiseau, afin de ne pas amener de solution de continuité dans la largeur de la queue. Pendant la saison de la mue, il faut avoir soin d'attacher les dépêches à une *nouvelle* plume rectrice, qu'il est facile de distinguer d'une plume qui doit encore tomber, et que le pigeon pourrait perdre en route : la première est plus fraîche et plus chaude de ton que la vieille plume.

Un autre système d'attache, très répandu encore, consiste à introduire à rebrousse-poil la plume caudale choisie dans l'intérieur du tube, en assurant le portage de ce dernier par le calage de l'enroulure de la dépêche d'une part, et, de l'autre, par le relèvement des barbes des plumes extrêmes.

Pour alléger le poids, on a essayé de supprimer le tuyau de

plume d'oie, et d'attacher directement à une plume caudale la dépêche préalablement rendue imperméable par une couche de cire.

A leur arrivée au pigeonnier, les courriers aériens sont débarassés de leurs messages, et les pellicules sont déroulées; alors commence le travail du déchiffrement. Un officier russe, le colonel Kowaco, a inventé un appareil destiné à faciliter singulièrement cette opération. D'un pouvoir grossissant égal à 2 ou 300, il peut fonctionner jour et nuit avec un foyer lumineux quelconque. L'appareil, d'une manipulation très simple et très rapide, a la dimension d'un havre-sac.

Au moment où commence l'*armement* d'une forteresse, les pigeons de la station sont transportés dans d'autres forteresses ou dans des villes ouvertes. On fait, au contraire, entrer dans la forteresse les pigeons des stations extérieures, en ayant soin de ne pas les enfermer dans le pigeonnier abandonné, mais dans des colombiers spéciaux, à espace très restreint, et dont les lucarnes ne permettent pas la vue du terrain environnant, afin de ne pas *aduire* les nouveaux arrivés.

Le pigeonnier est mis sous les ordres d'un officier, qui a, dans ses attributions, l'administration et la surveillance de la station, ainsi que le contrôle des pigeons rentrant à cette station; il est responsable des dépêches qui arrivent, et qui doivent être remises intactes au commandant de la forteresse. Celui-ci est seul autorisé à les ouvrir; de même, lui seul peut donner l'ordre de rédiger et d'expédier des dépêches concernant son commandement.

Il appartient à l'attaque, comme à la défense, de tromper l'adversaire par de *fausses nouvelles*; et l'on fera très bien de ne pas tenir pour véritable une nouvelle, parce qu'elle aura été apportée par un pigeon; la méfiance devra être, au contraire, un principe.

Si l'on fait entrer dans le plan d'opérations, ou si l'on entrevoit seulement comme vraisemblable l'éventualité d'un ou de plusieurs sièges, il sera utile d'acquérir en temps utile des pigeons originaires de ces places, et de les emporter avec soi en campagne. Ces pigeons se prêteront facilement à l'envoi de *fausses nouvelles*, aussitôt que la place d'où ils proviennent sera assiégée.

En marquant d'une manière spéciale les pigeons mis hors de la place avant l'investissement, et en employant des cryptogrammes dont l'authenticité ne pourra être mise en doute, on

rendra probablement vaines les craintes exprimées à l'endroit des fausses nouvelles.

Il faut encore signaler qu'aujourd'hui on dresse des éperviers pour donner la chasse aux pigeons-voyageurs, dès que l'on en apercevra.

§ 309. **Organisation du service des pigeonniers militaires en Europe.** — La transmission assurée et aussi rapide que possible des nouvelles et des ordres, est, en temps de guerre, une des questions les plus importantes; il est assez naturel qu'on se soit préoccupé d'organiser à l'avance un moyen de correspondance sûr, absolument à l'abri de l'ennemi, et qui puisse fonctionner régulièrement, quand les communications ordinaires, télégraphiques et autres, sont interceptées, soit momentanément, soit pour une longue durée, comme c'est le cas, par exemple, pour une place investie. Aussi, depuis la guerre franco-allemande surtout, la plupart des puissances européennes, et particulièrement la France, l'Allemagne et la Russie, ont-elles créé un *Service de pigeonniers militaires*, dont nous allons exposer succinctement l'organisation ainsi que les expériences qui s'y rattachent.

France. — Des colombiers *centraux*, en nombre déterminé d'après les besoins du service et les conditions d'hygiène et de sûreté, sont établis à Paris et à Langres. La population des colombiers de Paris est réglée de manière à avoir un effectif suffisant (tout en tenant compte des pertes et des non-valeurs) pour correspondre pendant une durée de six mois, au moins, avec les places fortes associées à Paris, savoir : Mézières, Verdun, Toul, Langres.

Les colombiers centraux de Langres doivent assurer les correspondances avec Belfort, Besançon et Lyon. La concentration de Langres ayant un peu moins d'importance que celle de Paris, l'effectif des pigeons y est plus faible que dans la capitale.

Paris, par l'intermédiaire de Langres, se trouvera ainsi en correspondance avec toute la frontière de l'est, comme il l'est directement avec le nord-est. Or, comme la distance qui sépare tous ces points de station pigeonnière ne dépasse pas 285^{km} à vol d'oiseau, et qu'il est parfaitement prouvé qu'un pigeon peut d'un seul vol franchir aisément cette distance, il en résulte qu'en

admettant une vitesse moyenne de 800^m à la minute ou 48^{km} à l'heure, cette distance de 285^{km} (distance à vol d'oiseau Paris-Toul) pourra être facilement franchie en 6^h.

On a examiné comment les ressources de ces mêmes colombiers militaires pourront être utilisées dans le cas où le théâtre de la guerre serait porté au delà des frontières. Le service dès lors change de nature ; et, quoique limité à un rôle moins complet, puisqu'il ne peut plus fonctionner que par retour sans échange, il n'en devient que plus précieux et plus facile à exécuter. Supposons un ou deux corps d'armée opérant isolément à l'est, au delà de nos frontières, dans un pays dévasté, et dont l'état-major se soit approvisionné de pigeons installés dans des voitures-cages, et appartenant aux colombiers de Toul, Langres, Belfort, Besançon, par exemple : ces corps d'armée, même à une distance de cent lieues de nos frontières, pourront ainsi sûrement et rapidement correspondre avec les dites places fortes, et avec Paris par leur intermédiaire.

A côté des colombiers militaires officiels, il existe, en France, un grand nombre de colombiers privés, que leurs propriétaires, guidés par des sentiments patriotiques, mettront en cas de besoin à la disposition de l'État. Celui-ci, aidé de la bonne volonté des particuliers, dispose actuellement de plus de 30.000 pigeons-messagers.

Allemagne. — Il y a comme stations : Berlin, Cologne, Strasbourg, Metz ; puis Königsberg, Posen, Thorn, Kiel, Mayence, Wurzburg, etc. Chaque pigeonnier compte une population assez considérable.

Les pigeonniers militaires allemands sont, en général, conçus sur le modèle de celui de Cologne, sauf celui de Berlin, destiné spécialement à la reproduction des pigeons de race belge, et qui comprend deux bâtiments distincts : l'un pour les pigeons accouplés, l'autre pour les jeunes couvées.

On exerce les pigeons dans *plusieurs directions différentes*, afin de mieux atteindre le but que l'on se propose ; dans les premiers temps, les entraînements ne se faisaient que suivant une *seule* direction.

Nous citerons les expériences fréquentes tentées avec succès sur la *durée* de la mémoire et du sens de l'orientation chez les pigeons. Voulant savoir si ces oiseaux retrouvent le chemin de

leur pigeonnier après une absence *prolongée*, on retint à Wurzburg et à Aix-la-Chapelle, un certain nombre de pigeons qu'on y avait transportés respectivement de Strasbourg et de Metz. On eut soin d'enfermer ces pigeons dans des colombiers particuliers, en séparant les mâles des femelles. Les résultats ont été des plus satisfaisants, bien que les lâchers aient été effectués après un séjour de quatre semaines. Ces expériences ne sont pas sans intérêt : leur grand nombre prouve que les Allemands sont convaincus de l'importance que présente la préparation en temps de paix de ce mode de communication aérienne. Ils espèrent pouvoir entretenir, par l'entraînement, des relations entre deux points pendant une période de temps de plusieurs mois.

Russie. — Sans avoir reçu en Russie un développement aussi considérable qu'en Allemagne, l'organisation des pigeonniers militaires y a été également l'objet des soins éclairés de la part du département de la guerre.

Il y a des pigeonniers militaires à Moscou, Varsovie, Kiew, et en d'autres points de l'ouest et du centre de l'empire.

On a fait de nombreuses expériences, comme en Allemagne, sur la question de savoir si les pigeons transportés et enfermés au début d'une guerre, dans une forteresse, n'oublient pas leur pigeonnier natal, et si, rendus à la liberté, ils regagnent leur ancien nid, même après une longue captivité. Ces expériences ont été couronnées d'un plein succès.

Des recherches non moins curieuses ont été faites en Russie sur le moyen de dresser le pigeon à voler d'une station à une autre, dans un sens ou dans l'autre, indifféremment. La solution de ce problème, c'est-à-dire la réalisation d'un procédé permettant d'établir, avec le même oiseau, un va-et-vient régulier entre deux points déterminés, aurait, au point de vue des opérations de la guerre, une importance considérable. Nous avons dit au § 305 les moyens à employer à cet effet.

§ 310. **Pigeons-voyageurs marins.** — Bien longtemps après les mariniens de l'Égypte, de Chypre et de Candie, que nous avons signalés au § 298, les Vénitiens ont employé les pigeons-voyageurs sur mer vers le milieu du XVII^e siècle. Ils en avaient dans l'île de Candie, destinés à la correspondance avec la métropole.

Quand les Turcs voulurent s'emparer traîtreusement de cette île, alors qu'après la paix conclue elle avait été en partie dégarnie de ses troupes de défense, un pigeon-voyageur arriva à temps à travers la mer pour prévenir le Conseil des Dix, et lui permettre d'expédier incontinent une flotte, qui battit l'ennemi.

D'autre part, il y a déjà nombre d'années que certains armateurs de nos ports du Nord embarquaient des pigeons-voyageurs à bord de leurs bateaux pêcheurs de long cours. Ceux-ci lâchaient leurs messagers au large, pour annoncer, bien avant leur arrivée, la quantité et la qualité de leur pêche, ce qui permettait des ventes anticipées à bénéfices sûrs. Ce système est tombé en désuétude, depuis l'emploi de petits bateaux à vapeur allant chercher au loin la pêche des voiliers, ou étant eux-mêmes pêcheurs.

Dans ces dernières années, les principales marines militaires ont songé à se servir de pigeons-voyageurs pour le temps de guerre.

On a pu constater que des pigeons, ayant leur colombier à terre, et emportés à bord d'un navire, rejoignaient leur gîte après avoir été lâchés, en mer, à des distances de 100 et même 150 mille. Quand même il y a plusieurs terres, ils n'hésitent pas à se diriger vers celle qui contient leur pigeonnier, fût-elle de beaucoup la plus éloignée. Il convient, toutefois, de ne pas les lancer contre un vent trop fort; sans quoi ils se perdent le plus souvent. En tous cas, il y a là, en particulier, un excellent moyen pour surveiller au large un port de guerre menacé d'une attaque.

On ne s'est pas borné aux expériences précédentes; et on a essayé d'installer des pigeonniers à bord même des bâtiments de guerre. Le pigeonnier est alors placé au centre du navire. Il a la forme d'une maisonnette carrée d'environ 2^m de côté et 3^m de hauteur.

Il est éclairé et aéré par des fenêtres garnies de toile métallique, pour se garer des rats, la nuit. Autour et en bas se trouvent des auges contenant la nourriture et l'eau. Enfin, à environ 0^m,50 au-dessous de la toiture, il y a une galerie intérieure, où se trouvent disposées des cellules pour les nids, et qui fait le tour du colombier.

Les pigeons s'acclimatent facilement à bord. Ils sont libres,

ils voltigent, et nichent aussi bien qu'à terre. Le bruit du canon ne paraît nullement les gêner; car il y a des petits qui naissent les jours de tir, et qui s'élèvent très bien.

Les pigeons de bord, lâchés à une bonne distance de leur navire, reviennent bien à leur gîte; mais il faut que le bâtiment n'ait pas changé de mouillage. S'il navigue, même à très petite distance de son poste habituel, les pigeons voltigent quelquefois toute une journée avant de retrouver leur demeure. Il en est de même quand il y a un certain nombre de navires réunis sur la même rade.

§ 311. **Hirondelles voyageuses.** — Après des essais dus à M. Desbouvrie, on est arrivé, non seulement à apprivoiser les hirondelles, mais encore à leur faire aimer leur *hirondellier*, à leur donner l'habitude d'y rentrer après plusieurs heures de liberté, et à passer l'hiver dans nos climats.

Si l'hirondelle émigre à la fin de l'été, c'est moins par peur du froid que faute de nourriture. Elle est, en effet, essentiellement insectivore; après la belle saison, il n'y a plus d'insectes dans l'air, et elle ne quitte nos pays que pour ne pas y mourir de faim. Donnez-lui un abri exposé au midi, où elle se trouvera bien et où une nourriture qu'elle aime lui sera préparée, l'hirondelle y reviendra toujours, en janvier comme en juillet.

Cette nourriture, c'est le secret des éleveurs.

Pour dresser ces messagères, il faut aller les chercher fort jeunes dans les nids des environs. On les met ensuite dans une volière, capable de contenir à l'aise 20 à 25 oiseaux.

Les hirondelles peuvent franchir jusqu'à 160 kilomètres à l'heure.

Ces oiseaux, incomparablement plus rapides que les pigeons, échapperaient aux balles bien plus facilement qu'eux en temps de guerre; mais les colombophiles prétendent qu'à cause de leur faible masse, les hirondelles sont incapables de marcher contre un vent fort, ce que font avec succès les pigeons bien entraînés.

TOME II — SEPTIÈME PARTIE⁽¹⁾**ÉTUDE TECHNIQUE
DES GUERRES MARITIMES MODERNES, ET CONSTITUTION
DES FLOTTES ACTUELLES ET FUTURES**

§ 312. **Objet de cette partie de l'ouvrage.** — Nous allons présentement étudier les effets des projectiles lancés par l'artillerie contre les cuirasses, depuis l'époque où l'on a commencé à revêtir les bâtiments d'une armure, ceux du choc et ceux de la torpille contre les carènes des navires, cuirassés ou non.

Nous dirons également quelques mots des manœuvres les plus remarquables exécutées, durant le même intervalle de temps, dans les combats livrés entre deux navires isolés ou entre deux groupes quelconques de navires.

Enfin, nous terminerons en indiquant quelles sont, à notre avis, les modifications immédiates et rationnelles que l'étude des divers effets précédemment mentionnés doit faire désirer dans le matériel des flottes de guerre actuelles, modifications pour lesquelles nous tiendrons compte, également, de certains résultats d'expérience très importants obtenus tout récemment.

(1) Comme nous l'avons annoncé dans notre préface, il nous a paru indispensable de corroborer les perfectionnements de toutes sortes qu'ont réalisés, depuis plus de 30 ans, les engins de guerre marins décrits dans notre ouvrage, par une étude technique des guerres maritimes modernes et de la constitution des flottes actuelles. Nous avons eu la bonne fortune d'obtenir, pour la rédaction de cette importante partie, le précieux concours de M. C. Chabaud-Arnault, capitaine de frégate de réserve, connu comme un de nos meilleurs écrivains maritimes, autant par la clarté de son style que par la recherche consciencieuse de ses documents.

T. II, 7^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE I

EFFETS DE L'ARTILLERIE SUR LES CUIRASSES

§ 313. **Effets désastreux de l'artillerie sur les murailles en bois.** — A l'époque où commença la guerre de Crimée, l'artillerie navale, aux yeux de bien des marins, semblait avoir atteint l'apogée de la perfection.

La destruction, en moins de trois heures, de sept frégates et de deux corvettes turco-égyptiennes par les obus d'une escadre russe, montra bientôt que l'on ne s'était nullement exagéré la puissance des pièces de gros calibres à âme lisse.

Moins d'un an plus tard, le 17 octobre 1854, vingt-six vaisseaux de ligne français et anglais s'embossaient devant les forts de mer de Sébastopol. Au bout de cinq heures de lutte, ils battaient en retraite avec des avaries sérieuses. Bien que placés à 1.400^m des ouvrages ennemis, plusieurs d'entre eux eurent leur membrure traversée par des boulets pleins de 32 et 36 livres, ou déchirée par des obus de gros calibre. •

§ 314. **Les premiers navires cuirassés.** — Ce fut alors que, pour permettre aux flottes alliées de lutter avec moins de désavantage contre les forts ennemis, les gouvernements de France et d'Angleterre prescrivirent la construction d'un certain nombre de batteries flottantes à murailles recouvertes d'une cuirasse en fer.

L'idée n'était pas neuve ; mais, pour la première fois, l'on se décidait à la faire passer du domaine de la théorie dans celui de la pratique.

§ 315. **Les batteries flottantes françaises à Kinburn.** — Un an, jour pour jour, après l'attaque des forts de mer de Sébastopol, les trois batteries flottantes cuirassées *Dévastation*, *Lave* et *Tonnante* s'embossaient à 1.000^m des remparts de Kinburn.

A la suite d'une canonnade de cinq heures cette forteresse était bouleversée, tandis que nos batteries flottantes se retiraient de la lutte, presque sans dommages. L'une d'elles pourtant avait été frappée quatre-vingts fois. Mais les boulets pleins de 18 et de 24 livres lancés par les canons russes, rebondissaient impuissants sur les plaques en fer de 11^{cm} d'épaisseur qui recouvraient les murailles des batteries flottantes, ou n'y laissaient que des empreintes peu profondes.

Quant aux obus, ils se brisaient en fragments contre cette dure cuirasse.

§ 316. **Cuirassés de haute mer et canons rayés.** — Aux batteries flottantes dépourvues de toute qualité nautique succédèrent, sur les chantiers d'Europe, de véritables bâtiments cuirassés de haute mer.

L'artillerie se mit à l'œuvre de son côté. A la suite d'expériences entreprises depuis quelques temps, les canons rayés apparurent à bord des navires de combat et dans les batteries de côte.

La lutte commençait entre la cuirasse et les pièces de gros calibre, lutte qui se poursuit encore aujourd'hui.

§ 317. **Guerre de la Sécession; artillerie des Fédéraux.** — Sur ces entrefaites, éclata la guerre de la Sécession américaine. Avant de l'étudier au point de vue qui nous occupe, — l'effet de l'artillerie sur les cuirasses, — il nous faut rappeler succinctement quel fut le matériel employé par les Fédéraux et leurs adversaires.

Les uns et les autres firent, comme on le dit, flèche de tout bois. Renonçant à employer l'artillerie rayée, encore dans l'enfance, autrement que comme exception, les marins du Nord demandèrent à l'augmentation de puissance des pièces lisses le moyen de perforer les cuirasses confédérées.

Le procédé Rodman, appliqué par le capitaine Dahlgreen à la construction du canon-obusier qui porte son nom, pourvut la flotte unioniste d'une grosse artillerie, formidable pour l'époque. C'est ainsi que nous verrons figurer sur ses navires des pièces lisses de 20, 23, 25, 28, 33 et 38^{cm}, lançant respectivement des boulets pleins en fonte de 29, 40, 56, 75, 125 et 181^{kg} environ. Bientôt l'on fit tirer par ces mêmes pièces des projectiles encore plus lourds, en fer forgé ou en acier.

A côté des canons-obusiers Dahlgreen on rencontre, mais en nombre beaucoup moindre, des pièces rayées Parrott de 13, 16, 20 et 25^{cm} lançant des projectiles allongés et pleins de 27, 38, 65 et 108^{kg} environ.

§ 318. **Artillerie des Confédérés.** — Dépourvus des ressources et des moyens de construction qui abondaient dans le Nord, les Confédérés utilisèrent, pour armer leurs forts de mer et leurs bâtiments, d'anciennes pièces en fonte de 32, 42 et 68 livres anglaises, dont ils rayèrent quelques-unes.

Ils eurent à leur disposition un certain nombre de canons-obusiers Dahlgreen de 23 et de 25^{cm} ; ils construisirent beaucoup de canons rayés, système Brooke, de 16, 18, 20 et même 24^{cm}, lançant des projectiles pleins en fer forgé d'un poids quelque peu inférieur à celui des projectiles Parrott de même calibre.

Enfin, ils reçurent d'Europe quelques pièces rayées de diverses provenances.

§ 319. **Les monitors fédéraux.** — Pressés par le temps et les circonstances, les Fédéraux eurent la bonne fortune de trouver un constructeur, qui dota leur marine du genre de cuirassé dont elle avait précisément besoin pour pénétrer dans les eaux peu profondes du littoral et des rivières du Sud.

Ericsson résolut le problème de la protection des coques, en réduisant le plus possible les surfaces exposées au feu de l'ennemi, et en les lui présentant sous l'angle qui leur assurait le maximum de résistance.

De cette idée naquirent les *monitors*. La flottaison de ces bâtiments était recouverte de plaques en fer superposées, d'une épaisseur totale de 14^{cm}, portée à 18^{cm} et plus tard 30^{cm} pour la cuirasse de la tourelle ou des deux tourelles mobiles.

En dehors des monitors, les Fédéraux ne construisirent que deux ou trois navires cuirassés d'un autre genre, dont nous dirons quelques mots à l'occasion.

§ 320. **Les rams confédérés.** — N'ayant pas à leur disposition la puissante artillerie et les plaques résistantes dont leurs adversaires étaient pourvus, les Confédérés construisirent des bâtiments destinés à combattre principalement par le choc, des « rams » ou béliers.

La casemate de ceux-ci, disposée en forme de toiture formant un angle de 30 à 70° avec l'horizon, était cuirassée à l'aide de métaux de diverses provenances, le plus souvent rails de chemins de fer passés au laminoir, superposés à angle droit, et présentant une épaisseur totale qui variait de 10 à 12^{cm}, sur un matelas de 40 à 65^{cm}, généralement en chêne et en pin jaune.

§ 321. **Canonnières et rams cuirassés du Mississippi; effets de l'artillerie sur leurs coques.** — Tels furent les bâtiments qui, des deux parts, luttèrent le long des côtes de l'Atlantique et du golfe du Mexique.

Mais, sur le Mississippi, Fédéraux et Confédérés lancèrent, dès le début de la guerre, des flottilles composées de navires d'un échantillon beaucoup plus faible. C'étaient, en général, des bateaux de rivière grossièrement transformés en canonnières blindées, ou de petits « rams » cuirassés à très faible tirant d'eau. Coques, machines et chaudières d'une solidité douteuse, incomplètement ou mal protégées par des couches de fer bizarrement composées parfois, et dont l'épaisseur totale variait de 4 à 8^{cm}, tels étaient ces soi-disant cuirassés.

Toutefois, leur armure défectueuse fut le plus souvent suffisante pour les protéger, partiellement au moins, contre les projectiles d'un calibre relativement faible et animés d'une vitesse initiale médiocre, que lançait l'artillerie de la flottille adverse ou celle des batteries du Mississippi. Même les boulets ronds de 75^{kg} et les boulets ogivaux de 65^{kg} environ, les plus lourds, croyons-nous, de ceux qui furent employés d'une manière habituelle sur cette partie du théâtre de la guerre, ne percèrent qu'assez rarement la cuirasse et la membrure de ces singuliers bâtiments. Sous les canons des forts Henry, Donelson, Hindman, Pemberton, sous ceux des batteries de Vicksburg et de Grand-Gulf, à des distances variant de 300 à 800^m, canonnières et petits « rams » fédéraux, grâce à la protection de leur cuirasse, n'éprouvèrent que des avaries réparables. Mais quelques boulets heureux, traversant cuirasse et membrure, causèrent l'explosion de la *Mound-City* devant les batteries de Saint-Charles, la capture de la *Queen-of-the-West*, sous le fort de Russey, et de l'*Indianola* sous les falaises de Grand-Gulf.

Moins solidement construits, moins soigneusement cuirassés

encore que les navires fédéraux, les « rams » et canonnières séparatistes furent plus rudement éprouvés par l'artillerie de leurs adversaires. Au combat naval de Memphis notamment, plusieurs d'entre eux furent désemparés à coups de canon avant d'être achevés par les éperons des petits « rams » fédéraux.

Nous n'avons mentionné ces quelques faits de guerre, et sommairement indiqué le genre de blindage et d'armement des navires qui y prirent part, que pour montrer leur mince valeur au point de vue dont nous nous occupons.

§ 322. **Effets des projectiles de la « Virginia » contre le « Monitor ».** — Revenons aux cuirasses plus résistantes et à l'artillerie plus redoutable des navires employés sur les côtes de l'Océan et du golfe du Mexique.

Étudions d'abord les effets des boulets sudistes sur l'armure des « monitors » fédéraux. Dans le combat que le premier des navires portant ce nom soutint, le 9 mars 1862, contre le « ram » *Virginia*, vingt-trois boulets ogivaux de 16^{cm} pesant 50^{kg} environ, quelques-uns tirés à très courte distance, frappèrent sa cuirasse ; trois d'entre eux y laissèrent des empreintes profondes de 10^{cm}.

Deux mois plus tard, le 16 mai 1862, ce même « monitor » essuyait impunément, à 600^m, le feu plongeant des canons de gros calibre du fort Darling, tandis qu'embossée près de lui la canonnière *Galena*, cuirassée à l'aide de barres de fer, et dont un blindage de 10^{cm} protégeait le pont, voyait celui-ci, de même que sa membrure, traversé par plusieurs boulets. A deux reprises différentes, d'autres monitors essuyèrent à 1.000^m, pendant plusieurs heures, le feu du fort Mac-Allister, armé de sept grosses pièces. Mais une épreuve plus redoutable était réservée à ces bâtiments.

§ 323. **Les monitors devant les ouvrages de Charleston.** — Le 7 avril 1863, huit monitors attaquèrent les forts de l'entrée de Charleston, dont l'artillerie comprenait deux canons rayés Brooke de 18^{cm}, d'anciennes pièces en fonte de 16 et de 17^{cm} rayées depuis peu, enfin des obusiers de 20, 23 et 25^{cm}, avec lesquels les Sudistes n'hésitaient pas à tirer des boulets pleins.

Sept des monitors, tous du même modèle à peu près que l'ancien adversaire de la *Virginia*, essuyèrent, à une distance

moyenne de 800^m et pendant deux heures environ, le feu de cette artillerie. Des 256 projectiles dont ils portaient les traces, bien peu avaient produit un effet sérieux sur leurs cuirasses ; les plaques d'une tourelle étaient entamées aux arêtes, les boulons de deux autres arrachés en partie, le mécanisme tournant de plusieurs tourelles se trouvait paralysé. Mais partout les cuirasses de 14 et de 18^{cm} avaient rempli leur office, en présentant un obstacle insurmontable à la pénétration des boulets ennemis.

§ 324. **Destruction du « Keokuk ».** — Il n'en était pas de même à bord du *Keokuk*, le huitième monitor engagé, très différent des autres sous plus d'un rapport. C'était un petit navire à murailles rentrantes formant un angle de 55° avec l'horizon ; il portait deux tourelles fixes, armées chacune d'un seul canon sur plaque tournante. La cuirasse de sa coque présentait une épaisseur de 10^{cm} environ ; celle des tourelles, une épaisseur de 15^{cm}.

Conduit jusqu'à trois encâblures du fort Sumter, le *Keokuk* reçut une grêle de boulets tirés par salves de batterie ; plusieurs projectiles, entre autres un boulet rayé Brooke de 50^{kg}, ouvrirent de larges voies d'eau à sa flottaison ; trois boulets traversèrent aussi ses tours de part en part. Le *Keokuk* parvint à se maintenir à flot jusqu'au lendemain matin, moment où il sombra.

Sur 2.230 projectiles lancés par les forts de Charleston contre les monitors fédéraux, 256, comme on l'a déjà dit, avaient atteint ces derniers.

Durant les opérations qui eurent lieu plus tard contre les ouvrages extérieurs de Charleston, les monitors engagèrent fréquemment, à des distances variant de 400 à 1.200 mètres, de longues canonnades avec l'ennemi. Depuis le début du siège, en y comprenant les deux bombardements du fort Mac-Allister, jusqu'au 7 septembre 1863, les sept monitors que nous avons vus figurer à l'attaque du 7 avril reçurent, chacun, de 105 à 214 projectiles ; et ils n'en souffrirent pas sérieusement.

§ 325. **Discussion des effets de l'artillerie confédérée sur les monitors.** — Ainsi l'épreuve était complète ; et en tenant compte de la perte du *Keokuk*, on pouvait regarder la cuirasse des sept autres monitors comme nécessaire et suffisante pour résister à l'artillerie dont disposaient les Confédérés.

Remarquons d'ailleurs qu'en calculant, d'après des formules aujourd'hui bien connues, les forces vives des projectiles lancés par les canons sudistes et les résistances des cuirasses des monitors, on voit que celles-ci ne devaient pas être entamées, même à courte distance. La pratique se trouvait donc d'accord avec la théorie.

La bonne contenance, dans la journée du 7 avril 1863, des cuirasses imparfaites des monitors, — car leurs plaques de 5^{cm} superposées ne présentaient certainement pas une résistance égale à celle de plaques en acier ou en fer forgé d'une seule pièce et de même épaisseur totale, — cette bonne contenance, sous de véritables bordées convergentes et parfaitement pointées, n'en était pas moins un fait remarquable. On pouvait seulement constater que, pour empêcher les innombrables boulons de ces cuirasses d'être arrachés par les chocs répétés des projectiles, il était nécessaire d'appuyer les plaques sur un matelas en bois, dont l'utilité, au point de vue de la résistance et de l'élasticité, avait été déjà pleinement reconnue en Europe.

D'après ce qui vient d'être dit, c'est presque uniquement pour mémoire que nous signalons le peu d'effet produit : 1° au combat de Mobile, le 5 août 1864, sur les monitors de l'amiral Farragut par les boulets rayés de 30, 50 et 80^{kg} environ du « ram » *Tennessee* et du fort Morgan : 2° aux deux attaques du fort Fisher, le 25 décembre 1864 et le 15 janvier 1865, sur les monitors de l'amiral Porter, postés à 800^m de cet ouvrage, par les projectiles rayés de 50^{kg} et les boulets sphériques de 60^{kg} que lançaient ses canons.

§ 326. **La frégate cuirassée l'« Ironsides ».** — A ces deux dernières affaires prit aussi part le cuirassé *Ironsides*, qui, maintes fois déjà, avait accompagné les monitors sous le feu des ouvrages de Charleston.

C'était une frégate à réduit, recouverte d'une cuirasse de 10^{cm}. Bien que très inférieure comme résistance à la cuirasse des monitors, cette armure fut suffisante pour protéger efficacement la frégate fédérale dans tous les engagements où elle figura.

§ 327. **Effets de l'artillerie fédérale sur le ram confédéré la « Virginia ».** — Examinons maintenant les effets de l'artillerie fédérale sur les cuirasses des « rams » séparatistes.

La cuirasse de la *Virginia*, qui combattit, le 9 mars 1862, le premier des monitors, était formée de couches croisées de rails de chemin de fer passés au laminoir, et offrant une épaisseur totale de 10^{cm}.

En ajoutant les projectiles reçus ce jour-là à ceux qui l'avaient frappée la veille, pendant sa lutte contre des frégates en bois fédérales, on constate que la *Virginia* subit le choc de 50 à 60 projectiles sphériques, dont les plus lourds étaient du calibre de 28^{cm}, pesaient 75^{kg}, et avaient été, en bonne partie, tirés presque à bout portant. Aucun d'eux ne perfora sa cuirasse, résultat pratique qui concordait d'ailleurs avec ceux du calcul.

§ 328. « *Weehawken* » contre « *Atlanta* ». — Le « ram » *Atlanta* fut moins heureux dans son combat contre le monitor *Weehawken*, le 17 juin 1863.

Sa cuirasse, formant un angle de 30° seulement avec l'horizon, était formée de deux couches croisées de barres de fer, qui présentaient une épaisseur totale de 10^{cm}, et s'appuyaient sur un matelas en bois de 20^{cm} de chêne et de 25^{cm} de pin de Géorgie. La tourelle du *Weehawken* était armée de deux canons-obusiers lisses, l'un de 38, l'autre de 28^{cm}.

A 300^m, la première de ces pièces ouvrit le feu contre le « ram » malencontreusement échoué. Le boulet de 190^{kg} était non plus en fonte comme ceux que le premier *Monitor* avait employés contre la *Virginia*, mais bien en fer battu; ce boulet perça de part en part la cuirasse du « ram » et mit la confusion à son bord. Un boulet de 28^{cm}, tiré presque en même temps, traversa le fer de la cuirasse, mais fut arrêté par le matelas. Des deux coups suivants tirés par le *Weehawken*, le premier brisa le masque en fer de l'un des sabords; l'autre, l'abri blindé des pilotes. L'*Atlanta* se rendit.

La perforation de la cuirasse de ce bélier par un boulet de 38^{cm}, à la distance de 300^m, était un fait qui concordait entièrement avec les indications du calcul.

§ 329. Canonnières fédérales contre « *Albemarle* ». — Le 5 mai 1864, le « ram » *Albemarle*, dont la cuirasse était probablement plus faible que celle de l'*Atlanta*, eut aussi sa muraille perforée par plusieurs des boulets sphériques de 28^{cm} ou

ogivaux de 16^{cm} que lui tirèrent, à courte distance, les canonnières fédérales avec lesquelles il eut un sérieux engagement. Il n'éprouva, cependant, aucune avarie sérieuse.

§ 330. **Corvettes et monitors fédéraux contre « Tennessee ».** — Enfin, au combat naval du fort Morgan, le 5 août 1864, le « ram » *Tennessee* se trouva en présence des corvettes et des « monitors » de l'amiral Ferragut, portant, avec quelques rares pièces rayées de 16^{cm}, des canons-obusiers lisses de 23, 28 et 38^{cm}. Presque immobilisé par les avaries de son gouvernail et la destruction de sa cheminée, il se rendit après deux heures de lutte.

Sa cuirasse, composée de trois couches de fer superposées, présentait une épaisseur variant de 15 à 12^{cm}, et s'appuyait sur un matelas de 64^{cm} en chêne et en pin jaune. Cinquante projectiles avaient frappé cette armure, dont une partie était quelque peu disjointe; des boulons avaient été arrachés. Mais neuf boulets ronds en fer battu de 80^{kg} environ avaient concentré leur action sur un faible espace de quelques pieds carrés, sans l'ébranler.

Sur six projectiles également en fer battu ou en acier, pesant chacun 190^{kg} environ, tirés presque à bout portant, un seul, lancé par une charge de poudre de 30^{kg}, avait traversé la cuirasse du « ram », et s'était arrêté dans le matelas.

Ajoutons que les chocs qui lui avaient été donnés par l'étrave garnie de fer des corvettes en bois, contribuèrent à mettre le *Tennessee* hors de combat.

D'après les données du calcul, les boulets sphériques de 38^{cm} pouvaient perforer la cuirasse du *Tennessee*.

§ 331. **Efficacité des cuirasses pendant la guerre de sécession.** — Il était donc prouvé que des cuirasses, même imparfaites mais épaisses de 15^{cm}, qu'elles fussent portées par des navires à tourelle ou par des bâtiments à réduit central, constituaient une protection généralement suffisante, soit contre les canons rayés dont disposaient les deux partis pendant la guerre de sécession, soit contre les énormes pièces à âme lisse mises en usage par les Fédéraux.

Fait non moins évident, cette dernière artillerie, — l'artillerie « contondante », — était appelée à disparaître en présence de

cuirasses plus épaisses ; car les marins du Nord venaient d'obtenir, par son action contre l'*Atlanta* et le *Tennessee*, à peu près tout ce qu'elle pouvait donner.

Il était difficile de songer à faire usage, dans des conditions vraiment pratiques, de pièces dépassant comme calibre ces énormes canons-obusiers de 38^{cm}, auxquels les ingénieux procédés de construction des capitaines Rodman et Dahlgreen permettaient de lancer des boulets en fer battu ou en acier de 180 à 190^{kg}, avec des charges de poudre dont le poids égalait le sixième de celui du projectile.

§ 332. **Guerre du Paraguay ; les garde-côtes cuirassés du Brésil.** — En même temps que finissait dans l'Amérique du Nord la guerre de sécession, les hostilités s'ouvraient, dans l'Amérique du Sud, entre le Paraguay, d'une part, le Brésil et ses alliés de l'autre.

Le Brésil fit seconder les opérations de son armée de terre par une flottille, en partie composée de garde-côtes cuirassés auxquels vinrent s'ajouter plus tard quelques petits monitors.

Les garde-côtes étaient des bâtiments qui appartenaient à deux types distincts : les uns portaient leur artillerie dans une ou deux tourelles, les autres dans un ou deux réduits. Tourelles et réduits étaient protégés par une cuirasse de 10 à 11^{cm}.

La flottaison de tous ces navires était recouverte, au milieu, d'une armure de même épaisseur, qui se réduisait à 7^{cm}, et parfois même à 5^{cm} aux extrémités.

§ 333. **Les monitors brésiliens.** — Ces monitors étaient des petits navires de 340 tonneaux seulement dont la coque, formant elle-même un matelas de bois de 45^{cm}, se trouvait protégée par une armure de 11^{cm}. La tourelle unique du navire était fixe et de forme oblongue ; sa cuirasse présentait une épaisseur de 15^{cm} près du sabord, moins considérable sur les flancs.

Les plaques de blindage des garde-côtes et des monitors brésiliens étaient d'une seule pièce, et non composées de plusieurs couches de fer superposées et boulonnées ensemble, comme celles des monitors fédéraux.

§ 334. **Artillerie des ouvrages paraguayens ; premiers combats.** — Les premières batteries paraguayennes

dont les garde-côtes du Brésil essuyèrent le feu, à Itapirú, Curuzú et Curupaity, étaient principalement armées d'anciens canons de 24 et de 32^{liv} anglaises, dont les projectiles ne pouvaient produire aucun effet sérieux sur des cuirasses de 11^{cm}.

Les boulets en fer battu ou en acier lancés par les quelques pièces de 68^{liv} anglaises que possédaient ces mêmes ouvrages, laissèrent des empreintes assez profondes sur les plaques. Mais les seules pertes ou avaries notables, causées par l'artillerie aux cuirassés brésiliens, furent dues à quelques projectiles, boulets ou obus, qui s'introduisirent par les sabords.

§ 335. **Les cuirassés brésiliens devant les batteries d'Humaitá.** — Bien différentes furent les conditions relatives de l'attaque et de la défense, lorsque, le 19 février 1868, trois garde-côtes et trois monitors forcèrent le passage d'Humaitá.

Ils furent obligés de défiler à très courte portée, — par moments à moins de 100^m peut-être, — d'une série d'ouvrages dont l'armement comprenait un nombre considérable de pièces lisses de 68 et de 120^{liv}, avec quelques canons rayés Withworth. Le garde-côtes à tourelle *Bahia* reçut, sans éprouver d'avaries graves, 42 projectiles, la plupart boulets ronds en fer battu ou en acier de 120, 68 et 32^{liv}.

Le garde-côtes à réduit central *Tamandaré*, dont la cuirasse était moins épaisse de 2^{cm} environ que celle du *Bahia*, reçut 96 projectiles. L'un de ceux-ci frappa l'avant du navire, où les plaques n'avaient que 5^{cm} d'épaisseur, et y ouvrit une voie d'eau dangereuse. Une douzaine d'autres boulets laissèrent dans la cuirasse des empreintes profondes, mais sans la perforer.

L'un des projectiles qui atteignirent le monitor *Pará* faussa son éperon, près duquel une voie d'eau dangereuse se produisit.

Quant au monitor *Alagoas*, retenu longtemps à moins de 100^m des batteries paraguayennes par des accidents de navigation, il reçut, paraît-il, 200 projectiles environ ! L'une des plaques de l'arête supérieure de la tour enlevée, une autre fendue sur les deux tiers de sa longueur et la partie correspondante du matelas en bois arrachée, 13 plaques de la coque perforées ou fendues, d'autres disjointes ou ébranlées, telles furent les principales avaries de la cuirasse de l'*Alagoas*, qui put se traîner pourtant jusqu'en amont des derniers ouvrages d'Humaitá.

§ 336. **Les cuirassés brésiliens à Angostura.** — Quelques mois plus tard plusieurs cuirassés brésiliens défilèrent à diverses reprises et de très près, notamment le 1^{er} octobre et le 26 novembre 1868, sous les deux batteries d'Angostura armées chacune de 9 canons lisses, dont 8 de 68 et un seul de 150^{liv}, lançant, comme toujours, des projectiles en fer battu ou en acier.

Les boulets de 68 ne laissèrent sur les plaques que des empreintes plus ou moins profondes; mais ceux de 150, entre autres avaries causées par eux, firent sauter, à une distance de tir de 200^m environ, deux plaques du garde-côtes *Silvado*, et en fendirent plusieurs à bord du garde-côtes *Brazil*; l'un d'eux perfora même la cuirasse de ce dernier bâtiment et resta logé dans le matelas.

§ 337. **Confirmation des résultats de la guerre de sécession.** — Les effets de l'artillerie lisse paraguayenne sur les plaques des cuirassés brésiliens confirmaient les résultats donnés, au même point de vue, par la guerre de sécession.

On remarquera pourtant que certaines plaques de l'*Alagoas*, épaisses de 11^{cm}, avaient été « perforées » devant Humaitá le 19 février 1868. Théoriquement, ce fait ne pouvait être attribué aux boulets des pièces lisses, même de 120 livres, qui armaient les batteries paraguayennes. Pouvait-on, avec plus de probabilité, le mettre au compte des quelques canons Withworth dont nous avons signalé la présence dans les mêmes batteries? Il nous est impossible de le dire; car nous n'avons trouvé nulle part l'indication du calibre de ces dernières bouches à feu.

Notons aussi que, devant Humaitá, l'artillerie et la cuirasse, — autrement dit l'attaque et la défense, — se trouvaient dans des conditions voisines de l'égalité, puisque les plaques de 11^{cm} devaient être généralement impénétrables pour les plus forts boulets des Paraguayens, et qu'au contraire, celles de 5 et 6^{cm} qui recouvraient les extrémités des gardes-côtes brésiliens pouvaient être perforées par ces mêmes projectiles.

§ 338. **Tourelles et réduits cuirassés.** — Les petits monitors brésiliens avaient fait preuve d'une force de résistance non moins remarquable que celle de leurs devanciers de l'Amérique du Nord. Mais si l'on tient compte de la différence d'épais-

seur des plaques, — 4^{cm} en moyenne, — on jugera sans doute que les cuirasses des navires brésiliens à réduit firent également très bonne figure en présence de l'artillerie paraguayenne.

N'avait-on pas vu d'ailleurs, pendant la guerre de sécession, la cuirasse de 15^{cm} du navire à casemate *Tennessee* montrer une force de résistance presque comparable, toutes proportions gardées, à celle de 18^{cm} des premières tourelles fédérales? Il est bon de remarquer également qu'à l'attaque de Charleston, le 7 avril 1863, deux de ces mêmes tourelles sur huit eurent leurs mouvements de rotation paralysés par suite des avaries que subit leur mécanisme.

§ 339. **L'artillerie et la cuirasse à la bataille de Lissa.** — La bataille de Lissa (Pl. XVII, tome II, fig. 3), livrée le 20 juillet 1866, ne présente qu'un intérêt médiocre au point de vue du sujet que nous traitons actuellement.

L'artillerie des navires autrichiens était composée de pièces lisses de 16, 18 et 25^{cm}, auxquelles venaient s'ajouter un nombre assez considérable de pièces rayées de 15^{cm}; elle devait se trouver à peu près impuissante en face des cuirasses de 12 à 14^{cm} qui protégeaient les navires italiens.

Les capitaines impériaux durent pourtant, conformément aux instructions de leur amiral, diriger des salves convergentes contre l'ennemi. Il ne semble pas que ce système de tir ait produit des résultats appréciables sur les cuirasses italiennes, qui ne portaient les traces que d'un nombre très limité de projectiles. Seuls quelques boulets ronds en acier, tirés à courte distance par les obusiers de 25^{cm}, percèrent les plaques de 12^{cm} des corvettes à réduit central de l'amiral Persano, et restèrent logés dans le matelas en bois. D'autres projectiles de même nature et de même calibre produisirent simplement sur les cuirasses des dépressions de 4 à 5^{cm}.

L'artillerie des navires italiens était plus redoutable que celle de leurs adversaires : canons lisses de 20^{cm}, pièces-bouches rayées de 16^{cm}, enfin quelques canons Armstrong de 23 et 20^{cm}, telle était généralement sa composition. Il en fut pourtant fait un si mauvais usage que les cuirasses, excellentes d'ailleurs, de 12 et 13^{cm} d'épaisseur qui recouvraient les murailles des bâtiments autrichiens, n'en reçurent qu'un petit nombre d'atteintes peu sen-

sibles. Plusieurs plaques de 12^{cm} ébranlées ou écornées, une autre perforée par un projectile Armstrong de 23^{cm}, qui resta logé dans le matelas, puis un nombre assez restreint d'empreintes de 4 à 5^{cm}, voilà quels furent les seuls effets des canons italiens sur les cuirasses autrichiennes.

La comparaison des forces vives des divers boulets avec la résistance à vaincre par le fait des cuirasses, montrait d'ailleurs que les canons Armstrong seuls pouvaient perforer les cuirasses autrichiennes.

Sur 4.000 à 4.300 projectiles lancés par les canons de chacune des deux escadres, c'est à peine si quelques centaines d'entre eux frappèrent les murailles ennemies.

N'oublions pas, enfin, de mentionner l'incendie allumé par un obus autrichien, et qui détermina l'explosion du navire *Palestro*, dont les œuvres mortes n'étaient protégées par une cuirasse qu'à la partie centrale.

La veille de la bataille navale de Lissa, le cuirassé italien *Formidabile* s'était embossé à 300 mètres des batteries du port San-Giorgio, armées sans doute d'une artillerie analogue à celle des bâtiments autrichiens. Sa cuirasse n'avait que peu souffert; mais un fait assez curieux fut observé : des obus, éclatant sous l'eau contre sa muraille, avaient agi comme autant de petites torpilles, faussant les plaques immergées, arrachant presque complètement plusieurs boulons, et causant finalement des voies d'eau très notables.

§ 340. **La frégate cuirassée la « Numancia », au Callao.** — Au nombre des navires espagnols qui combattirent les forts du Callao, le 2 mai 1866, figurait la frégate *Numancia*, cuirassée à l'aide de plaques épaisses de 13 à 14^{cm}. L'artillerie péruvienne, entre autres pièces de fort calibre, comptait deux canons Armstrong lançant des projectiles de 145 à 150^{kg}, et deux canons Blakeley lançant des projectiles de 220^{kg} environ.

A la distance de 1.400^m, l'un de ces derniers perfora presque entièrement la cuirasse de la *Numancia*, et y resta logé; mais aucun des boulets de moindre calibre qui l'avaient frappée ne lui causa d'avaries notables.

§ 341. **Le « Shah » contre le « Huascar ».** — Plus intéressant est le combat livré, le 15 mai 1877, par le croiseur

britannique en bois *Shah* au navire à tourelle péruvien *Huascar*.

Le *Shah* est armé de canons rayés de 16, 18 et 23^{cm}. La cuirasse de la coque du *Huascar* a 14^{cm} au milieu, et 6^{cm} seulement aux extrémités, sur matelas en teck de 35^{cm}; les plaques de la tourelle ont une épaisseur de 14^{cm}.

Dans ces conditions, d'après les données des tables de perforation, muraille et tourelle du cuirassé péruvien peuvent être traversées respectivement à 2.500 et 600^m par les projectiles Armstrong de 23 et de 18^{cm}. Et pourtant, bien que, pendant deux heures de combat, la distance n'excède pas 2.200^m, et se trouve réduite, pendant un moment, à 300 ou 400^m, aucun résultat sérieux n'est obtenu contre la cuirasse du *Huascar* par les 70 ou 80 projectiles qui l'atteignent. D'ailleurs tous ces projectiles, sauf quatre ou cinq, étaient du calibre de 18^{cm}.

C'est là, il faut l'avouer, un exemple frappant de l'énorme différence qui existe et existera toujours entre les effets des tirs de combat et ceux des tirs d'expérience.

§ 342. **Explosion du « Loufti-Djelil ».** — La guerre turco-russe de 1877 ne nous présente aucun fait digne d'être mentionné, en ce qui concerne les effets de l'artillerie sur les cuirasses.

Mais l'explosion du navire à tourelles *Loufti-Djelil*, causée le 11 mai 1877, par les feux courbes d'une batterie russe armée de canons de 24^{liv} et de mortiers de 15^{cm}, les avaries causées d'autre part, le 23 juillet 1877, à la corvette cuirassée *Athar-Chefket* par les feux de même nature du croiseur russe *Vesta*, mirent en évidence la nécessité de protéger par un blindage sérieux les ponts des navires de combat.

§ 343. **Guerre du Chili contre le Pérou.** — Nous voici parvenus à la guerre chilo-péruvienne de 1879, dont les enseignements sont précieux au point de vue qui nous occupe.

Mentionnons, seulement pour mémoire, les deux combats livrés par le *Huascar*, l'un à la petite corvette en bois *Esmeralda*, le 21 mai 1879, l'autre à la canonnière également en bois *Magallanes*, le 9 juillet de la même année. Les pièces de l'*Esmeralda* étaient à peu près impuissantes contre la cuirasse du navire péruvien. Mais les canons de 18 et de 16^{cm} du *Magallanes* pou-

vaient la perforer à une certaine distance. Cette canonnière n'eut d'ailleurs l'occasion de tirer contre le *Huascar* qu'un seul projectile de 18^{cm}, à la distance de 100^m. C'était un boulet de rupture Palliser qui atteignit la cuirasse du Péruvien à la flottaison, sans la perforer.

§ 344. **Cuirassés à réduit « Cochrane » et « Blanco » contre cuirassé à tourelle « Huascar ».** — Arrivons au mémorable combat de Punta-Angamos (Pl. XVII, tome II, fig. 2), livré le 8 octobre 1879. L'artillerie du *Huascar* comprend deux Armstrong de 23^{cm} et deux canons de 12^{cm}. Nous avons déjà décrit sa cuirasse au § 341. L'artillerie de ses deux adversaires, *Almirante-Cochrane* et *Blanco-Encalada*, cuirassés à réduit, se compose pour chacun d'eux de six pièces Armstrong de 23^{cm}. Leur réduit est protégé, sur ses quatre faces, par une cuirasse dont l'épaisseur varie de 20 à 11^{cm}; leur flottaison est recouverte de plaques dont l'épaisseur varie de 23^{cm} au milieu à 11^{cm} aux extrémités. Partout la cuirasse repose sur un matelas en teck de 20^{cm}. Les ponts sont blindés à l'aide de plaques dont l'épaisseur varie de 8 à 5^{cm}.

D'après les données des tables de perforation, la cuirasse de la tourelle du *Huascar*, partie du navire la mieux protégée, peut être traversée à 2.500^m par les projectiles de 23^{cm}, celle des deux navires chiliens, sauf vers le milieu de la flottaison, à des distances variant de 0 à 2.500^m environ, suivant la partie normalement frappée par les mêmes projectiles.

Après une lutte d'une heure et demie, terminée par la reddition du *Huascar*, et qui a lieu presque tout entière à des distances variant de 500 à 50^m, voici quels sont les effets du tir ennemi sur ce bâtiment :

Sur soixante-seize obus Palliser de 23^{cm} lancés par les deux navires chiliens, tous à moins de 600^m, vingt ont atteint le *Huascar*, et treize ont perforé sa cuirasse : deux sont entrés dans la tourelle, trois ou quatre dans la partie centrale de la coque, les autres dans les parties extrêmes de cette même coque, où les plaques n'ont plus que de 6 à 9^{cm} d'épaisseur.

Sur quarante obus Palliser de 23^{cm} lancés par le *Huascar*, trois seulement ont atteint la cuirasse du *Cochrane* : le premier, lancé à 400^m environ, ébranle une plaque du réduit épaisse de 15^{cm},

sans la perforer; les deux autres, lancés à moins de 100^m, n'ont pas un meilleur effet. Aucun projectile ne touche le *Blanco*.

Ainsi la cuirasse du *Huascar*, si faible en présence de l'artillerie de ses adversaires, a permis au navire péruvien de soutenir pendant une heure et demie un combat disproportionné à tous égards; et, d'autre part, les effets de sa propre artillerie contre la cuirasse du *Cochrane*, dans des conditions voisines de l'égalité entre l'attaque et la défense, ont été nuls ou à peu près.

Mais, ici, il faut rappeler un fait singulier : on avait modifié les charges de poudre des deux canons de 23^{cm} du *Huascar*, sans songer à corriger les hausses en conséquence! Nul doute qu'il convienne d'attribuer, en grande partie, le tir détestable du monitor péruvien à cet oubli vraiment inexcusable de la part de ceux qui l'avaient commis.

§ 345. **Le monitor « Manco-Capac ».** — Le 27 février 1880, devant Arica, le petit monitor péruvien *Manco-Capac*, cuirassé à 13^{cm} avec des lames de fer superposées, et armé de deux canons lisses de 28^{cm}, se trouve en présence du *Huascar*, devenu chilien, et du *Magallanes*.

Les canons de 23 et de 18^{cm} de ces deux bâtiments étaient capables de perforer respectivement, à 3.000 et 800^m au moins, les plaques du *Manco-Capac*. Les canons de celui-ci pouvaient seulement traverser les parties extrêmes de la cuirasse du *Huascar*. Mais en dépit d'une canonnade assez prolongée, aucune avarie notable ne fut relevée à bord de l'un ou de l'autre des bâtiments engagés.

§ 346. **Les cuirassés anglais à Alexandrie.** — Au bombardement d'Alexandrie, le 11 juillet 1882, nous voyons figurer quelques-uns des plus puissants cuirassés que possède actuellement l'Angleterre, entre autres le *Sultan*, le *Superb* et l'*Alexandra*, navires à réduit central, dont les plaques ont 30^{cm} d'épaisseur à la flottaison, et 20 à 23^{cm} au réduit.

Armées de canons dont l'immense majorité était absolument impuissante en face de pareilles murailles, les batteries égyptiennes comprenaient cependant, paraît-il, une quinzaine de pièces Armstrong, dont cinq ou six de 25^{cm}, et les autres de 23^{cm} d'un modèle déjà ancien.

Le *Sultan*, le *Superb* et l'*Alexandra*, seuls bâtiments sur les

cuirasses desquels les rapports anglais ont signalé des marques de projectile, combattaient les forts à des distances variant de 1.700 à 700^m. Dans ces conditions, les boulets de 25^{cm} pouvaient perforer leurs cuirasses; mais c'est tout juste si ceux de 23^{cm} pouvaient traverser les plaques des réduits. On ne releva d'ailleurs sur les cuirasses qu'une dizaine d'empreintes; la profondeur de la plus forte ne dépassait pas 8^{cm}. D'autre part, une plaque était légèrement sortie de son logement par suite de la rupture de quatorze têtes de rivets.

Nous ne mentionnons ces résultats que pour en faire ressortir l'insuffisance en ce qui concerne les effets de l'artillerie sur les cuirasses.

§ 347. **Combat de Fou-Tcheou.** — Les opérations de l'amiral Courbet dans la rivière Min ne présentent, non plus, aucun fait intéressant au même point de vue.

Qu'il nous soit permis, cependant, de mentionner la rapidité avec laquelle nos bâtiments se sont débarrassés de la flottille chinoise, le 23 août 1884. En moins d'une demi-heure, par le fait de nos obus, quelques-uns de 19^{cm}, mais en grande majorité de 14^{cm} seulement, presque tous les navires de cette flottille étaient en feu ou se remplissaient d'eau.

Si ce résultat fait le plus grand honneur à l'habileté et au sang-froid de nos canonniers, il prouve également qu'à l'époque actuelle la coque d'un navire dépourvu de cuirasse et de bonnes cloisons étanches est à la merci de n'importe quelle artillerie, même relativement faible; que si, de plus, cette coque est en bois, le danger qu'elle court est double : submersion et incendie.

§ 348. **Conclusions générales.** — Quelles conclusions tirer de l'exposé qui précède, des effets de l'artillerie sur les cuirasses?

Remarquons d'abord, sur le nombre des coups pointés contre les navires, la faible proportion de ceux qui les atteignent. Au combat de Punta-Angamos, dans des conditions admirables de temps, de mer, de distance et de situation relative des navires en présence, cette proportion est de 1/5 environ.

A l'attaque de Charleston, le 7 avril 1863, les batteries confédérées tirant sur les monitors fédéraux à des distances voisines

de 800^m et « parfaitement repérées d'avance, » cette même proportion n'est plus que de 1/8.

A la bataille de Lissa enfin, pendant laquelle divers navires appartenant aux partis opposés se croisent à bout portant, elle tombe au chiffre minime de 1/20 ou de 1/30 peut-être !

Si maintenant nous considérons les seuls projectiles qui ont frappé les cuirasses, combien les ont perforées de ceux qui, théoriquement, possédaient la force nécessaire pour atteindre ce but ? Bien peu assurément. C'est qu'il est fort rare, dans la pratique, qu'un projectile frappe la muraille d'un navire exactement suivant la normale ; c'est que parfois la poudre employée présente quelque défaut de qualité ou de conservation ; c'est qu'au milieu de l'émotion inséparable des circonstances du combat, le chargement d'une pièce n'est pas toujours exécuté avec le soin voulu : influences avec lesquelles on n'a jamais à compter dans les simples tirs d'expérience.

Aussi, dans la plupart des actions livrées sur le Mississippi et sur le Paraguay, comme dans celles du fort Morgan, de Lissa, de Punta-Angamos, voyons-nous des cuirasses d'une résistance parfois grandement inférieure au pouvoir perforant de l'artillerie ennemie constituer pourtant une protection efficace, ou retarder, tout au moins, la défaite des navires qui les portent jusqu'aux limites du possible. La capture de l'*Atlanta*, déterminée par le seul effet de deux ou trois boulets heureux, ne peut être considérée que comme un fait exceptionnel.

En ce qui concerne les cuirasses dont le pouvoir résistant est égal ou supérieur au pouvoir perforant de l'artillerie ennemie, nous voyons également, par les exemples des monitors fédéraux à Charleston, du « ram » *Tennessee* au fort Morgan, du monitor *Alagoas* à Humaita, qu'elles résistent victorieusement aux ébranlements des plus forts boulets qui viennent, non pas isolément, mais, en quelque sorte, par masses, frapper une partie restreinte de leur surface ; autrement dit, que la puissance purement « contondante » de l'artillerie est inefficace contre une cuirasse solidement assujettie.

Pendant les sièges de Charleston et du fort Fisher comme durant la guerre du Paraguay, on a vu des cuirassés à réduit, — l'*Ironsides* et plusieurs garde-côtes brésiliens, — prendre part aux mêmes opérations, essuyer le feu de l'ennemi dans les mêmes

conditions que les monitors. Ont-ils fait moins bonne contenance, ont-ils plus souffert que ces derniers? Nul ne pourrait l'affirmer. Si donc, à épaisseur égale de cuirasse, la tourelle a sur le réduit une supériorité incontestable de résistance, cette supériorité n'est pas telle qu'il y ait lieu de préférer, notamment pour des navires de haute mer, la première au second si celui-ci offre par ailleurs des avantages considérables.

§ 349. Effets des nouveaux obus à grande explosion. — Tels sont les principaux enseignements qui nous semblent ressortir des effets de l'artillerie sur les cuirasses, pendant les guerres maritimes des trente dernières années. Mais des faits d'une extrême importance se sont produits depuis lors, faits résultant, il est vrai, de simples expériences, et dont la pratique seule de la guerre pourra déterminer exactement la valeur.

Comme on a pu le voir aux § 83, tome I, ils se résument de la manière suivante en ce qui concerne directement les effets produits sur les navires : 1° l'éclatement d'un seul obus chargé de mélinite ou d'un autre explosif puissant dans une partie de la coque non protégée par la cuirasse, fait d'immenses brèches, et de plus peut suffire pour mettre hors de service tout le personnel et tout le matériel qui s'y trouvent renfermés; 2° son éclatement sur la cuirasse peut causer certainement quelques dégâts, mais sans détruire l'efficacité de cette armure pourvu qu'elle ait une épaisseur et surtout une dureté suffisantes.

Si, comme tout le fait prévoir, une pratique plus étendue vient confirmer les premiers résultats obtenus, un tel accroissement de puissance devra rendre à l'artillerie navale, dans une large mesure, la prépondérance que lui disputent aujourd'hui l'éperon et surtout la torpille automobile; il devra également nécessiter de nouveau l'extension du cuirassement à toutes les parties du grand navire de guerre, qui renferment soit les organes vitaux et l'artillerie, soit le personnel au moment du combat.

Nous reviendrons en temps opportun sur les déductions qu'imposent à l'esprit les effets des projectiles à grande explosion.

T. II, 7^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE IIEFFETS DU CHOC CONTRE LES NAVIRES

§ 350. **L'éperon.** — Il est vraiment étrange que l'on n'ait pas songé à donner aux premiers navires de guerre à vapeur les moyens de combattre par le choc. En des temps bien éloignés de nous, à la bataille navale de Salamine, nous voyons déjà l'éperon figurer comme l'arme la plus redoutable des galères de Thémistocle. Comment se fait-il donc que, lorsque les roues et plus tard l'hélice vinrent donner au navire un moteur indépendant des caprices du vent, comme la rame, et bien plus puissant que celle-ci, comment se fait-il qu'un éperon ne soit pas venu se greffer de lui-même, pour ainsi dire, à l'étrave des nouveaux bâtiments de combat?

Bien des marins peut-être se posèrent dès lors cette question; mais ils furent sans doute arrêtés par la crainte de voir les étraves des navires à vapeur s'ouvrir, et leurs machines se disloquer sous le choc donné à des murailles aussi résistantes que celles de ces magnifiques vaisseaux de ligne, l'orgueil des dernières flottes à voiles de l'Europe.

L'apparition de machines puissantes, capables de donner des vitesses de 12 à 13 nœuds à ces mêmes vaisseaux, ne détermina pas davantage, malgré les efforts de l'amiral Labrousse, l'adoption d'une idée qui nous semble aujourd'hui si naturelle, ou tout au moins n'en fit pas entrer l'application dans la pratique. Ce fut seulement quand de solides plaques de fer eurent recouvert la proue fine et droite des premières frégates cuirassées; quand on vit ces nouveaux navires armés tout naturellement d'un énorme couteau à leur avant, ce fut alors seulement que l'idée

surgit d'utiliser une étrave aussi résistante que puissante pour le choc, et de la munir, au besoin, d'un éperon destiné à la rendre encore plus redoutable.

§ 351. **Étude des effets matériels du choc contre les coques.** — Quand l'on veut apprécier les résultats obtenus, de nos jours, au moyen de cette arme à la fois si vieille et si nouvelle, il faut les considérer sous deux points de vue bien distincts : 1° effets matériels, sur la coque ennemie, du choc donné dans des conditions favorables à son action ; 2° efficacité plus ou moins fréquente des manœuvres tentées pour atteindre ce but.

Ce sont les effets matériels obtenus par le choc, dans les conditions mêmes cherchées par l'assaillant, que nous allons étudier tout d'abord.

§ 352. **L'éperon de la « Virginia » coule le « Cumberland ».** — Dès le début de leur grande guerre civile, les Américains, — les Confédérés principalement, — résolurent d'expérimenter ce genre de lutte.

Le 8 mars 1862, date mémorable, le « ram » séparatiste *Virginia* attaqua les navires fédéraux mouillés à Hampton-roads. C'était une grande frégate en bois transformée en navire cuirassé, et dont l'avant avait reçu un très gros éperon de fonte imparfaitement relié d'ailleurs à l'étrave. La *Virginia*, filant seulement 3 ou 4 nœuds, aborda deux fois, normalement et par le travers, la frégate à voiles *Cumberland*, immobile sur ses ancres. Celle-ci coula au bout de quelques minutes. La pointe de l'éperon du « ram » fut brisée du même coup, accident qui ne se serait certainement pas produit si cette arme eut été plus solide. Aucune autre avarie sérieuse ne se produisit dans sa coque.

L'expérience était concluante ; car si, d'une part, la masse de la *Virginia* était considérable en présence de la membrure du *Cumberland*, moins résistante ou moins bien protégée contre les envahissements de l'eau que celle des grands navires de combat actuels ; de l'autre, sa vitesse était presque réduite à son minimum ; et son éperon, comme son étrave, ne présentait que des garanties médiocres de solidité.

§ 353. **Destruction du « Re-d'Italia » par le « Ferdinand-Max ».** — Quatre ans plus tard, à la bataille de Lissa

(Pl. XVII, tome II, fig. 3), déjà citée au § 339, le cuirassé autrichien *Ferdinand-Max*, de 4.500 tonneaux, frappait presque normalement et par le travers à bâbord, avec une vitesse de 11 nœuds, le cuirassé italien *Re-d'Italia*, en ce moment immobile ou à peu près. Sous la violence du choc, celui-ci s'inclina sur tribord jusqu'à plonger ses bastingages dans l'eau, tandis que le *Ferdinand-Max* se dégageait en marchant en arrière. Alors parut l'énorme brèche produite par l'étrave de l'autrichien, véritable gouffre dans lequel la mer se précipita comme un torrent. Le *Re-d'Italia*, retombant sur bâbord, se remplit en moins de trois minutes, et disparut sous les flots de l'Adriatique !

Le cuirassé autrichien n'éprouva d'autre avarie que l'écornement de deux plaques et l'arrachement de quelques boulons à son avant, ce qui produisit une légère voie d'eau. Sa machine, arrêtée, d'ailleurs, au moment du choc, ne subit aucun dérangement.

Le *Ferdinand-Max* était un navire neuf, à forte membrure en bois, cuirassé à l'aide de plaques de fer dont l'épaisseur variait depuis 13^{cm} à la partie centrale jusqu'à 8^{cm} aux extrémités. Il ne portait pas d'éperon proprement dit, mais son étrave extrêmement solide, un peu saillante et arrondie, lui permettait d'agir comme bélier dans d'excellentes conditions.

Le *Re-d'Italia*, navire également neuf et en bois, était cuirassé à l'aide de plaques épaisses de 14^{cm} et reposant sur un matelas de teck de 60^{cm}. La brèche faite dans cette solide muraille par l'étrave du *Max* mesurait environ 7^m : cuirasse et membrure, tout avait été enfoncé.

§ 354. **Démonstration de la puissance du choc par l'éperon ou l'étrave.** — Nous avons rapproché le choc donné par l'étrave du *Max* au *Re-d'Italia*, du coup d'éperon porté par la *Virginia* au *Cumberland*, parce que le second de ces grands faits apportait une éclatante confirmation des résultats obtenus lors du premier.

Cette fois, les deux combattants appartenaient aux types les plus perfectionnés de l'époque ; en outre, l'abordé était supérieur à l'abordeur, comme masse, comme épaisseur de bois et de cuirasse ; et pourtant, l'énormité de la brèche ouverte par l'étrave du *Max* était telle, que les cloisons étanches les mieux conçues

et les plus multipliées n'auraient pu sauver le *Re-d'Italia* de la destruction.

D'autre part, le coup d'étrave du *Max* mettait en pleine lumière la possibilité, pour un cuirassé solidement construit, de choquer à toute vitesse, sans éprouver d'avaries dangeueuses, un navire similaire, même plus grand et plus résistant que lui.

§ 355. **Confirmation de la puissance du choc par divers abordages accidentels.** — Ce ne sont pas seulement les faits de guerre des trente dernières années qui ont prouvé la terrible efficacité du choc, quand il se produit dans des conditions favorables ; quelques accidents survenus en pleine paix ont malheureusement confirmé les succès de la *Virginia* et du *Max*.

Le 3 juillet 1877, dans une évolution sous voiles, la corvette cuirassée française *Thétis* frappa de son éperon le navire similaire *Reine-Blanche*, qui eût sombré, s'il n'avait trouvé à sa portée une plage voisine et favorable pour s'échouer en temps utile.

Le 1^{er} septembre 1875 et le 31 mai 1878, pendant des évolutions sous vapeur, le cuirassé anglais *Iron-duke* et le cuirassé allemand *König-Wilhem* frappèrent respectivement de leurs éperons les cuirassés des mêmes nations *Vanguard* de 3.800 tonneaux, et *Grosser-Kurfürst* de 6.500 tonneaux. Le premier de ceux-ci, grâce à ses cloisons étanches, flotta durant plus d'une heure avant de couler, bien qu'il portât au flanc une brèche de 5^m ; le second sombra en cinq minutes ! Et cependant, au moment du choc, le *König-Wilhem* filait seulement 3 nœuds, tandis que l'*Iron-duke* en allait 8. Celui-ci, il est vrai, de même que la *Thétis*, rencontra le navire abordé sous un angle de 45° environ, trop faible pour que l'éperon produisit tout son effet.

§ 356. **Dangers que peut courir l'abordeur.** — Quoi qu'il en soit, ces trois accidents étaient une confirmation saisissante et terrible des effets déjà obtenus par le choc à Hampton-roads et à Lissa. Mais le dernier d'entre eux présentait en même temps un fait grave et nouveau. A la suite de la malheureuse rencontre survenue entre les deux cuirassés allemands, l'abordeur eût disparu tout comme l'abordé, s'il n'avait été sauvé par les cloisons étanches de son avant. Son éperon, en effet, et une partie de son étrave étaient tordus et rejetés sur bâbord, les plaques de cet endroit de la cuirasse déboulonnées et séparées

de la membrure, si bien que le bordé tribord s'entr'ouvrait presque depuis la quille jusqu'au pont supérieur.

Après la guerre de sécession et la bataille de Lissa, l'on avait trop exalté la puissance du choc au détriment de celle de l'artillerie ; après l'accident du *König-Wilhem*, un revirement se produisit dans l'opinion. On se rappela que les coups de la *Virginia* et du *Max* avaient été portés contre des coques immobiles ou à peu près ; de là, sans doute, l'impunité dont l'abordeur put jouir dans ces deux circonstances. La vitesse du *Grosser-Kurfürst*, au moment où l'accident du 31 mai 1878 se produisit, disloqua, au contraire, toute la partie de la coque de l'abordeur, qui avait pénétré dans ses flancs ; et il devait en être ainsi, disait-on, lors de toute circonstance analogue.

L'argument néanmoins tombait à faux ; car, au combat naval de *Memphis*, le 6 juin 1862, l'on avait vu des petits « rams » d'un faible échantillon enfoncer leur éperon dans le flanc d'un ennemi lancé à toute vapeur, sans éprouver eux-mêmes d'avaries graves ; la *Reine-Blanche* n'était pas immobile quand elle fut frappée par la *Thétis*, et le *Vanguard* filait 7 ou 8 nœuds quand il reçut le coup d'éperon de l'*Iron-duke* ; dans ces deux dernières circonstances, la coque des abordeurs resta pourtant à peu près intacte.

Il fallait donc chercher ailleurs la véritable cause des avaries du *König-Wilhem*. On la trouva dans la construction défectueuse de son avant. L'éperon, rapporté et non venu de forge avec l'étrave contrairement à celui de l'*Iron-duke*, était, en effet, mal relié à la membrure. Sa disjonction, sous la poussée transversale d'une masse comme celle du *Grosser-Kurfürst*, avait entraîné la déformation ou l'arrachement de toutes les pièces voisines de fer et de bois, imparfaitement reliées entre elles. Si donc l'accident du *König-Wilhem* montrait que l'on ne devait pas se fier, pour le choc contre un navire en marche, à un avant disposé comme le sien, il n'infirmais en rien les effets obtenus déjà par des éperons bien assujettis et surtout par de solides étraves saillantes semblables à celle du *Max*.

Il nous faut revenir à la guerre de sécession pour examiner rapidement certains faits, qui, sans présenter le même intérêt que les précédents, n'en contiennent pas moins d'utiles enseignements.

§ 357. **Examen de quelques faits de moindre importance que les précédents.** — Sur le Mississipi, Fédéraux et Confédérés usèrent fréquemment du choc comme moyen de combat ; mais les navires en bois et les petits cuirassés opérant dans cette région étaient faibles et défectueux à tous les points de vue.

La destruction par le choc de deux canonnières, au combat naval de la Nouvelle-Orléans, le 24 avril 1862 ; celle, à Memphis, le 6 juin de la même année, de quatre ou cinq bateaux de rivière plus ou moins mal transformés en petits « rams » cuirassés, n'apportaient qu'un appoint douteux en faveur du coup d'étrave ou d'éperon ; car son action ne s'y exerçait que contre des coques et des blindages défectueux.

On peut en dire autant de la destruction, au combat du Riachuelo, livré le 11 juin 1865, du navire paraguayen de très faible échantillon *Marquez-de-Olinda* par la corvette brésilienne *Amazonas*, et de celle, lors de la première affaire d'Iquique, le 21 mai 1879, de la vieille corvette en bois chilienne *Esmeralda* par le cuirassé péruvien *Huascar*. De même, l'insuccès complet ou partiel des chocs donnés, sous un angle favorable pourtant à leur efficacité, par le bélier séparatiste *Manassas* au navire fédéral *Richmond*, lors de l'affaire de la Tête-des-Passes, au mois d'octobre 1861 ; par le *Palmetto-State* à la canonnière *Mercedita*, devant Charleston, le 31 janvier 1863 ; par la canonnière en bois *Sassacus* au bélier *Albemarle*, à l'embouchure du Roanoke, le 5 mai 1864 ; par les corvettes en bois de Farragut au cuirassé *Tennessee*, lors du combat naval du fort Morgan, le 5 août de la même année : tous ces faits ne prouvent rien contre la valeur d'un pareil mode de lutte, soit parce que les navires assaillants avaient trop peu de masse ou trop peu de vitesse, soit parce que leur éperon était défectueux, leur étrave trop faible ou de forme peu convenable pour l'effet du choc.

Quelques-unes des actions que nous venons de mentionner méritent pourtant de fixer l'attention. N'y avait-il pas, en effet, une preuve éclatante de l'inocuité presque certaine du choc pour l'abordeur, dans ces faits de la grande canonnière en bois *Sassacus* et des corvettes également en bois de Farragut frappant de leurs étraves droites, avec une vitesse considérable, des béliers cuirassés tels que l'*Albemarle* et le *Tennessee* ?

§ 358. **Degré d'efficacité des manœuvres tentées pour donner le choc.** — Après avoir apprécié les effets matériels du choc donné dans des conditions favorables à son action, examinons les difficultés plus ou moins grandes que rencontre l'assaillant pour occuper une position qui lui permette de frapper son adversaire presque à coup sûr.

Les fréquents succès obtenus à l'aide du choc, pendant la guerre de la sécession américaine, lui donnèrent à cette époque, parmi les marins, beaucoup de partisans trop exclusifs. La torpille automobile n'avait pas encore fait son apparition; et l'artillerie rayée était loin d'avoir acquis l'énorme puissance qu'elle possède aujourd'hui. L'on ne réfléchissait pas, d'ailleurs, suffisamment aux circonstances dans lesquelles le choc avait produit de si terribles effets. A Hampton-Roads, le 8 mars 1862, la *Virginia* avait frappé une coque immobile; sur le Mississippi, à l'embouchure du Roanoke et au fort Morgan, les flottilles adverses manœuvraient dans des espaces restreints, où le navire menacé par l'éperon d'un ennemi ne pouvait pas toujours éviter un choc dangereux; la plupart des bâtiments ainsi détruits ne possédaient pas les qualités évolutives qui permettent de parer un abordage normal bien mieux encore que de le donner; enfin, l'absence presque complète de cloisons étanches rendait parfois mortel un coup qui n'eût été que grave dans le cas contraire.

§ 359. **Cas nombreux où la manœuvre du choc n'a pas réussi; guerre de sécession.** — Et malgré tout, à côté de ses brillants succès, que d'échecs compte la manœuvre du choc durant cette guerre d'Amérique!

Au combat de la Nouvelle-Orléans, le 24 avril 1862, c'est le « ram » confédéré *Manassas* et la corvette fédérale *Mississippi* qui essaient vainement de se frapper dans le duel engagé par eux.

Au combat du fort Pillow, le 10 mai 1862, les petits béliers séparatistes n'ont pas plus de succès contre leurs adversaires.

Près de Vicksburg, le 6 août 1862, le « ram » fédéral *Essex* surprend au mouillage le bélier séparatiste *Arkansas*, mais l'aborde trop obliquement pour lui porter un coup dangereux.

Devant Charleston, le 31 janvier 1863, le « ram » *Chicorah* ne parvient à éperonner aucun des navires unionistes qu'il attaque.

A l'embouchure du Roanoke, le 19 avril 1864, l'*Albemarle*

échoue également dans une tentative semblable ; enfin, au combat du fort Morgan, le 5 août de la même année, le *Tennessee* essaie inutilement de rendre choc pour choc aux corvettes fédérales.

§ 360. **Bataille de Lissa** (Pl. XVII, tome II, fig. 3). — Si la bataille de Lissa nous a fourni au § 353 une preuve éclatante des immenses résultats que l'on peut attendre du choc normal, elle va nous montrer, à présent, combien il est difficile de conquérir une position qui permette de le donner.

Le *Re-d'Italia*, on le sait, était immobile ou à peu près quand il fut frappé par le *Max*. Et, à côté de cet unique succès, combien de coups manqués ! Avant la bataille, Tegethoff avait pourtant signalé à ses cuirassés de « courir sus à l'ennemi pour le couler » ; et la haute valeur de la plupart des capitaines autrichiens ne permet pas de douter qu'ils n'aient strictement exécuté les ordres de leur illustre chef. Tous, — nous parlons des sept officiers qui commandaient des cuirassés, — tous essayèrent donc vraisemblablement de « choquer » un ou plusieurs navires ennemis. Seul, le capitaine du *Max* réussit à frapper la coque immobile du *Re-d'Italia*, et encore n'y parvint-il qu'après deux tentatives inutiles du même genre contre d'autres navires italiens.

L'un des historiens français de la bataille de Lissa a écrit que, « si les Autrichiens comprirent la toute-puissance du choc, les Italiens ne la soupçonnèrent même pas. » C'est une grave erreur. Il suffit, en effet, de lire un récit circonstancié de la lutte pour se convaincre que l'*Affondatore* et le *Re-di-Portogallo* essayèrent par tous les moyens d'utiliser leurs éperons ; il suffit de jeter un coup d'œil sur les rapports officiels des capitaines autrichiens pour constater que plusieurs de ceux-ci furent contraints de manœuvrer dans le but d'éviter le choc des navires ennemis. Ainsi donc, de part et d'autre, à la bataille de Lissa, la manœuvre du choc fut fréquemment tentée ; et, comme on l'a vu, sans succès, sauf dans un cas essentiellement favorable à sa réussite.

§ 361. « **Izeddin** » contre « **Arkadion** ». — Signalons, dans le même ordre d'idées, la rencontre de l'avisoturc *Izeddin* et du coureur de blocus grec *Arkadion*, le 19 août 1869.

Le premier, après avoir par une vive canonnade causé à son adversaire des avaries qui ralentirent sa marche, profita de

cette circonstance, et se jeta sur lui à toute vapeur dans le but de le couler ; mais l'*Arkadion* put manœuvrer assez rapidement pour transformer en simple frôlement le coup qui lui était destiné.

§ 362. « **Bouvet** » contre « **Meteor** ». — Même résultat dans le combat de l'avisos français *Bouvet* contre la canonnière allemande *Meteor*, le 10 novembre 1870 (Pl. XVII, tome II, fig. 1).

Bien que surpris par la manœuvre de son ennemi, le *Meteor* reçut le choc sous un angle de 45 degrés environ, trop faible pour que le coup d'étrave du *Bouvet* produisit tout son effet, même avec la vitesse de 10 à 11 nœuds que possédait notre avisos.

§ 363. **Guerre chilo-péruvienne**. — Enfin, la guerre chilo-péruvienne présente toute une série de faits analogues.

Le premier combat naval d'Iquique, livré le 21 mai 1879, se termina par un double duel entre la *Covadonga* et l'*Independencia*, d'une part, l'*Esmeralda* et le *Huascar*, de l'autre. Or, avant d'aller se perdre sur un écueil, l'*Independencia* tenta vainement par deux fois d'éperonner son adversaire. Le *Huascar*, pour couler l'*Esmeralda*, dont la vitesse était réduite à 3 nœuds par suite d'avaries de chaudières, fut pourtant obligé de la frapper trois fois de son étrave saillante.

Cependant un coup unique donné normalement ou presque normalement par un cuirassé de 1.100 tonnes, même animé d'une faible vitesse, eût été plus que suffisant pour détruire une vieille corvette en bois de 800 tonnes, comme l'*Esmeralda*. Seul, le troisième coup fut donc porté dans les conditions voulues, et cela contre un navire incapable de l'éviter, car un boulet venait d'enlever, au dernier moment, le gouvernail de la corvette chilienne.

Le 9 juillet 1879, lors du second combat naval d'Iquique, simple duel entre le *Huascar* et le *Magallanes*, le cuirassé péruvien fit quatre tentatives inutiles pour frapper de son étrave la canonnière chilienne ; mise en mouvement par deux hélices, celle-ci déjoua sans peine toutes les manœuvres de son adversaire.

Au combat de Punta-Angamos, le 8 octobre 1879 (Pl. XVII, tome II, fig. 2), nous voyons, non plus un seul navire, mais deux cuirassés chiliens essayer, chacun à deux ou trois reprises, d'épe-

ronner le *Huascar*, dont la machine est encore lancée à toute vitesse, mais qui a perdu la faculté de gouverner. Aucune de ces tentatives ne réussit ; et c'est l'artillerie qui décide du résultat de la lutte.

§ 364. **Dangers de l'éperon pour les navires amis.**

— Voilà, croyons-nous, plus d'exemples qu'il n'en faut pour montrer combien est délicate la manœuvre de l'éperon. Pourtant, un fait encore nous reste à mentionner. C'est celui de la canonnière-bélier séparatiste *Beauregard* coulant de son éperon, au combat de Memphis, le 6 juin 1862, une autre canonnière de son propre parti, le *Général-Price*, après avoir manqué un navire fédéral auquel ce coup malencontreux était destiné.

Rappelons également ce passage du rapport écrit par l'amiral Tegethoff après la bataille de Lissa : « La mêlée devint de plus en plus vive, et il fut impossible d'en saisir les détails ; les bâtiments lancés à toute vitesse s'entre-croisaient toujours, *en sorte que l'on ne distinguait plus l'ami de l'ennemi.* » Ne trouve-t-on pas là l'explication de la timidité avec laquelle le choc parut être tenté, à Lissa, par une partie des capitaines, tant autrichiens qu'italiens ?

L'éperon ou l'étrave saillante destinée à en tenir lieu est donc une arme à double tranchant, exigeant de la part de celui qui la manie un coup d'œil et un sang-froid à toute épreuve, sous peine de devenir aussi dangereuse peut-être pour l'ami que pour l'ennemi.

T^{ME} II, 7^E P^{IE}. — CHAPITRE III
EFFETS DES TORPILLES CONTRE LES CARÈNES

§ 365. **Les premières torpilles.** — La première idée d'employer des mines sous-marines dans les opérations de la guerre navale remonte à près d'un siècle et demi. A diverses époques et dans divers pays, on fit au moyen d'engins de cette espèce, contre des navires, quelques tentatives, toutes d'ailleurs infructueuses. Enfin des expériences ayant le même objet, exécutées en France, en Angleterre et aux États-Unis d'Amérique, donnèrent des résultats qui, sans doute alors, ne parurent pas concluants, bien qu'ils nous semblent tels aujourd'hui.

Ce fut seulement en 1855, durant la guerre soutenue par la Russie contre la France et l'Angleterre, que la question des mines sous-marines passa franchement du domaine de la théorie dans celui de la pratique. Un nombre considérable de torpilles furent semées par les Russes aux environs de Cronstadt. Nous ignorons quel était le poids exact de leur charge de poudre noire.

Toutefois, d'après les dimensions du récipient qui la contenait, cette charge ne devait pas dépasser 10 à 15 kilogrammes. Le 9 juin 1854, deux torpilles éclatèrent sous la quille des avisos britanniques *Merlin* et *Firefly*, en leur causant des avaries sérieuses, mais très réparables. Cet insuccès ne pouvait guère être attribué qu'à l'insuffisance de la charge.

§ 366. **Torpilles défensives des confédérés.** — La guerre de sécession fournit au génie inventif des Américains une superbe occasion de développer l'action des mines sous-marines. Les confédérés ne la laissèrent pas échapper.

Arme purement défensive au début, la torpille devint bientôt

entre leurs mains une arme tout aussi nettement offensive. Mais avant d'apprécier les effets obtenus par suite de son emploi sous cette nouvelle forme, de beaucoup la plus intéressante à étudier aujourd'hui, rappelons succinctement les mémorables résultats qu'elle produisit en Amérique comme arme défensive.

Les torpilles destinées par les Sudistes à défendre les entrées de leurs ports et les cours de leurs rivières, étaient de quatre espèces principales : torpilles de barrage, torpilles de fond, torpilles mouillées, torpilles de courant ou dérivantes.

§ 367. **Torpilles de barrage.** — Ces torpilles étaient des boîtes en fonte de fer, contenant chacune 13 kilogrammes de poudre noire environ, boulonnées aux extrémités supérieures des grosses poutres inclinées qui composaient certains barrages. Le choc d'un corps dur contre la torpille déterminait son explosion par l'intermédiaire d'une fusée à percussion.

Les marins fédéraux ne tentèrent jamais de forcer un passage ainsi défendu; mais, après la prise de Charleston, la canonnière *Jonquil* fut très endommagée par l'explosion accidentelle d'une torpille de barrage. Elle ne dut probablement son salut qu'à la faiblesse relative de la charge.

§ 368. **Torpilles de fond.** — Les torpilles de fond, dont le nom indique suffisamment le mode d'emploi, étaient toutes à inflammation électrique, comme celles que nous construisons en France.

Un seul navire fédéral, croyons-nous, dut sa perte à une torpille de fond. Ce fut la canonnière *Commodore-Jones*, coulée le 6 mai 1864. Violemment soulevée par l'explosion, elle retomba littéralement brisée, avec la moitié de ses hommes tués ou blessés. L'on ne s'étonne nullement de ce terrible désastre quand on sait que la torpille de fond qui le causa contenait 1.000^{kg} de poudre noire, et reposait dans un endroit où le *Commodore-Jones* n'avait peut-être pas un mètre d'eau sous la quille.

Antérieurement et dans le même fleuve, une torpille de fond, sans doute moins fortement chargée et placée dans un endroit où il y avait plus d'eau, avait fait explosion sous l'arrière de la canonnière *Commodore-Barney*, la faisant presque chavirer, lui causant des avaries très graves, et lançant par-dessus le bord une vingtaine de marins.

§ 369. **Torpilles mouillées ou vigilantes.** — Les torpilles mouillées des Sudistes, que nous appellerions aujourd'hui « torpilles vigilantes », étaient de divers modèles. Flottant entre deux eaux et retenues en place par une ou plusieurs ancres, elles contenaient une charge de 25 à 50^{kg} de poudre noire, dont l'inflammation se produisait à l'aide d'amorces soit mécaniques, soit chimiques, quand un navire choquait la torpille.

Ce fut à des engins de cette espèce, notamment à ceux du type « Singer », que la marine fédérale dut la majeure partie des désastres qu'elle éprouva. Au nombre des navires complètement détruits par les torpilles mouillées, nous citerons les suivants : le *Cairo* et le *Baron-de-Kalb*, deux des meilleures canonnières cuirassées du Mississipi, dont la charpente fut totalement déliée, et qui coulèrent au bout de 12 à 15 minutes; le cuirassé de rivière *Eastport*, tellement brisé par l'explosion qu'il sombra presque instantanément; les monitors *Tecumseh* et *Patapsco*, dont la perte ne fut pas moins rapide.

Il est à remarquer que, dans la plupart des accidents de ce genre, l'explosion fût assez puissante pour tuer ou blesser un nombre d'hommes considérable à bord des bâtiments qui en furent victimes.

§ 370. **Torpilles dérivantes.** — Les torpilles de courant ou torpilles dérivantes des Confédérés étaient des vases flottants, chargés de 30 à 35^{kg} de poudre noire, qui, abandonnés au fil du courant, devaient faire explosion, à l'aide d'un système d'inflammation mécanique ou chimique, contre les navires qu'elles rencontraient.

Aucun bâtiment fédéral ne fut, que nous sachions, totalement détruit par ces torpilles; mais elles causèrent de grosses avaries à plusieurs canonnières, notamment sur la rivière James.

§ 371. **Destructions nombreuses causées par les torpilles défensives des Confédérés.** — En résumé, 7 cuirassés et 11 autres navires fédéraux furent coulés par les torpilles défensives, pendant la guerre de sécession; tandis que l'artillerie et les éperons des Confédérés causèrent seulement la perte ou la capture d'une quinzaine de bâtiments, la plupart de très faible échantillon et d'une valeur médiocre au point de vue militaire.

C'était là un fait d'autant plus remarquable que, si les Sudistes n'éprouvèrent aucun désastre du même genre, ils le durent uniquement à la nature et aux circonstances de la lutte qui ne permirent pas aux Fédéraux de faire usage de torpilles défensives.

Nous devons faire observer que le théâtre des opérations maritimes était éminemment favorable à l'emploi de ces mêmes torpilles par les Confédérés. Partout des baies et des entrées de port peu profondes, des passes et des rivières étroites. De là, pour les torpilles mouillées, une garantie de tenue excellente; pour les torpilles de fond, une sûreté d'action très grande, puisque leur centre d'explosion se trouvait à quelques mètres, souvent même à quelques pieds seulement, au-dessous de la quille des navires ennemis, et puisque aucune erreur ne pouvait se produire dans l'appréciation du moment opportun de la mise en feu. De là encore une incomparable facilité pour établir rapidement, avec un petit nombre de torpilles, des barrages infranchissables. Jamais dans une autre guerre l'on ne rencontrera, croyons-nous, de pareils avantages en faveur de ce que nous appelons en France la « défense sous-marine fixe ».

§ 372. **Utilité des cloisons étanches.** — Autre remarque. Abstraction faite de tout système de « protection extérieure » au navire, l'on reconnaît aujourd'hui que la seule garantie quelque peu efficace contre les torpilles réside dans les doubles coques et la multiplication des cloisons étanches.

Or, non seulement les navires fédéraux avaient leurs œuvres vives généralement faibles, souvent mal liées, chevillées sans beaucoup de soin; mais ils ne possédaient que peu ou point de cloisons étanches. Ainsi s'explique la rapidité d'action des torpilles mouillées, éclatant au contact de leurs carènes. Mais les torpilles, chargées comme nous l'avons dit de 25 à 50^{kg} de poudre noire, dont la puissance explosive n'excédait guère, par conséquent, celle de 5 à 10^{kg} de fulmicoton ou de dynamite, n'auraient certainement pas produit des effets semblables contre les coques perfectionnées de nos grands navires actuels de combat.

D'ailleurs, le système très incomplet de cloisons étanches que possédaient quelques navires fédéraux ne leur fut pas toujours inutile. La coque des monitors, par exemple, était divisée en

quatre ou cinq compartiments. Cette disposition n'empêcha pas le *Tecumseh* et le *Patapsco* de couler presque instantanément, parce que l'explosion de la torpille se produisit sous la partie centrale du navire. Le monitor *Milwaukee*, au contraire, fut frappé sous l'arrière; cette partie du navire s'enfonça immédiatement, tandis que l'avant, grâce aux cloisons étanches, resta hors de l'eau pendant plus d'une heure. Aussi l'équipage du *Milwaukee* put-il être sauvé, au lieu que le *Patapsco* et le *Tecumseh* perdirent la majeure partie de leurs hommes.

§ 373. **Destruction du « Rio-Janeiro ».** — En dehors de la guerre de sécession, nous ne trouvons que deux circonstances où l'action des torpilles défensives se soit produite contre des navires.

Le 2 septembre 1866, le garde-côtes brésilien *Rio-Janeiro* sombra presque instantanément dans le fleuve Paraguay. Ce fait fut dû, paraît-il, à une torpille dérivante à inflammation chimique, et qui, d'après certains récits, n'aurait contenu que 15^{kg} de poudre noire. La rapidité de l'effet produit nous fait croire néanmoins qu'elle renfermait une charge au moins double. La coque du *Rio-Janeiro* devait être, en effet, pourvue de quelques cloisons étanches, qui auraient retardé le résultat final d'une explosion relativement faible.

§ 374. **Destruction de la canonnière « Soune ».** — Pendant la dernière guerre turco-russe, le 9 octobre 1877, la canonnière ottomane *Soune* frappa de sa joue tribord une torpille mouillée dans le Danube. L'explosion emporta son mât de misaine, tua plusieurs hommes, fit sauter les canons hors de leurs affûts. La canonnière s'enfonça par l'avant presque aussitôt.

Si, comme il est probable, la torpille qui causa ce désastre était semblable à celles que les Turcs relevèrent plus tard dans les mêmes parages, elle devait contenir de 32 à 44^{kg} de fulmicoton. Le terrible effet de l'explosion d'une pareille charge au contact d'un vieux navire de faible échantillon ne pouvait être douteux. Le mode d'inflammation appartenait au système automatique-électrique.

§ 375. **Torpilles offensives; effets de leur explo-**

sion. — Abordons maintenant l'étude des résultats obtenus à l'aide de torpilles nettement « offensives ».

Deux points bien distincts sont à considérer dans ces résultats : 1° l'effet même de l'explosion sur le navire attaqué ; 2° le mode d'emploi de l'engin.

Occupons-nous d'abord du premier point.

§ 376. **Torpilles des Confédérés et des Fédéraux.**

— Le 5 octobre 1863, une torpille « portée » contenant 28^{kg} de poudre noire fait explosion contre la partie centrale de la frégate cuirassée fédérale *New-Ironsides*, à coque en bois. Les avaries de ce bâtiment sont graves, mais n'entraînent pas sa perte.

La torpille employée était en cuivre, cylindrique, terminée à chacune de ses extrémités par une calotte hémisphérique ; la calotte antérieure portait plusieurs fusées percutantes du système « Rains », à inflammation automatique chimique. Ainsi l'explosion avait eu lieu par le choc, au contact, mais probablement avec trop peu d'immersion pour produire tout son effet ; car l'énorme colonne d'eau soulevée le long de la frégate, dont les ponts furent inondés, semblait indiquer que la majeure partie de la force développée avait été dépensée en pure perte.

§ 377. **Destruction du « Housatonic ».** — Le 17 février 1864, la corvette fédérale en bois *Housatonic* est atteinte par une torpille d'un système analogue, et contenant probablement 30^{kg} au moins de poudre noire. L'explosion a lieu sur l'avant du mât d'artimon, juste à la hauteur des soutes à poudre. Le navire s'enfonce par l'arrière ; et sa coque disparaît entièrement au bout de quelques minutes.

Peu de temps après, une torpille « portée » fait explosion au contact, un peu sur l'avant du travers de la grande frégate fédérale en bois *Minnesota* : 24^{kg} de poudre noire, même système d'inflammation que celui employé pour la torpille dirigée contre l'*Ironsides* ; immersion de 1^m,82 au moment de l'explosion.

La frégate n'est pas coulée, mais subit de graves dommages : bordages et baux brisés ou arrachés, une partie des munitions de guerre hors de service. Il y eut une colonne d'eau énorme le long du *Minnesota*, comme le 5 octobre 1863 le long de l'*Ironsides*. Cette fois, l'insuffisance de l'immersion de la torpille, eu égard à

la charge employée et à la résistance de la coque attaquée, est encore plus évidente.

§ 378. **Destruction de « l'Albemarle ».** — Le 27 octobre 1864, le « ram » confédéré *Albemarle* est coulé par une torpille portée faisant explosion sous sa hanche bâbord, mais non au contact.

L'immersion de la torpille est de 3^m environ; sa charge probablement de 40 à 50^{kg} de poudre noire, l'inflammation mécanique se produisant à la volonté de l'opérateur. L'explosion a fait dans la carène un trou de 1^m,50 de diamètre à peu près; et la direction des avaries intérieures prouve que l'effet a eu lieu obliquement par rapport à la surface de l'eau.

Telles sont les explosions de torpilles offensives qui se sont produites, avec un résultat plus ou moins efficace, pendant la guerre de la sécession américaine. Nous devons faire remarquer d'ailleurs que les deux navires coulés, le *Housatonic* et l'*Albemarle*, étaient dépourvus de cloisons étanches capables d'atténuer les effets de l'explosion.

§ 379. **Guerre turco-russe de 1877; destruction du « Seïfi » par deux torpilles.** — Pendant la guerre de 1877, le monitor turc *Seïfi* est coulé, sur le Danube, dans la nuit du 25 au 26 mai, par deux torpilles portées installées à l'avant de chaloupes russes : immersion 3^m, inflammation électrique au choc ou à volonté, distance de la torpille à l'étrave du canot 6^m.

L'explosion de la première torpille a lieu au contact de la hanche tribord du monitor, dont l'arrière s'enfonce alors très lentement. La seconde explosion a lieu 12 minutes plus tard, par inflammation à volonté, sinon au contact, du moins à très courte distance du travers du *Seïfi*, qui, dès ce moment, coule très vite.

La coque en fer du monitor était vraisemblablement pourvue d'un certain nombre de cloisons étanches. D'après quelques récits dont l'exactitude à d'autres points de vue est incontestable, les torpilles employées par les russes dans cette circonstance auraient contenu 100^{kg} de poudre noire. Une pareille charge nous paraît bien lourde pour être portée au bout d'une hampe par un canot en marche, même avec une vitesse ne dépassant pas 5 à 6 nœuds.

§ 380. **Affaires de Sulina et de Soukkoum-Kalé.** — A l'affaire de Sulina, dans la nuit du 10 au 11 juin 1877, deux torpilles portées font aussi explosion près du cuirassé turc *Idja-lieh*; mais, bien que due au choc, ce n'est pas contre les flancs même du cuirassé que l'inflammation a lieu, c'est, paraît-il, contre quelque objet flottant à courte distance du navire, qui en est quitte pour des avaries insignifiantes.

Même insuccès, dans la nuit du 23 au 24 août, à Soukkoum-Kalé, où les Russes font éclater sans résultat une ou deux torpilles divergentes contre les flancs du cuirassé *Athar-Chefket*. Faut-il attribuer cet échec à une charge ou à une immersion insuffisante, à un choc accidentel contre un objet extérieur au navire ou à toute autre cause? Nous l'ignorons.

§ 381. **Destruction d'un navire turc.** — Le 26 janvier 1878, en rade de Batoum, un vapeur de 1.200 tonneaux environ appartenant au service des douanes turques est atteint par deux torpilles Whitehead, que deux canots russes ont lancées simultanément.

Les explosions se produisent; et le navire coule au bout d'une minute. Résultat inévitable; car le cône de charge de chaque Whitehead devait contenir tout au moins une vingtaine de kilogrammes de fulmicoton.

§ 382. **Destruction de deux navires chiliens.** — Pendant la récente guerre chilo-péruvienne, deux petits navires chiliens, la *Loa* et la *Covadonga*, furent coulés à peu de semaines d'intervalle par l'explosion de charges de dynamite, probablement de 100 à 150^{kg}, dissimulées au fond d'embarcations abandonnées à dessein le long de la côte péruvienne, et que les capitaines de ces deux bâtiments avaient eu l'imprudence de faire accoster le long de leurs bords. Mais tandis que la *Covadonga*, dépourvue de cloisons étanches sombra instantanément, la *Loa*, qui en avait cinq, mit dix minutes à disparaître.

§ 383. **Effets de nos torpilles à Fou-tcheou et à Sheipoo.** — Arrivons enfin aux effets produits par les quatre torpilles portées que nos marins ont si vaillamment fait éclater, dans deux circonstances récentes, contre les flancs des navires chinois. A Fou-tcheou d'abord, le 23 août 1884.

Les deux torpilles portées par les bateaux n^{os} 45 et 46 contenaient 12 à 14^{kg} de fulmicoton; leur immersion devait être de 2^m,50 à 3^m. L'une d'elles frappa par le travers le croiseur de 1.500 tonneaux *Yang-ou*, qui fut mortellement atteint par l'explosion; car on le vit bientôt se diriger, coulant bas d'eau, vers le rivage où il s'échoua. L'autre, qui éclata au choc sous la hanche du transport-avisos de moindre tonnage *Fou-po*, ne produisit pas autant d'effet; car ce bâtiment continua la lutte pendant quelque temps encore, soit qu'il eût été préservé d'une avarie irrémédiable par ses cloisons étanches, soit que l'explosion de la torpille n'eût pas été complète, soit enfin qu'elle ne se fût pas produite au contact même de la carène ennemie.

A l'affaire de Sheipoo, dans la nuit du 14 au 15 février 1885, les deux torpilles portées par les canots à vapeur du *Bayard* contenaient chacune, également, 13^{kg} de fulmicoton. Elles firent explosion contre la carène de la frégate chinoise en bois le *Yu-yen*, qui ne coula pas immédiatement, mais ne put être longtemps maintenue à flot, malgré les efforts probables de son équipage.

§ 384. **Conclusions.** — En résumé, les torpilles offensives de 20 à 30^{kg} de poudre noire seulement, employées par les Américains dans plusieurs circonstances, paraissent avoir été insuffisantes pour frapper d'un coup mortel des bâtiments de type déjà anciens, dépourvus par conséquent de cloisons étanches.

Les torpilles de 40 à 50^{kg} de poudre noire, — charge équivalente, comme puissance explosive, à 8 ou 10^{kg} de fulmicoton, — se sont au contraire montrées capables d'amener ce résultat. Mais des charges, même beaucoup plus fortes, n'ont pas toujours fait sombrer ou mis sur-le-champ hors de combat des navires de construction plus récente, divisés en un certain nombre de compartiments étanches.

§ 385. **Influence du mode d'emploi sur l'efficacité des torpilles offensives.** — Examinons maintenant les résultats qu'ont donnés les torpilles offensives, suivant le mode de leur emploi.

Jusqu'à présent, ces engins ont été mis en usage sous trois formes principales distinctes : torpilles portées, remorquées ou divergentes, et automobiles.

§ 386. **Torpilles portées des Confédérés et des Fédéraux; les « Davids ».** — Occupons-nous d'abord des torpilles portées.

Pendant la guerre de sécession, les Confédérés se sont servis de petits canots porte-torpille spéciaux, en forme de cigare, appelés « Davids », et filant de six à sept nœuds. C'est avec des embarcations de cette espèce qu'ils dirigèrent contre l'*Ironsides* et le *Minnesota* leurs attaques, dont nous avons vu les effets.

Ce furent également des « Davids » porte-torpille qui tentèrent vainement d'atteindre les frégates en bois *Memphis* et *Wabash*.

Tous ces bâtiments étaient au mouillage quand ils furent attaqués. Les deux derniers purent filer leur chaîne en temps utile, pour déjouer les projets des torpilleurs confédérés.

Quant aux « Davids » manœuvrant isolément dans les quatre affaires dont nous venons de parler, ils purent se retirer sans avoir éprouvé de dommages sérieux, soit du fait de l'explosion, soit du fait des projectiles fédéraux.

§ 387. **Canot-torpilleur sous-marin des Confédérés.** — L'embarcation dont la torpille coula le *Housatonic* était d'un autre genre : elle pouvait s'immerger à volonté et devait remorquer une torpille qui aurait fait explosion au moment du passage du canot sous la quille d'un navire ennemi.

Est-ce à une manœuvre semblable que fut due la perte du *Housatonic*, ou bien le canot confédéré fit-il usage d'une torpille portée? Un fait certain, c'est qu'il disparut avec le *Housatonic*, accident qui ne surprendra personne quand l'on saura que, dans de simples essais, ce même canot sous-marin avait sombré trois fois.

§ 388. **Chaloupe porte-torpille fédérale.** — La torpille qui fit couler l'*Albemarle* était portée au bout d'une hampe disposée à l'avant d'une chaloupe à vapeur ordinaire.

Celle-ci réussit à franchir en partie une estacade volante établie autour du bélier confédéré, et à porter sa torpille presque sous la hanche de l'ennemi, à courte distance de sa carène. La chaloupe fédérale, dépourvue de teugue, fut remplie par l'énorme masse d'eau que souleva l'explosion; et son équipage dut l'abandonner.

§ 389. **Chaloupes porte-torpille des Russes.** — Lors de l'expédition qui aboutit à la destruction du *Seïfi*, mouillé dans le Danube près de deux autres navires turcs, les Russes employèrent quatre chaloupes à vapeur, chacune armée d'une torpille portée à son avant. Deux de ces engins, paraît-il, étaient disposés en vue de l'inflammation électrique par le choc ; les deux autres pour l'inflammation à volonté.

Nous avons vu que deux chaloupes seulement firent usage de leurs torpilles contre le *Seïfi*, successivement et avec un intervalle de douze minutes. Elles éprouvèrent quelques avaries, mais sans perte d'hommes, et purent se retirer avec les autres embarcations, qui, gardées en réserve, n'essayèrent rien contre les navires turcs.

§ 390. **Bateaux-torpilleurs rapides des Russes.** — Dans les expéditions tentées sur divers points du littoral de la mer Noire par les torpilleurs russes, ceux-ci firent usage de canots spéciaux et rapides, que portait ou remorquait, généralement jusqu'à six milles du lieu d'attaque, le navire à vapeur *Constantin*, disposé à cet effet.

§ 391. **Insuccès des torpilles portées à Batoum et à Sulina.** — Le 12 mai 1877, les quatre canots rapides de ce bâtiment, dont trois étaient disposés en porte-torpille, se présentaient en rade de Batoum ; mais ces derniers, aperçus de bonne heure par les bâtiments turcs qui ouvrirent un feu nourri, se retirèrent sans rien tenter.

Le 11 juin, six bateaux russes se dirigèrent vers trois cuirassés et un aviso turcs mouillés à Sulina ; mais deux d'entre eux, armés d'une torpille portée à l'avant, attaquèrent seuls sérieusement, et parvinrent jusqu'à 100^m de l'ennemi sans avoir été aperçus.

Les navires turcs étaient-ils entourés, à une certaine distance, de barrages en filin, comme l'affirment les Russes, ou n'étaient-ils protégés au contraire par aucune défense extérieure, comme le prétendent certains récits de source turque ? Ce qui paraît certain, c'est que les deux torpilles portées firent explosion par suite d'un choc imprévu, avant de toucher la carène ennemie contre laquelle on les dirigeait. L'un des bateaux russes, dont le

tir des Turcs avait avarié la machine, fut coulé par son propre équipage.

§ 392. **Insuccès des bateaux porte-torpille chiliens.**

— Pendant la guerre chilo-péruvienne, un bateau rapide armé de deux torpilles portées, — sur hampes transversales très probablement, — tenta une attaque contre la corvette péruvienne *Union*, mouillée au Callao. Mais l'une de ses torpilles fut désarmée par la rencontre accidentelle d'un objet flottant; l'autre fit explosion contre l'estacade volante qui entourait l'*Union*. Le bateau chilien put d'ailleurs se retirer sans avaries ni pertes.

Signalons encore les résultats d'une rencontre, devant le port du Callao, entre deux bateaux porte-torpille chiliens et quelques chaloupes péruviennes armées de mitrailleuses, et, paraît-il, de « torpilles à main ».

L'un des bateaux chiliens parvint à faire éclater sa torpille portée contre la coque de l'une des chaloupes ennemies, à bord de laquelle 8 hommes furent tués; mais, ce qui nous semble étrange, c'est que la chaloupe elle-même ne coula qu'au bout d'un quart d'heure. Au contraire, une torpille de 50^{kg}, chargée de poudre dont nous ignorons la nature, et jetée sur le pont du bateau chilien au moment de l'abordage, éclata et fit couler ce dernier en moins de 5 minutes.

§ 393. **Succès de nos canots porte-torpille à Sheipoo.** — Enfin, à Sheipoo, dans la nuit du 14 au 15 février 1885, les deux canots à vapeur partis du *Bayard*, canots vieux, usés, de marche très médiocre, arrivèrent, sans être aperçus, jusqu'à 200 ou 300^m de la frégate chinoise le *Yu-yen*.

L'ennemi était sur ses gardes, quelque peu distrait, cependant, par les fêtes du premier jour de l'an chinois; il possédait quelques canons-revolvers Nordenfeldt, mais n'avait ni canots de garde, ni aucune autre protection extérieure.

§ 394. **Attaques de jour par torpilles portées; insuccès des Russes sur le Danube.** — Toutes les attaques par torpilles portées que nous avons mentionnées jusqu'à présent ont eu lieu la nuit. Trois autres ont été exécutées en plein jour.

Lors de la première, tentée le 20 juin 1877, un canot porte-tor-

pille russe se jeta sur un monitor turc « en marche » dans le Danube, et parvint, semble-t-il, à l'atteindre ; mais l'explosion ne se produisit pas, les fils conducteurs de la torpille ayant été, au dire des Russes, coupés par des balles.

Trois jours après, également dans le Danube, deux bateaux porte-torpille russes essayèrent encore de frapper un monitor « en marche » ; ils durent se retirer sans avoir pu y parvenir.

Dans ces deux affaires, les embarcations assaillantes éprouvèrent des avaries et des pertes sérieuses.

§ 395. **Succès de nos bateaux rapides porte-torpille à Fou-tcheou.** — Il nous reste à dire quelques mots de l'attaque exécutée, en plein jour également, le 23 août 1884, par deux de nos bateaux porte-torpille contre les navires chinois mouillés dans la rivière Min.

L'on sait dans quelles circonstances ce fait mémorable s'est produit. Avant l'attaque, les bateaux-torpilleurs n^{os} 45 et 46 se trouvaient l'un à 500^m, l'autre à 300^m des navires chinois respectivement désignés comme objectifs à chacun d'eux. Au signal convenu, ils se lancent avec une vitesse modérée, et atteignent l'ennemi en moins de deux minutes, avant que celui-ci ait pu tirer un seul coup de canon. C'est alors seulement que les Chinois, qui n'ont d'ailleurs ni canons-revolvers, ni mitrailleuses, commencent une vive fusillade contre nos torpilleurs.

La torpille portée du n^o 46, dont la manœuvre a été exécutée avec une précision mathématique, fait explosion sous la partie centrale du croiseur *Yang-ou*. Le bateau se dégage rapidement ; mais il reçoit presque aussitôt un boulet de petit calibre ou un biscaïen qui pénètre dans sa chaudière, et la met hors de service. Entraîné par le courant, perdu au milieu de la fumée qui couvre le champ de bataille, le n^o 46 se trouve bientôt à l'abri du feu des Chinois, n'ayant perdu qu'un seul homme tué par une balle sur son pont.

Moins heureux dans son attaque, le n^o 45, que dresse un fort courant, n'a pu frapper que l'arrière du transport-aviso chinois *Fou-po*. Complètement faussée par l'explosion, sa hampe reste engagée dans l'hélice ou le gouvernail du navire ennemi. Ainsi tenu, le n^o 45 reçoit presque à bout portant la fusillade du *Fou-po*, dont l'équipage jette aussi sur son pont des obus et

probablement des grenades ; ces projectiles, heureusement, ne font pas explosion. Mais au moment même où le n° 45 réussit enfin à se dégager, son capitaine et un homme de son équipage sont blessés par des balles.

Ainsi, très brillants succès pour nos torpilleurs, et cela en plein jour, mais, à part cette circonstance, dans des conditions « exceptionnellement » favorables qui ne permettent d'en tirer, pour l'avenir, aucune conclusion nettement désavantageuse en ce qui concerne la défense : absence complète de petites pièces à tir rapide chez l'ennemi ; pas un coup de feu durant le parcours offensif des torpilleurs ; les navires attaqués immobiles ou à peu près ; retraite couverte par la fumée et par les canons de leur escadre, favorisée, en outre, par un courant rapide et opportun.

§ 396. **Discussion des attaques faites à l'aide de torpilles portées.** — En résumé, sur quatorze ou quinze attaques faites à l'aide de torpilles portées, nous voyons que six ou sept ont réussi complètement ou partiellement ; car l'insuccès relatif des tentatives dirigées contre l'*Ironsides* et le *Minnesota* ne peut être attribué qu'à une insuffisance notoire de la charge ou de l'immersion de la torpille. Et, fait bien remarquable, aucun bateau porte-torpille n'a été, jusqu'à ce jour, détruit par le feu de l'ennemi.

Généralement très défectueuses et très incomplètes l'une et l'autre, lors de ces diverses rencontres, l'attaque et la défense s'y trouvèrent néanmoins, presque toujours, dans des conditions relatives voisines de l'égalité. Si l'attaque ne disposa que d'un nombre beaucoup trop restreint de canots mal protégés, n'ayant souvent qu'une faible vitesse ; si, dans la majeure partie des actions livrées par eux, les torpilleurs russes ne surent pas compenser ces causes de faiblesse par la simultanéité de leurs mouvements, — première condition de succès dans une circonstance semblable — ; si les torpilles employées furent plus d'une fois inefficaces par suite d'un mode d'emploi vicieux ou d'une insuffisance de charge ; si tant de garanties, en un mot, manquèrent à l'attaque, la défense, d'autre part, n'eut généralement à sa disposition ni cloisons étanches multipliées, ni lumière électrique, ni canons-revolvers ; et l'absence de ces dernières armes sur les

navires américains, turcs et chinois, suffit pour expliquer l'impunité presque entière dont purent jouir les bateaux-torpilleurs de la partie adverse dans leurs attaques de nuit.

Où cette impunité, bien que moins complète, peut cependant sembler étrange, c'est dans les attaques dirigées, en plein jour, par les Russes contre deux monitors turcs et par nos torpilleurs contre deux navires chinois. Mais il ne faut se faire aucune illusion à cet égard. D'aussi audacieuses tentatives, admissibles contre des ennemis inexpérimentés, mauvais pointeurs, dépourvus de petites pièces à tir rapide, seraient extrêmement dangereuses, pour ne pas dire impossibles, en présence des navires bien armés et des adroits pointeurs que possèdent aujourd'hui presque toutes les puissances européennes.

§ 397. **Inefficacité des torpilles divergentes employées par les Russes.** — Les torpilles remorquées, divergentes ou autres, n'ont figuré dans aucun combat entre bâtiments; et les Russes seuls ont tenté d'en faire usage dans leurs embarcations.

A Batoum, le 13 mai 1877, une embarcation armée de cette manière précédait les trois canots munis de torpilles portées. L'officier qui la commandait affirme, dans son rapport, qu'il parvint à frapper un cuirassé turc de sa torpille divergente; celle-ci néanmoins ne fit pas explosion, sans doute par suite d'une dénucléation de sa remorque.

A l'affaire de Sulina, le 11 juin 1877, ce même officier conduisait encore la même embarcation armée d'une manière identique. Cette fois, la remorque de la torpille s'engagea dans l'hélice du canot, et l'attaque fut encore manquée.

Enfin, le 24 août 1877, à Soukkoum-Kalé, quatre canots armés de torpilles remorquées d'un système particulier dit « à ailes », attaquèrent le cuirassé turc *Athar-Chefket*. Les Russes ont prétendu que trois de leurs torpilles éclatèrent contre la muraille du navire ennemi. Le capitaine de celui-ci affirme, au contraire, qu'une seule torpille fit explosion, et pas au contact de son bâtiment. Son opinion semble pleinement confirmée par ce fait que l'*Athar-Chefket*, après avoir passé moins de quinze jours à Constantinople, reprit la mer pour une nouvelle campagne. Ses avaries ne pouvaient donc être que très légères.

L'insuccès complet de ces trois attaques faites par des canots rapides et dans d'assez bonnes conditions, est, on peut le dire, la condamnation « pratique » de l'emploi, avec les embarcations, d'un système quelconque de torpilles divergentes.

§ 398. **Torpilles automobiles.** — Il nous reste à dire quelques mots des torpilles automobiles.

Dans les combats entre navires d'une certaine dimension, il n'existe qu'un seul exemple de l'emploi d'un engin de cette espèce au moyen d'un tube placé au-dessus de l'eau. Le 29 mai 1877, le croiseur anglais *Shah* lança, en effet, une torpille Whitehead contre le *Huascar*; mais cette torpille d'un modèle très ancien, filant au plus 10 nœuds, lancée d'ailleurs, semble-t-il, dans un moment peu opportun, n'atteignit pas, ne pouvait même pas atteindre le but.

Dans la nuit du 27 au 28 décembre 1877, deux des canots rapides du vapeur russe *Constantin* pénètrent en rade de Batoum, où sont mouillés plusieurs navires turcs. Chacun d'eux possède une torpille Whitehead : l'un porte son tube de lancement sous sa propre quille, l'autre a disposé le sien sur un radeau qu'il remorque. Parvenus à 60^m seulement, — disent les Russes qui peuvent avoir mal apprécié cette distance, — d'un cuirassé ennemi sans avoir été découverts, les canots lancent simultanément leurs torpilles. Mais celles-ci manquent toutes deux le but : l'une rencontre une chaîne, et fait explosion; l'autre va s'échouer au rivage.

§ 399. **Destruction d'un navire turc par une torpille Whitehead.** — Un mois plus tard, sur cette même rade de Batoum, les deux mêmes canots russes sont plus heureux dans une seconde attaque de nuit. Parvenus à 100^m environ d'un vapeur de la douane turque, chacun d'eux lance simultanément sa torpille Whitehead. Cette fois les deux engins atteignent le bâtiment visé, qui coule presque aussitôt.

Ajoutons que, dans les deux affaires que nous venons de mentionner, les canots russes paraissent n'avoir éprouvé ni avaries, ni pertes.

Nous avons rappelé que, pendant la guerre chilo-péruvienne, la *Covadonga* fut coulée par l'explosion d'une très forte charge de dynamite placée au fond d'une embarcation imprudemment

accostée le long de ses flancs. Détail étrange ! Après l'occupation de Lima, les Chiliens ont trouvé parmi les archives de leurs ennemis une dépêche dans laquelle un officier péruvien se vante d'avoir coulé la *Covadonga* à l'aide d'une torpille Lay.

Un fait beaucoup moins douteux, c'est qu'une torpille de même espèce fut dirigée contre le cuirassé chilien *Blanco* pendant que ce navire était employé au blocus du Callao, le manqua et fit explosion contre une roche.

Ainsi, sur trois tentatives dirigées par des embarcations contre des bâtiments au moyen de torpilles automobiles, une seule a réussi. Remarquons, de plus, que les navires attaqués étaient au mouillage.

Les réflexions que nous avons déjà faites au sujet des conditions relatives de l'attaque et de la défense dans les diverses affaires où les torpilles portées ont été employées, s'appliquent d'ailleurs également aux derniers faits que nous venons de mentionner.

§ 400. **Résultats d'expériences.** — Jusqu'à présent nous n'avons étudié les effets de la torpille que dans les événements de guerre où cette arme a joué un rôle. Mais, depuis lors, des expériences d'une telle importance ont eu lieu en ce qui concerne la puissance destructive et l'utilisation de la torpille automobile, qu'il nous paraît indispensable d'en dire quelques mots.

Tout d'abord, de certains essais d'explosions de torpilles produites contre des carènes, il semble résulter : 1° que si, au contact, les effets de ces explosions présentent toujours un très grand danger pour le navire, on peut arriver cependant par la multiplicité des compartiments de sa coque, ou par des matelas de matières encombrantes et obturantes, à la préserver d'une destruction complète ou même d'une mise hors de combat immédiate ; 2° que des filets métalliques convenablement disposés peuvent arrêter les torpilles automobiles actuellement en usage, à une distance assez grande de la carène pour que leur explosion ne produise que des effets presque nuls ou très limités.

En outre, des manœuvres navales exécutées déjà dans diverses marines et qui se continuent encore aujourd'hui, semblent se dégager avec plus ou moins de netteté les enseignements que voici :

1° Les *bateaux-torpilleurs*, — nous entendons par là des embarcations dont la capacité ne dépasse pas 50 ou 60 tonneaux, — les *bateaux-torpilleurs* sont incapables de tenir la mer dans de bonnes conditions, pendant un certain temps, et, par conséquent, de combattre loin de terre.

2° Le jour, sauf dans certains cas spéciaux, des *bateaux-torpilleurs* ne peuvent agir, même près de terre, avec quelques chances de succès toujours bien faibles, que s'ils sont eux-mêmes escortés et couverts par de forts navires de guerre. La nuit ils peuvent agir seuls; mais, ici encore, la protection des navires leur est souvent très utile.

3° Toute escadre de grands navires qui opère dans le voisinage d'une côte où se trouvent des *bateaux-torpilleurs* ennemis, doit être parfaitement éclairée par des petits navires très rapides, et couverte par une escadrille de *contre-torpilleurs* proportionnée à sa propre importance et à celle des forces ennemies.

4° La nuit, pour cette escadre, qu'elle soit au mouillage ou en marche, les surprises par des *bateaux-torpilleurs* sont toujours grandement à craindre, même si elle est bien éclairée, bien gardée et bien préparée à tout événement.

5° Cependant, au mouillage et même en marche, avec des vitesses ne dépassant pas 5 ou 6 nœuds, des filets métalliques peuvent lui offrir une protection efficace contre les torpilles actuellement en usage.

T. II, 7^E P^{IE}. — CHAPITRE IV

INFLUENCE DES NOUVELLES ARMES SUR LA TACTIQUE NAVALE

§ 401. **Examen sommaire de quelques manœuvres de combat.** — L'armement des navires de combat à l'aide d'une artillerie de plus en plus puissante et perfectionnée, l'accroissement parallèle du poids de leur cuirasse, l'emploi du choc comme moyen de combat, enfin l'apparition de la torpille offensive sur les bâtiments et dans les canots, toutes ces causes réunies devaient amener de profonds changements dans la tactique des rencontres navales.

Nous allons donc examiner rapidement les manœuvres les plus remarquables exécutées, depuis une trentaine d'années, dans les combats livrés soit entre bâtiments isolés, soit entre deux escadrilles ou deux véritables escadres.

Occupons-nous d'abord des rencontres entre navires isolés, dont l'un au moins est un cuirassé.

402. **Démonstration par plusieurs exemples des avantages d'un faible tirant d'eau.** — Les combats entre le *Monitor* et la *Virginia*, le 9 mars 1862, entre le *Weehawken* et l'*Atlanta*, le 17 juin 1863, si remarquables à d'autres points de vue, ne présentent aucun intérêt spécial sous le rapport des manœuvres exécutées de part et d'autre. Un fait pourtant est à noter : la prise de l'*Atlanta* et la défaite de la *Virginia* doivent être principalement attribuées à la grandeur de leur tirant d'eau par rapport à celui de leurs adversaires respectifs. Gênés dans leurs manœuvres au milieu de passes étroites et peu profondes, les deux béliers sudistes, ont fini par s'échouer ; et cette circonstance a donné un énorme avantage à l'artillerie fédérale.

Dans le combat du *Huascar* contre le *Shah*, le 29 mai 1877, c'est encore une cause identique qui permet au cuirassé péruvien

de régler à sa volonté la nature et la distance du combat. Son tirant d'eau, en effet, n'est guère que la moitié de celui du grand croiseur en bois britannique. Comme l'action se livre près de terre, il en profite habilement pour se tenir à une distance où l'artillerie du *Shah* ne peut perforer sa cuirasse. A un certain moment, le *Huascar* court cependant sur son adversaire pour l'éperonner; mais il ne poursuit pas sa tentative jusqu'au bout; et, c'est à l'instant où il évolue pour s'éloigner, que le *Shah* lui lance une torpille Whitehead, sans aucun succès, comme nous l'avons dit au § 398.

§ 403. « *Vesta* » et « *Athar-Chefket* » ; utilité du tir plongeant dans les combats de chasse et de retraite. — Le combat du croiseur russe, sans armure, la *Vesta*, contre la corvette cuirassée turque *Athar-Chefket*, le 23 juillet 1877, est à noter comme brillante action de retraite.

La *Vesta* se voit poursuivie par un adversaire dont les forces paraissent écrasantes auprès des siennes, et qui possède, en outre, sur elle, une petite supériorité de vitesse. Grâce pourtant aux trois pièces de 15^{cm}, à tir plongeant, qui arment son arrière, la *Vesta* répond victorieusement à l'unique canon de chasse du cuirassé. Et quand celui-ci veut venir sur un bord pour utiliser les pièces de son réduit, l'agile croiseur déjoue sa manœuvre.

En fin de compte, l'*Athar-Chefket* est obligé de se retirer avec sa pièce de chasse désarmée, sa cheminée perforée à la base, son pont traversé et probablement une chaudière crevée.

§ 404. « *Huascar* » et « *Independencia* » contre « *Esmeralda* » et « *Covadonga* ». — La rencontre entre le *Huascar* et l'*Esmeralda* devant Iquique, le 21 mai 1879, ne présente, au point de vue qui nous occupe, d'autre particularité que les manœuvres faites par le cuirassé pour éperonner son adversaire; déjà, nous avons eu l'occasion de les apprécier.

Mais au même moment et, pour ainsi dire, sur le même champ de bataille, le cuirassé péruvien *Independencia* poursuivait la canonnière en bois chilienne *Covadonga*, et voulait aussi l'éperonner. Sur le point d'être atteinte, celle-ci court sur les bas-fonds de Punta-Gruesa, qu'elle franchit grâce à la faiblesse de son tirant d'eau. Le cuirassé péruvien veut la suivre; mais il s'échoue, et sa perte définitive en est la conséquence.

§ 405. « *Huascar* » et « *Magallanes* »; avantage des 2 hélices. — Le combat du *Huascar* contre le *Magallanes*, le 9 juillet 1879, est surtout remarquable par la facilité avec laquelle la canonnière chilienne, grâce à ses deux hélices, évite les coups d'éperon du cuirassé péruvien, qui ne peut même pas réussir à la toucher.

§ 406. « *Alabama* » et « *Kearsage* »; combat circulaire. — Passons aux rencontres entre bâtiments non cuirassés.

Dans le combat de l'*Alabama* et du *Kearsage*, livré le 19 juin 1864, le premier navire court à la rencontre du second dans l'intention de le choquer, et vient pour cela sur tribord. Par sa promptitude à imiter cette manœuvre, le *Kearsage* déjoue la tentative de son ennemi. Comme d'ailleurs leurs vitesses et leurs courbes d'évolution sont presque identiques, les deux navires continuent la canonnade en parcourant, jusqu'à la fin, la circonférence du même cercle. Dans ces conditions, c'est l'artillerie seule qui décide du résultat de la lutte.

Remarquable exemple du « combat circulaire », qui, suivant toute vraisemblance, sera la forme la plus habituelle des rencontres, au large, entre deux navires isolés possédant des forces et des vitesses à peu près égales, que ces navires soient des cuirassés ou des croiseurs sans armure.

§ 407. « *Meteor* » et « *Bouvet* » (Pl. XVII, tome II, fig. 1). — Dans son combat contre la canonnière allemande *Meteor*, le 10 novembre 1870, notre aviso le *Bouvet*, après avoir habilement dissimulé ses intentions, se jette tout à coup sur son ennemi. Le *Meteor* éprouve de graves avaries, mais sans perdre ses facultés de marche et d'évolution.

Voyant le *Bouvet* prêt à renouveler le choc, le navire allemand manœuvre de manière à déjouer toute nouvelle tentative semblable; et, fatalement, la lutte va tendre à se transformer en un combat circulaire d'artillerie, quand un obus, crevant le surchauffeur de l'aviso français, oblige celui-ci à battre en retraite.

§ 408. Combat d'un seul cuirassé contre une divi-

sion navale. — Quelques mots maintenant au sujet des actions navales dans lesquelles un seul cuirassé s'est trouvé en présence, non plus d'un adversaire également isolé, mais d'un groupe de bâtiments cuirassés ou non.

§ 409. « *Tennessee* » contre une escadre fédérale ; **emploi simultané du choc et de l'artillerie.** — Tel est, par exemple, le combat naval du fort Morgan, livré le 5 août 1864, où le bélier séparatiste *Tennessee* compte pour adversaires 3 monitors et 5 corvettes en bois. Il essaie bien d'éperonner l'une de celles-ci ; mais, entouré de tant d'ennemis, il voit bientôt tous ses mouvements paralysés. Ce sont alors les corvettes fédérales qui, profitant de cette situation, viennent tour à tour frapper le *Tennessee* de leur étrave garnie de fer.

Ayant constaté que ces chocs successifs ne produisent aucun effet sérieux, l'amiral Farragut ordonne à ses corvettes de se jeter simultanément sur le bélier. Mais au moment où va s'exécuter cette manœuvre extrêmement hardie et délicate, aussi dangereuse peut-être pour les assaillants que pour leur adversaire, le *Tennessee* amène son pavillon.

Ce brillant combat avait été précédé d'une manœuvre de l'illustre Farragut, manœuvre trop superbement hardie pour que nous omettions de la rappeler ici. La passe que suivit l'escadre fédérale pour pénétrer dans la baie de Mobile était défendue, non seulement par le fort Morgan et par d'autres ouvrages terrestres, mais encore par une ligne de torpilles vigilantes. Pour la forcer, Farragut rangea ses navires sur deux colonnes : à droite 4 monitors, à gauche 7 corvettes et autant de canonnières, liées deux à deux et bord à bord. Attachée de cette façon à la canonnière le *Metacomet*, la corvette le *Hartford*, qui portait le pavillon de l'amiral, était précédée de quatre autres navires.

Vers sept heures du matin, l'escadre fédérale s'engage entre les forts de la passe. De part et d'autre, la canonnade devient très nourrie. Placé dans la grand'hune de son navire, afin de mieux se rendre compte des divers incidents de la lutte, Farragut transmet ses ordres à l'aide d'un tube acoustique. Tout à coup, il voit le *Tecumseh*, qui marche en tête de la colonne des monitors, soulevé d'abord par un gonflement de l'eau sous sa carène, retomber ensuite, s'enfoncer et disparaître presque instantané-

ment. C'est une des torpilles confédérées qui vient de le foudroyer.

Témoins de ce désastre, les autres monitors, de même que les navires en bois placés en tête de la colonne de gauche, montrent quelque hésitation : un flottement se manifeste dans la ligne de marche. Faisant larguer les amarres qui retiennent sa corvette au *Metacomet*, l'héroïque Farragut lance immédiatement le *Hartford* à toute vitesse, prend la tête de son escadre, qu'entraîne son audace, et qui franchit sans nouvel accident la rangée des torpilles et la passe tout entière !

§ 410. **Combat de Punta-Angamos; importance très grande de la vitesse.** — L'affaire de Punta-Angamos (Pl. XVII, tome II, fig. 2), livrée le 8 octobre 1879, et qui s'est terminée par un combat de chasse entre le *Huascar* et les deux cuirassés chiliens *Cochrane* et *Blanco*, présente des manœuvres préliminaires remarquables; car elles font ressortir toute l'importance de la vitesse en pareille circonstance.

Soupçonnant la présence du *Huascar* et du croiseur en bois *Union* près d'Antofagasta, le chef de l'escadre chilienne a partagé ses navires en deux divisions : la première formée des meilleurs marcheurs, — cuirassé *Cochrane* et deux bâtiments en bois —, croisera à une quarantaine de milles au nord d'Antofagasta; tandis que l'autre, composée des moins bons marcheurs, — cuirassé *Blanco* et deux bâtiments en bois également —, longera la côte vers le sud pour découvrir l'ennemi. Au jour, en effet, le *Blanco* aperçoit le *Huascar* et l'*Union*, qui, tous deux, marchent mieux que lui. Ils en profitent, après avoir couru au sud-ouest, pour se diriger vers le nord, à distance assez courte de la terre. Très sagement d'ailleurs, le *Blanco* n'essaie pas de couper la route au *Huascar*, et se contente de le suivre le plus vite possible.

Apercevant bientôt devant eux et un peu vers le large la division chilienne du nord; constatant, d'autre part, que le *Blanco* se trouve maintenant à 5 ou 6 milles derrière eux, le *Huascar* et l'*Union* gouvernent au sud-ouest, pour tenter le passage entre les deux groupes de leurs ennemis. L'*Union* y réussit, grâce à sa belle marche; mais le *Huascar*, atteint par le *Cochrane*, est obligé de revenir vers l'est et le nord-est, ayant à sa poursuite un ennemi dont la vitesse est supérieure à la sienne. On connaît le résultat de l'action qui suivit.

A ce sujet, qu'il nous soit permis de rendre hommage aux éminentes qualités qui distinguaient le chef du *Huascar*, le contre-amiral Grau. Déjouant les poursuites des cuirassés chiliens, cet habile officier avait déployé pendant quelques mois une activité extraordinaire : il avait fait des prises, canonné nombre de batteries, jeté l'alarme dans plusieurs villes maritimes, en résumé, grandement gêné l'action des forces navales de l'ennemi. A Punta-Angamos, Grau fit tout ce qu'il était humainement possible d'accomplir pour échapper à ses deux puissants adversaires. Enfin, obligé d'accepter le combat dans des conditions d'écrasante infériorité, il n'eut pas un moment de faiblesse, pas un moment d'hésitation. La lutte durait depuis trente-cinq minutes quand il fut coupé en deux par un obus. Mais telle était l'ardeur patriotique qu'il avait su communiquer aux braves gens placés sous ses ordres, que le *Huascar* ne se rendit qu'une heure plus tard, absolument délabré et privé de tous ses officiers morts ou blessés, à l'exception d'un seul ! La résistance de ce petit cuirassé est certainement l'un des plus beaux faits d'armes des annales maritimes de notre époque.

§ 411. **Rencontres entre escadrilles; combats navals de la Nouvelle-Orléans et de Memphis.** — Arrivons aux manœuvres exécutées dans des rencontres entre flottilles ou escadrilles.

Le 24 avril 1862, en aval de la Nouvelle-Orléans, l'amiral Farragut, après avoir forcé le passage défendu par les ouvrages de Jackson et de Saint-Philippe, se trouve avec cinq corvettes et neuf canonnières, tous bâtiments sans armure, en présence du bélier cuirassé *Manassas* et de dix autres navires sudistes, la plupart armés d'un éperon et faiblement protégés à l'aide de plaques de tôle ou de balles de coton. Aucun mouvement tactique, aucune manœuvre d'ensemble ne précède l'engagement ; car, d'une part, le champ de bataille est restreint ; de l'autre, le passage sous les forts, au travers d'une estacade, a rompu l'ordre des navires fédéraux, et les navires sudistes dispersés, surpris, courent au plus pressé.

Donc, dès le début, la bataille est une mêlée, série de combats singuliers ou entre petits groupes de bâtiments, dans lesquels le choc, avec plus ou moins de succès, joue un rôle im-

portant. Exemple frappant de ce que doit être presque fatalement, dans des passes étroites, des entrées de fleuves ou des baies de peu d'étendue, une lutte entre deux flottilles chargées l'une de l'attaque, l'autre de la défense.

Mêmes épisodes, produits par des circonstances identiques, le 6 juin 1862, au combat naval de Memphis, où le choc paraît jouer un rôle prépondérant entre bâtiments presque tous armés d'ailleurs en vue de ce mode de lutte.

§ 412. **Combat naval du Riachuelo.** — A l'affaire du Riachuelo, le 11 juin 1865, le champ de bataille est encore plus restreint; mais les circonstances dans lesquelles s'engage l'action sont quelque peu différentes.

La flottille attaquée est au mouillage sur une seule ligne et sous des falaises garnies d'artillerie et d'infanterie; la flottille assaillante descend le Parana en ligne de file. L'engagement commence donc par un simple échange de boulets. Tout à coup, trois navires paraguayens appareillent, descendent le fleuve; puis, décrivant une courbe, ils le remontent à toute vapeur pour aborder une canonnière brésilienne, qui s'est portée au secours d'une corvette de sa nation échouée sous les batteries de la falaise.

Cette manœuvre hardie va être couronnée de succès, quand deux navires brésiliens, l'exécutant à leur tour, se jettent dans la mêlée, et, bien que nullement armés pour le choc, frappent de leurs étraves les bâtiments ennemis. Très beau mouvement qui décide du résultat de la lutte.

§ 413. **Efficacité de l'attaque par le choc sur un espace de mer restreint.** — Dans les trois actions mentionnées en dernier lieu, la disposition des localités d'une part, la nature même des éléments composant les flottilles adverses de l'autre, ont grandement influé sur les manœuvres des navires et sur le genre de lutte adopté par eux.

Au large de toute côte et entre bâtiments de haute mer, les choses doivent nécessairement se passer d'une manière différente. L'affaire d'Helgoland (9 mai 1864), dont nous ne croyons pas utile de rappeler les détails bien connus, en est un exemple.

§ 414. **Combat naval de Fou-Tcheou.** — Il peut même arriver que, dans des circonstances se rapprochant de celles qui

ont accompagné les combats de la Nouvelle-Orléans, de Memphis et du Riachuelo, l'artillerie seule décide du résultat de la lutte.

Semblable fait se passe à Fou-Tcheou le 23 août 1884. Les causes, d'ailleurs, en sont claires et multiples. Nos bâtiments possèdent une telle supériorité d'artillerie sur les navires chinois, en tant que rapidité et justesse du pointage, qu'ils ont tout intérêt, — abstraction faite de l'action des torpilleurs, — à n'employer que cette seule arme. De plus, leur tirant d'eau est considérable ; et ils s'exposeraient à un échouage en manœuvrant dans le but de choquer l'ennemi. Enfin, le faible échantillon de ses propres navires, le peu d'habitude qu'il a de leurs évolutions et les effets foudroyants de nos premières bordées, interdisent également à ce même ennemi toute tentative de choc.

§ 415. **Bataille navale de Lissa** (Pl. XVII, tome II, fig. 3). — Arrivons à la bataille de Lissa (20 juillet 1866), la seule action purement navale qui, depuis l'emploi des nouvelles armes dont nous venons d'étudier les effets, soit vraiment digne de cette qualification. Avant d'apprécier les mouvements tactiques qui en ont accompagné la première phase, il importe de bien établir quel était le but poursuivi par les adversaires en présence, et quelle était la nature des éléments dont ils disposaient pour l'action.

Depuis trois jours, la flotte italienne attaquait l'île de Lissa, dont elle voulait s'emparer. Son objectif, au moment de l'apparition des navires autrichiens, devait être, par conséquent, de les contraindre à s'éloigner, pour reprendre ensuite les opérations contre cette île. Le but de la flotte autrichienne était manifestement d'obliger les italiens à lever le siège qu'ils avaient entrepris.

Chacune des deux armées navales comprenait une escadre cuirassée et un nombre considérable de navires sans armure. Ces derniers, du côté des italiens, étaient engagés, quand parut l'ennemi, dans une délicate opération de descente ; du côté des autrichiens, ils formaient une masse unique et compacte avec les cuirassés.

§ 416. **Ordre d'attaque de l'escadre autrichienne.** — Étant donnée cette situation, examinons l'ordre d'attaque adopté par l'amiral Tegethoff.

Sa flotte est disposée en « angle de chasse triple, » les cuirassés formant les côtés de l'angle extérieur ; les plus gros navi-

res en bois, ceux de l'angle intermédiaire; les plus petits, ceux de l'angle intérieur.

Critiquable sans doute dans d'autres circonstances, cet ordre est admirablement combiné pour la situation présente. Non seulement chaque cuirassé protège ainsi son matelot d'avant contre les coups d'éperon; mais tous les navires de l'angle extérieur couvrent les bâtiments en bois, et contre les éperons, et contre les boulets de l'ennemi. Tous, également, sont dans une très bonne position, en obliquant au moment opportun vers l'extérieur de l'angle, pour user de la manœuvre du choc contre les italiens.

§ 417. **Ordre de combat de l'escadre italienne.** — L'amiral Persano, au contraire, n'a que ses cuirassés sous la main. Il n'a pas à s'inquiéter de la protection immédiate de ses navires en bois. La ligne de front est donc l'ordre de bataille que lui indiquent tout naturellement les circonstances.

Par suite de quelle aberration de jugement adopte-t-il la ligne de file? On ne peut le comprendre; car, si l'amiral italien ne possède pas les qualités qui distinguent un vrai chef d'armée, on ne peut lui refuser l'expérience nautique et l'instruction.

§ 418. **Manœuvres des deux escadres.** — Au moment de l'attaque, les cuirassés autrichiens se trouvent donc dans des conditions exceptionnellement favorables pour la manœuvre du choc, qui est leur mode d'attaque tout indiqué. Aussi l'habile Tegethoff leur adresse-t-il ce signal caractéristique: « Courir sus à l'ennemi et le couler! »

Mais les cuirassés autrichiens perdent le bénéfice de leur excellente situation par une faute: celle de répondre au feu de leurs adversaires. Dès lors entourés d'une épaisse fumée, ils ne conservent plus ni leurs distances, ni la vue de l'ennemi, gouvernent un peu au hasard, et cessent de protéger efficacement les navires en bois de leur propre flotte. Tous passent dans un ou deux des créneaux de la ligne italienne, très allongée, et sans rien trouver devant leurs éperons.

Le contre-amiral Vacca, qui conduit les trois cuirassés de tête des italiens, profite habilement de la faute des autrichiens: il vient en grand sur bâbord, et menace les navires en bois de Tegethoff. Mais, lui aussi, s'entoure de fumée; et, par suite, ses bâtiments ne peuvent éperonner aucun ennemi.

C'est alors que l'amiral autrichien, par un très beau mouvement d'évolution cap pour cap, ramène ses cuirassés au centre de l'action, qui, dès lors et « fatalement », n'est plus qu'une mêlée.

Les navires en bois de Tegethoff profitent de cette confusion pour franchir sans encombre les derniers créneaux de la ligne italienne. On sait le reste : le choc qui fait couler en trois minutes le *Re-d'Italia*, l'incendie qui fait sauter le *Palestro*.

Un seul point encore à noter : menacé par l'éperon du cuirassé *Re-di-Portogallo*, le vaisseau en bois *Kaiser* ne craint pas d'essayer de rendre choc pour choc. Il y perd une partie de sa mâture, se voit sur le point d'être dévoré par l'incendie ; mais finalement il doit son salut à cette brillante manœuvre.

§ 419. **Victoire des autrichiens.** — Les mouvements des deux flottes, après leur sortie de la mêlée, ne présentent aucun intérêt sérieux. Tegethoff a pleinement réussi.

Placé maintenant entre l'île de Lissa et les Italiens, il couvre la première contre toute nouvelle tentative, trouve dans ses batteries un appui pour sa propre flotte, et, dans le petit port de San-Giorgio, un abri pour ceux de ses navires qui sont désarmés.

Bientôt après la flotte italienne bat en retraite ; et c'est peut-être pour elle le parti le plus sage.

Dans cette mémorable bataille de Lissa, deux manœuvres attirèrent spécialement notre attention : l'attaque en masse par le choc, ordonnée par Tegethoff à tous ses cuirassés ; l'évolution cap pour cap et tout à la fois, prescrite par lui à ces mêmes cuirassés, après qu'ils furent passés de l'autre côté de la ligne ennemie.

La première de ces manœuvres dénotait, de la part de l'amiral autrichien, autant de hardiesse raisonnée que de confiance dans un mode d'attaque encore fort discuté à cette époque ; la seconde fut une magnifique inspiration, qui permit de réparer un premier insuccès dû en partie à la trop grande ardeur des capitaines autrichiens, et de couvrir de la manière la plus heureuse les navires en bois de la flotte impériale, navires que menaçaient sérieusement les cuirassés italiens. L'une et l'autre montrent que Tegethoff était non seulement un chef intrépide et entraînant, mais encore un tacticien de haute valeur.

T^{ME} II, 7^E P^{IE}. — CHAPITRE VÉTAT PRÉSENT ET MODIFICATIONS PROCHAINES DU MATÉRIEL NAVAL

§ 420. **Navires de guerre actuels.** — Si l'on jette un coup d'œil sur le matériel flottant des marines européennes, on voit que les éléments qui le composent peuvent se diviser en deux grandes catégories : 1^o monitors, béliers, garde-côtes, canonnières cuirassées ou non, bateaux-torpilleurs de toute espèce, formant ce que nous appellerons la « flotte côtière » ; 2^o cuirassés d'escadre ou de croisière, à réduit ou à tourelles, navires-torpilleurs, croiseurs, avisos sans cuirasse de tout type et de toute classe, constituant la « flotte de haute mer. »

Chez certaines puissances maritimes, la Russie, la Hollande, la Suède et la Norvège, l'idée prédominante, dès l'apparition des navires cuirassés, a été de créer avant tout une flotte défensive, une flotte côtière par conséquent. Dans d'autres pays au contraire, en Angleterre, en Italie, l'argent disponible pour le matériel flottant a été, vers la même époque, consacré presque tout entier à la construction et à l'entretien de grands cuirassés de haute mer et de croiseurs destinés aux longues navigations.

Mais l'importance chaque jour plus grande que prirent ensuite les bateaux-torpilleurs, apporta nécessairement des changements progressifs dans les vues des gouvernements. Il est peu de pays maritimes, en effet, où l'on n'ait pas créé aujourd'hui une flottille plus ou moins nombreuse de ces rapides et redoutables embarcations.

Nous allons dire succinctement dans quelles conditions se trouvent, au point de vue des qualités militaires, les divers types de bâtiments qui entrent dans la composition des marines européennes. Commençons par les navires de la flotte côtière.

§ 421. **Navires de flotte côtière.** — Les monitors que l'on remarque principalement dans les flottes de la Russie, de la Hollande, de la Suède et de la Norwège, appartiennent presque tous à des types déjà vieillis. Beaucoup d'entre eux ont encore des pièces lisses. Leurs cuirasses, dont l'épaisseur varie de 11 à 23^{cm}, sont insuffisantes. Seuls, les monitors de la Suède et de la Norwège ont une armure qui présente, dans certaines de ses parties, une épaisseur de 33 ou même de 38^{cm}. La vitesse de tous ces monitors varie généralement de six à huit nœuds; elle est suffisante pour la mission qu'ils sont appelés à remplir. Leur tirant d'eau est faible, de 3 à 4^m; et c'est là une qualité précieuse dans des parages semés de bas-fonds, comme les côtes de Hollande par exemple.

La plupart des garde-côtes ou béliers cuirassés appartiennent à des types plus nouveaux. Pourvus d'une cuirasse épaisse et de canons rayés de gros calibre, doués d'une bonne vitesse, ils sont destinés à combattre soit par l'artillerie, soit par le choc. Mais, pour atteindre ce double but, on a dû sacrifier une partie de leurs qualités nautiques et leur donner un tirant d'eau qui atteint parfois 6^m, chiffre déjà bien élevé pour un navire de flotte côtière.

Les canonnières et les chaloupes-canonnières non cuirassées sont nombreuses dans plusieurs marines; mais elles appartiennent presque toutes à des types vieillis, qui ne correspondent plus aux progrès rapides de l'art de la guerre et de la science navale.

Les canonnières cuirassées ne figurent que dans la marine allemande et, depuis peu, dans la nôtre. C'est un type de bâtiment dont l'utilisation ne semble pas encore bien définie.

Quant aux bateaux-torpilleurs, ils constituent, dès aujourd'hui, le plus important peut-être des éléments de toute flotte côtière. Ces bateaux, on le sait, sont de deux espèces : porte-torpille et lance-torpille. Malgré les succès assez nombreux que déjà l'on compte à l'avoir de la première, celle-ci semble actuellement céder presque partout la place à la seconde.

Animés d'une vitesse de seize à vingt-trois nœuds, les bateaux-torpilleurs ont leur personnel et leurs organes vitaux protégés contre les balles des fusils, mais non contre les projectiles des pièces à tir rapide et des canons-revolvers. Dans ces conditions il est évident que leur grande vitesse et leur exigüité constituent, à elles seules, leurs principaux moyens de défense.

§ 422. **Navires de flotte de haute mer.** — Passons aux bâtiments de la flotte de haute mer.

Si une bonne partie des cuirassés d'escadre, encore comptés sur les listes officielles des diverses marines, ont des armures épaisses de 11 à 30^{cm} seulement, et, comme telles, jugées insuffisantes aujourd'hui, les plus nouveaux de ces bâtiments portent des plaques dont l'épaisseur varie de 30 à 60^{cm}.

Par suite de l'énorme poids de cette masse de fer, on a été conduit à ne protéger que les parties vitales du navire : la flottaison et le réduit central ou les tourelles. Bien plus, on a imaginé les *systèmes cellulaires*, soit vides, soit remplis, sous le nom de *cofferdams*, de matières spongieuses et *foisonnant* par l'eau, notamment de fibres de noix de cocos pulvérisées, suivant les indications de l'amiral Pallu, le tout destiné à protéger les coques des bâtiments contre la submersion. On a pu ainsi tenter, dans la construction de quelques grands navires cuirassés, la suppression partielle des plaques de ceinture auparavant regardées comme indispensables à la sécurité des œuvres vives. Mais, en présence de l'emploi, par l'artillerie, de projectiles chargés d'explosifs puissants, notamment de mélinite, cette ceinture va redevenir, pour tout vrai bâtiment de combat, une protection de première nécessité. Bien plus, pour obliger ces projectiles à éclater hors du bâtiment, et éviter les terribles dégâts de leur explosion à l'intérieur, on en revient à revêtir les œuvres mortes d'un blindage en acier relativement peu épais, mais suffisant, par sa dureté, pour provoquer la déflagration de l'explosif au début du choc de l'obus.

La puissance des canons a suivi naturellement une marche parallèle à celle de la résistance des cuirasses. Aux pièces rayées de 20 à 30^{cm}, les plus fortes que portaient naguère encore les bâtiments de combat, ont succédé les énormes bouches à feu de 30 à 45^{cm}.

Pour faire flotter toute cette surcharge de cuirasse et d'artillerie, il a fallu donner au déplacement du navire un accroissement chaque jour plus considérable, d'où également un tirant d'eau de plus en plus grand ou des formes très charnues dans les bas.

Tout cuirassé d'escadre est en même temps armé pour agir comme béliet. Cette préoccupation de la manœuvre du choc n'a certainement pas été étrangère au progrès qui s'est manifesté,

depuis quelques années, dans les *qualités évolutives* des grands navires de combat. Tel cuirassé, tel croiseur qui, en raison de ses dimensions, eût mis jadis sept ou huit minutes pour décrire son cercle minimum de giration avec un rayon de 300 à 400^m, peut aujourd'hui décrire ce même cercle en quatre ou cinq minutes, avec un rayon de 150 à 200^m, grâce surtout aux servo-moteurs employés pour la manœuvre du gouvernail.

Une nouvelle arme, la torpille automobile, est venue depuis un certain temps s'ajouter à toutes celles que portait déjà le cuirassé d'escadre ; avec elle la lumière électrique s'est installée à son bord : si bien que, de l'aveu de tous, le bâtiment de combat actuel, malgré ses énormes dimensions, se trouve parfois trop encombré.

Au milieu des émotions de la lutte engagée depuis si longtemps entre la cuirasse et l'artillerie, on avait trop négligé la vitesse, cette qualité maîtresse du navire de haute mer. Tandis que subitement, pour de simples embarcations, l'apparition des torpilleurs faisait accomplir à la vitesse un énorme bond de 10 à 16, puis à 20 nœuds, c'est à peine si, en quinze années, la marche des navires de combat passait de 13 à 15 nœuds. Aujourd'hui, on est devenu maître de l'accroissement des vitesses, grâce aux circonstances suivantes : 1° allégement des coques par la substitution de l'acier au fer ; 2° perfectionnement des appareils évaporatoires et emploi de hautes pressions ; 3° usage de machines Compound, voire même tout récemment de machines à triple expansion, réduisant notablement la consommation du combustible par cheval. Aussi demande-t-on, avec juste raison, aux grands cuirassés les plus nouveaux, des vitesses de 17 et 18 nœuds, et aux croiseurs non cuirassés, des vitesses égales à celles des torpilleurs les plus rapides.

Tout ce que nous venons de dire pour le cuirassé d'escadre s'applique, dans une certaine mesure, au cuirassé de croisière, type quelque peu hybride, auquel on ne peut évidemment demander la même puissance militaire, mais dont l'utilité cependant a paru incontestable aux nations qui possèdent de grandes colonies ou un commerce maritime étendu.

En même temps que l'artillerie poursuivait sa lutte contre la cuirasse, la tourelle et le réduit trouvaient, tous deux, leurs partisans exclusifs. Ici, pourtant l'on a fini par transiger, en

construisant des navires qui présentent une combinaison des deux systèmes. La liste des cuirassés que possèdent aujourd'hui les puissances maritimes en fournit de nombreux exemples.

S'il est incontestable que, jusqu'à ces derniers temps, la vitesse avait été trop négligée comme élément de force pour le cuirassé, ne doit-on pas s'étonner bien davantage en constatant qu'elle manquait également à presque tous les types de croiseurs et d'avisos ?

En parcourant les listes de ces navires chez les diverses puissances, on ne trouvait généralement que des vitesses de 11 à 15 ou 16 nœuds. Seuls faisaient exception quelques croiseurs marchant 17 ou 18 nœuds. Mais on a pleinement reconnu aujourd'hui que la vitesse était la qualité essentielle, la qualité maîtresse de tous les navires de cette espèce, auxquels on demande très justement une marche égale à celle des plus rapides torpilleurs.

Quant aux *navires-torpilleurs* qui n'existent encore qu'en petit nombre, nous croyons qu'en présence des progrès de l'artillerie, ils auraient dès maintenant beaucoup de peine à remplir le but spécial que semble indiquer leur dénomination.

§ 423. **Modifications à apporter dans la composition des flottes.** — Nous allons essayer maintenant d'indiquer quelles sont les modifications rationnelles qu'il nous paraît utile d'apporter au matériel naval que nous venons d'énumérer, en vue non des luttes qui éclateront peut-être dans trente, vingt ou même dix ans, mais bien en regard de celles qui pourraient nous surprendre demain.

Nous puiserons nos arguments dans les effets précédemment mentionnés, obtenus par les diverses armes lors des rencontres navales des trente dernières années, ainsi que dans certains résultats d'expériences, dont nous avons mentionné quelques-uns, et qui semblent acceptés aujourd'hui par la très grande majorité des marins.

§ 424. **Flotte côtière.** — Le premier devoir qui s'impose à la marine militaire d'un pays est, manifestement, celui d'aider les forts et les batteries de terre à défendre le littoral. Elle ne peut le faire qu'à l'aide d'une *flotte côtière* : c'est donc de celle-ci que nous allons d'abord nous occuper.

Quelles modifications convient-il d'apporter aux éléments qui la composent aujourd'hui? Telle est la question.

Dans les guerres de la sécession américaine et du Paraguay, les monitors, les rams, les canonnières cuirassées ou non-cuirassées, ont joué un rôle d'une extrême importance, dans l'attaque comme dans la défense des places situées sur le bord de la mer ou sur les rives des fleuves. Tous ces bâtiments possédaient la qualité la plus essentielle, peut-être, d'une flotte côtière, la petitesse du tirant d'eau. A beaucoup d'entre eux manqueraient aujourd'hui certaines qualités de marche et de tenue à la mer, que rendent indispensables pour une partie de la flotte côtière, même sous le rapport unique de la défense, les conditions nouvelles de la guerre navale.

§ 425. **Division de la flotte côtière en flottille de « défense intérieure » et flottille de « défense extérieure ».** — Comme on le sait, certaines plages du littoral, certains arsenaux maritimes bâtis sur des rivières, par exemple, ou au fond d'une rade précédée d'un étroit et long goulet, sont tellement défendus par la nature qu'ils n'ont rien à craindre d'une flotte ennemie, tant que celle-ci n'a pas forcé, ou même conquis ces passages resserrés. Ici, le rôle de la flottille côtière, de la *défense mobile*, se bornera donc à seconder sur place, dans les passes mêmes ou dans la rade, la *défense fixe* : batteries de terre, lignes de torpilles, estacades, etc. Les navires et les embarcations qui en feront partie n'auront besoin ni d'une très grande vitesse, ni de qualités nautiques sérieuses, ni d'approvisionnements de quelque importance.

On sait, également, que d'autres places maritimes, construites dans des baies ouvertes, sont facilement attaquables du large. L'allongement de la portée des projectiles de l'artillerie, joint à une grande justesse de tir et à l'emploi d'explosifs puissants pour les charger, permet, dans ce cas, à l'escadre assaillante de se tenir à une distance telle qu'elle n'ait presque rien à craindre des batteries de terre. Pour préserver d'une destruction peut-être complète l'arsenal ou le port menacé, il faut qu'une partie au moins de la *défense mobile* puisse, par tous les temps où l'on combat, se porter rapidement à la rencontre de l'ennemi, le contraindre à la retraite, ou, tout au moins, gêner son action le

plus possible. Afin d'atteindre ce but, les navires ou bateaux qui en font partie doivent forcément posséder une très bonne vitesse, des qualités nautiques sérieuses et des approvisionnements d'une certaine durée, notamment en eau et en combustible.

Ces considérations nous conduisent à diviser la flotte côtière en deux groupes distincts : le premier destiné à combattre pour ainsi dire sur place, uniquement dans les passes et dans les rades fermées, s'appellerait *défense mobile intérieure* ; le second destiné à combattre en dehors des rades et à se porter, au besoin, sur n'importe quel point du littoral, se nommerait *défense mobile extérieure*.

§ 426. **Flottille de défense intérieure; le béliet.** — Occupons-nous du premier groupe.

Trois armes principales sont à sa disposition, comme à celle de toute force navale : le canon, l'éperon et la torpille. Mais ici, remarquons-le, dans des passes resserrées et dans des rades fermées, où l'on peut multiplier tant que l'on veut les batteries de terre, il est inutile de les faire appuyer par une artillerie navale quelconque. D'autre part, les combats de la Nouvelle-Orléans, de Memphis, du fort Morgan et du Riachuelo, nous ont montré que, dans les espaces restreints, la manœuvre du choc, pratiquée par des navires à faible tirant d'eau, acquiert son maximum d'efficacité. Le *béliet* est donc un élément indispensable de toute *défense mobile intérieure*.

Mais nous avons vu, également, par les exemples des combats de Memphis, du fort Morgan et même de la bataille de Lissa, combien la fumée de ses propres canons est nuisible à la manœuvre d'un navire qui veut éperonner un adversaire. Enfin, ne craignons pas de le répéter, pour un bâtiment destiné à combattre dans des passes étroites ou des rades souvent parsemées de bas-fonds, la petitesse du tirant d'eau est évidemment la qualité maîtresse à laquelle on doit sacrifier, au besoin, une partie des autres.

Donc le béliet spécialement construit pour la *défense mobile intérieure* ne portera pas de gros canons, surtout tant que la poudre sans fumée ne sera pas devenue d'un usage courant. D'ailleurs, comme il doit essuyer à bout portant le feu de l'ennemi, sa cuirasse de ceinture sera très épaisse, son pont très for-

tement blindé et son personnel parfaitement abrité. L'absence de tourelle, de grosse artillerie et de tous les objets pesants et encombrants qui en dépendent, permettra de donner au béliet de *défense intérieure* des dimensions et un tirant d'eau relativement petits. Pour que sa masse ainsi réduite produise, néanmoins, une poussée suffisante, il faudra que sa vitesse soit considérable, et que l'éperon soit relié d'une manière extrêmement solide à la carène du navire. Inutile de dire que l'avant sera protégé par un système complet de cloisons étanches; car il ne faut pas perdre de vue l'accident du *König-Wilhem*, lors de son abordage avec le *Grosser-Kürfürst*. Le béliet doit pouvoir, non seulement évoluer vite, mais encore tourner sur place : deux ou, peut-être, trois hélices, lui sont indispensables.

Bien que n'ayant aucune base certaine pour une telle appréciation, nous estimons que les frais de construction et de premier armement d'un petit béliet comme celui que nous venons de décrire ne dépasseraient pas le prix de revient d'une de nos canonnières cuirassées de 1^{re} classe, c'est-à-dire qu'il se tiendrait entre 3 ou 4 millions de francs.

§ 427. **Le bateau-torpilleur de la flottille de défense intérieure.** — Passons aux *bateaux-torpilleurs de défense mobile intérieure*.

Lorsque les bateaux-torpilleurs ont fait leur apparition sur la scène maritime, il y a un point sur lequel tout le monde est tombé d'accord : c'est que la force offensive, comme la force défensive, de ces redoutables embarcations résidait uniquement dans les conditions suivantes : *vitesse, nombre et invisibilité*.

N'est-ce pas, en grande partie, leur invisibilité relative qui, dans la mer Noire et sur le Danube, a valu aux bateaux et canots torpilleurs russes l'impunité presque complète avec laquelle ils ont agi? N'est-ce pas elle qui a préservé également de la destruction nos faibles canots porte-torpille à l'affaire de Sheipoo?

Depuis lors, le désir chimérique d'étendre à la haute mer l'action du *bateau-torpilleur* a fait singulièrement oublier cet excellent point de départ. Mais il est évident que, pour des *bateaux-torpilleurs de défense mobile intérieure*, uniquement destinés à combattre sur des eaux relativement calmes, rien n'empêche d'y revenir complètement. L'expérience, en effet, a déjà prouvé que

l'on peut obtenir de grandes vitesses avec des coques petites ; d'autre part, l'exiguïté de celles-ci leur conserve la qualité si précieuse d'une invisibilité relative ; et leur faible prix de revient permet, pour une somme déterminée, d'en construire un grand nombre.

Mais, à l'erreur commise en voulant faire du bateau-torpilleur un navire de mer, on en a joint, dans notre opinion, une autre beaucoup moins remarquée : celle d'abandonner presque complètement la torpille portée pour lui substituer la torpille automobile. La première, cependant, a fait ses preuves sur plus d'un champ de bataille, en Amérique, dans le Danube, à Fou-Tcheou et à Sheipoo, tandis que c'est à peine si la seconde a reçu le baptême du feu. N'est-il pas évident, par exemple, que, dans une attaque faite avec un fort courant contre un ou plusieurs navires au mouillage, par une nuit sombre où forcément on apprécie très mal les distances, la torpille portée a beaucoup plus de chances de réussite que la Whitehead ? Ajoutons que celle-ci est un engin d'un prix très élevé, encombrant sur de simples embarcations, toujours très délicat, susceptible de se dérégler après quelque temps de navigation, exigeant une longue pratique de la part des hommes qui s'en servent ; la torpille portée, au contraire, est un engin peu coûteux, tenant fort peu de place, solide, facile à construire vite et partout, enfin d'un maniement très simple. Telles sont, sans doute, les considérations qui ont fait dire à l'illustre amiral Courbet qu'en fait de torpilles, « il n'y avait de sûres que les torpilles portées. »

Donc, dans notre opinion, une flottille de *défense mobile intérieure* ne doit comprendre que des bateaux *lance-torpille* de 30 tonnes environ, et des *porte-torpille* de 15 à 20 tonnes, correspondant respectivement à ce que l'on appelle dans notre flottille actuelle *torpilleurs de 2^e classe* et *torpilleurs-vedettes*.

Le prix total d'un torpilleur lance-torpille de 30 tonnes ne dépasse pas 160.000 francs, et celui d'un porte-torpille de 15 tonnes n'atteint pas 100.000 francs.

§ 428. **Bateaux sous-marins de la flottille de défense intérieure.** — Nous ne pouvons parler qu'avec une extrême réserve, on le comprendra facilement, de cet élément, à peine éclos, des flottes de l'avenir. Dans plusieurs pays, ce-

pendant, la construction des bateaux sous-marins fait des progrès incontestables ; et il ne semble pas douteux qu'avant longtemps on parviendra à obtenir des navires de cette espèce capables de naviguer pendant plusieurs heures consécutives dans une direction et à une immersion voulues, capables aussi de se servir de la torpille, qui conviendra le mieux à leur nature spéciale.

Or les bateaux sous-marins trouveront probablement leur première utilisation, en tant qu'engins de guerre, dans les flottilles de défense intérieure : ici, en effet, ils n'auront à fournir que des courses de peu d'étendue, ils n'agiront que dans des eaux relativement calmes, propices à leurs manœuvres d'immersion et d'émersion ; ils n'auront guère à craindre de s'égarer par suite de la difficulté que l'on éprouve à voir sous l'eau autour de soi. Enfin, des bateaux sous-marins pour défense intérieure des rades pourront et devront même être petits, et par suite peu coûteux.

Donc, si l'on parvient à faire porter, lancer, trainer ou utiliser d'une façon quelconque des torpilles d'une capacité suffisante par un bateau sous-marin de 5 à 6 tonneaux, il est évident qu'une escadrille d'embarcations semblables apportera un appoint des plus précieux aux autres éléments de la défense mobile intérieure.

D'autre part, d'après les résultats déjà obtenus, il est permis de croire que c'est à l'électricité qu'il convient de demander la force nécessaire pour faire mouvoir des bateaux sous-marins de petites dimensions. En effet, l'emploi de l'électricité est, en pareil cas, plus avantageux que celui de tout autre agent, au point de vue du renouvellement de la force motrice, de l'encombrement et du poids, eu égard au temps ici très limité de leur fonctionnement (§ 100). En outre, la partie de ce poids relative à l'approvisionnement de l'énergie ne change pas pendant la marche, ce qui est très favorable à la conservation de l'assiette du bateau.

§ 429. **Flottille de défense extérieure.** — Voyons maintenant quelle doit être la composition rationnelle de la *défense mobile extérieure*, destinée principalement à concourir à la protection d'un arsenal maritime en pleine vue du large, et que ne précède, à bonne distance, aucune embouchure de rivière, aucune passe étroite, aucun goulet. Comme nous l'avons dit,

il faut, ici, que cette flottille puisse se porter à la rencontre d'une escadre ennemie, pour former en quelque sorte une première ligne de défense en avant des batteries de terre.

Dans ces conditions, les trois armes principales de la marine actuelle, canon, éperon et torpille, trouvent forcément leur emploi. D'autre part, les bâtiments d'une telle flottille peuvent avoir sans inconvénient un tirant d'eau relativement considérable ; ils doivent, en revanche, posséder des qualités nautiques assez sérieuses, et des approvisionnements qui leur permettent de tenir la mer pendant un certain temps ; en d'autres termes, il faut leur donner des dimensions plus grandes qu'aux éléments correspondants d'une flottille de défense intérieure.

§ 430. **Le « garde-côtes cuirassé ».** — Comme conséquence des considérations générales précédentes, le *garde-côtes cuirassé* destiné à faire partie de la *flottille « de défense extérieure »* ajoutera à son éperon un ou plusieurs gros canons, couverts par une très forte cuirasse, de même que sa flottaison et son pont. Il devra posséder une très bonne vitesse, et, naturellement, des qualités évolutives de premier ordre. Sa carène devra être protégée par un cofferdam ou par toute autre installation intérieure propre à rendre moins dangereux, pour elle, les coups des torpilles. Nous ne nous arrêterons pas davantage à le décrire ; car nos *garde-côtes offensifs*, tels que le *Furieux*, nous semblent présenter, sauf les modifications qu'apportent chaque jour aux constructions navales les progrès de la science, un excellent type de cuirassé de *défense extérieure*.

Trois ou quatre navires semblables représentent largement la part de l'éperon dans une flottille destinée à protéger un arsenal exposé à un bombardement du côté de la mer ; mais si leurs énormes canons apportent également un appoint puissant aux batteries de terre, ils ne sont pas en assez grand nombre pour atteindre complètement le but cherché : *refouler l'escadre ennemie à une distance telle que ses projectiles à grande explosion ne puissent atteindre l'arsenal menacé*.

Le prix de revient d'un garde-côtes, tel que le *Furieux*, est de 8 millions de francs environ.

Voyons les auxiliaires qu'il convient d'adjoindre à ce type de navires.

§ 431. **La « canonnière cuirassée » et la « chaloupe-canonnière ».** — Les manœuvres d'expérience que nous avons mentionnées dans un précédent chapitre ont paru démontrer, qu'en présence surtout des progrès de la petite artillerie à tir rapide, les bateaux-torpilleurs, extrêmement redoutables la nuit, ne sont guère à craindre le jour pour l'escadre assaillante. Seuls, l'éperon et le canon présentent alors à la défense des chances de succès.

Ici, des *canonnières cuirassées*, telles qu'en possèdent actuellement la France et l'Allemagne, peuvent trouver un très utile emploi. Mais ces canonnières coûtent cher, et on ne peut en avoir beaucoup.

Est-il donc impossible de placer les nombreux canons, dont la défense mobile extérieure a besoin, sur de simples bateaux, qui, se portant le jour, non plus comme sont obligés de le faire des lance-torpilles, à 200 ou 300^m de l'ennemi, mais bien à 2.000 ou 3.000^m de ce dernier, trouveraient, à cette distance, dans leur petitesse et, par suite, dans leur invisibilité relative, une protection suffisante contre les projectiles de tout genre? Nous ne le croyons pas.

Il est vrai que le *bateau-canon*, naguère essayé à Toulon, n'a donné que de très mauvais résultats; mais c'est surtout parce que l'on a voulu doter d'une extrême vitesse un genre d'embarcation qui ne pouvait remplir, à la fois, tant de conditions impossibles à concilier. On sait, au contraire, qu'un officier de marine, député de Paris depuis la guerre, M. Farcy, a fait construire, il y a déjà longtemps, de simples chaloupes ayant une marche très médiocre certainement, mais capables, grâce à la forme spécifique de leur fond à cannelures longitudinales, de porter et d'utiliser un canon de gros calibre, même avec une mer et une brise assez fortes. Il est difficile d'admettre qu'en perfectionnant une telle embarcation, qui a déjà fait ses preuves, en lui donnant des dimensions et une machine un peu plus fortes, on n'arrive pas à obtenir une *chaloupe-canonnière* peu coûteuse; portant un canon de fort calibre; tenant bien la mer; filant 10 nœuds; ce qui sera suffisant; assez petite encore pour n'avoir que peu de chose à craindre des projectiles ennemis à la distance de 3.000^m: apte, en un mot, à concourir à la *défense extérieure* d'un arsenal maritime, sous la protection de trois ou quatre solides garde-côtes et des batteries de terre.

La nuit, ces petits bateaux, munis d'un appareil photo-électrique, pourraient illuminer leur champ de tir ; et, aussitôt un coup tiré, ils éteindraient leur lumière et se déplaceraient rapidement.

L'une de nos canonnières cuirassées de 1^{re} classe, le *Phlégéton*, par exemple, coûte 3 millions et demi ; et l'une de nos canonnières cuirassées de 2^e classe, comme la *Flamme*, près de 2 millions.

Nous pensons que le prix d'un *bateau-canon* type Farcy, tel que celui dont il vient d'être question, n'atteindrait pas 100.000 francs.

§ 432. **Le « bateau-torpilleur » de la flottille de défense extérieure.** — Arrivons aux *bateaux-torpilleurs de défense* extérieure.

Ceux-ci, comme nous l'avons déjà dit, devront être évidemment plus grands que les bateaux de défense intérieure, puisqu'ils auront à affronter souvent des mers assez dures, ou à se porter au besoin le long de la côte assez loin de leur port d'attache, soit pour concourir à la défense d'un autre point menacé, soit pour surprendre des navires ennemis signalés par les guetteurs du littoral.

Appelés surtout, en ce qui concerne la défense directe d'un arsenal, à opérer la nuit, sous la protection des garde-côtes cuirassés, ces grandes embarcations trouveront dans l'obscurité une protection qui compensera le désavantage d'offrir une cible déjà considérable aux projectiles de toute espèce. Nos *torpilleurs actuels de 1^{re} classe*, de 33^m et de 50 tonneaux, nous paraissent suffisants, comme dimensions et qualités nautiques, pour remplir cette tâche ; mais, ici encore, pour les raisons déjà données, nous voudrions que quelques-uns d'entre eux, — le cinquième ou le sixième, par exemple, du nombre total —, fussent installés en *porte-torpille*.

Autre chose : dans ses excursions en dehors des rades fermées ou le long des côtes, le bateau-torpilleur de défense extérieure sera souvent exposé à rencontrer soit des torpilleurs, soit des *contre-torpilleurs* ennemis. Afin qu'il puisse se défendre contre eux, il est indispensable qu'on lui donne une petite artillerie à tir rapide, canons-revolvers ou mitrailleuses.

On peut avoir un excellent bateau-torpilleur de 33^m et de 50 tonneaux pour 190.000 francs, tout compris.

§ 433. **Le « contre-torpilleur » de la flottille de défense extérieure.** — Puisqu'on admet généralement aujourd'hui que toute escadre attaquant un port ou un arsenal maritime doit se couvrir à l'aide de *contre-torpilleurs*, il faut que la défense mobile extérieure possède aussi des bateaux de cette espèce, pour protéger contre ceux de l'ennemi les garde-côtes cuirassés, les canonnières, les chaloupes-canonnières et les torpilleurs de son propre parti.

Le type de ces *contre-torpilleurs de défense extérieure* paraît assez facile à déterminer : coque analogue à celle des bateaux-torpilleurs de 50 tonneaux, même vitesse ; les poids des torpilles et de leurs appareils remplacés par ceux de l'artillerie à tir rapide et d'un appareil photo-électrique ; éperon ou étrave saillante renforcée, propre à couler les torpilleurs ennemis, peut-être aussi quelques « obus ou torpilles à main », qu'on jetterait à bord de ces derniers.

Le prix total de chacun des bateaux en vue ne dépasserait pas, suivant toute probabilité, 200.000 francs.

§ 434. **Bateaux sous-marins de flottille de défense extérieure.** — Enfin, on aura probablement à s'occuper, dans un avenir prochain, d'adjoindre quelques bateaux sous-marins à la flottille de défense extérieure.

S'il en est ainsi, pour des raisons, non pas identiques, mais analogues à celles que nous avons développées en parlant des bateaux-torpilleurs, il faudra donner à ces nouvelles embarcations des dimensions plus grandes que celles des bateaux sous-marins de défense intérieure.

Suivant toute probabilité, la torpille sera également la seule arme qui leur conviendra. Ces bateaux, en effet, n'auront évidemment pas une masse suffisante pour pouvoir porter et utiliser un éperon ; et l'on sait, d'autre part, que les canons tirés sous l'eau crèvent presque infailliblement. Les dimensions qui leur conviendront le mieux seront sans doute à peu près celles du *Gymnote*, qui déplace 30 tonneaux. Enfin, pour les motifs sommairement indiqués à propos des bateaux sous-marins de défense intérieure, ils devront aussi être mus par l'électricité, si leur rayon d'action doit être borné (§ 100).

§ 435. **Composition générale de la « flotte côtière ».**
— Résumons-nous.

La *flotte côtière*, telle que nous la comprenons, doit donc se composer : 1° pour la *défense intérieure*, de petits *béliers cuirassés* sans grosse artillerie, de bateaux *lance-torpilles* de 25 à 30 tonneaux, de bateaux *porte-torpilles* de 15 à 20 tonneaux, et enfin, éventuellement, de *bateaux sous-marins* très petits; 2° pour la *défense extérieure*, de *garde-côtes cuirassés* portant deux pièces de très gros calibre, de *bateaux-canon*s type Farcy, et peut-être de quelques *canonnières cuirassées*, de bateaux *lance-torpilles* et de quelques *porte-torpilles* de 50 tonneaux, munis de canons-revolvers, de *contre-torpilleurs* à peu près de même capacité, enfin, s'il y a lieu, de *bateaux sous-marins* plus grands que ceux de la *défense mobile intérieure*.

Par ailleurs, si les canons pneumatiques Zalinski, qui lancent des obus renfermant de 95 à 225^{kg} d'explosif (§ 93), deviennent tout à fait pratiques, il conviendra d'en nantir certains bâtiments. Ceux-ci devront être assez forts pour porter les pièces en vue sans être bousculés ou détériorés par leur recul. En outre, il leur faudra assez de vitesse pour pouvoir se mettre rapidement à la portée voulue de l'ennemi entre 1.000 et 2.000 mètres. En pareille conjecture, les obus Zalinski seraient destinés à remplacer plus ou moins complètement les torpilles lancées et portées.

Il est bien évident, que, dans certaines localités et suivant les circonstances de temps et de mer, des petits *béliers cuirassés* ou des *bateaux-torpilleurs*, spécialement affectés à la *défense intérieure*, pourraient prêter un concours très efficace à la *défense mobile extérieure*.

Est-il, enfin, nécessaire d'ajouter que les *garde-côtes*, les *canonnières cuirassées*, et, dans certaines mers aussi, les *torpilleurs* et *contre-torpilleurs* de 50 tonneaux, pourront, sous la protection d'une *escadre de haute mer*, former l'un des principaux éléments d'une *flotte de siège* destinée à l'attaque d'une place ennemie?

Ce point ne nous paraît avoir besoin d'aucune démonstration. Pendant la guerre de sécession, les Fédéraux ont fait naviguer le long des côtes de l'Atlantique, fertiles en tempêtes, des navires qui ne valaient pas, comme tenue à la mer, ceux que nous venons de mentionner en dernier lieu.

§ 436. **Flotte de haute mer.** — Après avoir dit ce que doit être, selon nous, une *flotte côtière*, essayons de résoudre le même problème en ce qui concerne la *flotte de haute mer*.

§ 437. **Principe de la division du travail en marine.** — Vidons tout d'abord une question préjudicielle, celle du principe de la *division du travail* appliqué à la construction navale, principe en vertu duquel les adeptes d'une nouvelle école auraient voulu composer notre flotte, presque tout entière, de simples bateaux pourvus chacun d'une arme unique : celui-ci d'un canon, celui-là d'un éperon, un autre encore d'une torpille.

Ce principe de la division du travail, nous l'avons appliqué dans une assez grande mesure à la composition de notre flotte côtière. L'explication en est simple : la plupart des bâtiments de cette flotte ne devant avoir qu'un très faible tirant d'eau et, par suite, des dimensions restreintes, chacun d'eux est incapable de porter et de loger le matériel nécessaire à un armement complexe.

C'est tout l'inverse qui se produit à bord d'un navire construit en vue du combat au large. La nécessité de résister aux mers les plus grosses, de combattre même par mauvais temps, de porter de grands approvisionnements et de présenter de bonnes conditions *d'habitabilité*, cette nécessité impose au navire de haute mer de vastes dimensions. Dès lors, on ne voit pas pourquoi le canon, l'éperon et la torpille, qui se suppléent mutuellement selon les phases de la lutte, ne seraient pas réunis sur le même navire et dans la même main.

§ 438. **Rôle complexe de la flotte de haute mer.** — Ceci bien entendu, nous dirons que la flotte de *haute mer* a trois rôles bien distincts à remplir : 1° combattre au large les escadres de l'ennemi ; 2° opérer, avec ou sans le concours d'une partie de la flotte côtière, contre des places maritimes, et couvrir, selon les circonstances, un débarquement ; 3° protéger, sur toutes les mers, le commerce national et attaquer celui de l'ennemi.

§ 439. **Navires indispensables pour le combat d'escadres.** — Examinons d'abord ce que doit être une escadre destinée à combattre une force de même espèce.

Son noyau, — inutile d'insister sur ce point, — doit être composé de navires capables d'utiliser de la manière la plus avantageuse les trois armes principales, canon, éperon et torpille, c'est-

à-dire qu'il doit être composé de *cuirassés d'escadre*. Mais, comme toutes les guerres navales de l'époque contemporaine, ainsi que les expériences les plus récentes tendent à le prouver, ce noyau, pour être en mesure d'éviter les surprises, d'atteindre l'ennemi ou de lui échapper suivant les circonstances, doit être entouré à très grande distance par un certain nombre de navires légers et rapides, ayant pour unique mission d'informer son chef de toute apparition suspecte; autrement dit, il doit être accompagné d'un certain nombre d'*éclaireurs d'escadre*. Si, de plus, ce même noyau peut avoir à craindre une attaque faite par des bateaux-torpilleurs, il doit pouvoir se couvrir contre eux à l'aide d'une escadrille de *contre-torpilleurs d'escadre*.

Quant au *navire-torpilleur* spécialement destiné à lancer des torpilles contre les bâtiments ennemis rencontrés loin des côtes, et que l'on trouve mentionné, sur les listes de plusieurs marines, sous les noms de *croiseur-torpilleur*, d'*aviso-torpilleur* ou de *torpilleur de haute mer*, nous ne croyons pas à son utilité.

Il ne faut pas se le dissimuler, le *torpilleur de haute mer*, pour mériter vraiment ce nom, c'est-à-dire pour être habitable, pour naviguer par tous les temps et dans tous les parages, pour combattre avec des brises fraîches et des mers un peu fortes, pour porter les approvisionnements dont il a besoin, ce torpilleur doit avoir des dimensions considérables, au moins celles des petits navires actuellement appelés *avisos-torpilleurs*. Or une telle coque ne possède plus du tout l'invisibilité relative qui est, on le sait, la plus sûre défense des bateaux-torpilleurs. On peut presque affirmer que, sous les feux si redoutables aujourd'hui de l'artillerie moyenne et de la petite artillerie à tir rapide, un *aviso-torpilleur* n'arriverait jamais à 300 ou 400^m d'un cuirassé ou d'un croiseur, c'est-à-dire à la distance voulue pour lancer utilement ses torpilles, avant d'avoir été mis complètement hors de combat. On serait donc fatalement conduit à le cuirasser, par suite, à augmenter ses dimensions dans des proportions énormes. Et, dès lors, la place et la flottabilité nécessaires ne lui manquant plus, pourquoi hésiterait-on à lui donner un éperon et une artillerie respectable? D'accroissement en accroissement, on arriverait bien vite au cuirassé d'escadre : c'est un cercle vicieux dans lequel il est, au moins, inutile d'entrer.

Donc, une *escadre de haute mer* destinée à combattre une force

de même nature, doit se composer en principe de *cuirassés* de grandes ou au moins de bonnes dimensions, d'*éclaireurs* et de *contre-torpilleurs*.

Il est assez probable, cependant, que, dans un avenir peu éloigné, surtout quand la poudre sans fumée sera devenue d'un usage courant dans tous les pays, le navire sous-marin, — grand et petit, — viendra, lui aussi, réclamer une place au nombre des éléments, sinon indispensables, du moins très utiles, de la flotte de haute mer. Nous en dirons plus loin quelques mots.

§ 440. **Le cuirassé d'escadre.** — Étudions d'abord le *cuirassé d'escadre*.

Par suite de l'accroissement incessant du poids des bouches à feu de gros calibre, de l'accroissement correspondant du poids de la cuirasse, on en est arrivé à construire des navires d'escadre de 12.000 et 13.000 tonneaux. Toutefois on ne fait que revenir à ces derniers chiffres, qui, après avoir été courants il y a quelques années, avaient été délaissés pour des cuirassés de 7 à 8.000 tonneaux n'ayant que deux grosses pièces, et plus maniables, surtout pour les girations. Mais ces moyens navires sont écrasés par leurs grosses pièces et les tourelles, malgré la restriction du nombre de ces pièces. Dès lors ils se comportent mal par grosse mer à toute vitesse, en embarquant beaucoup d'eau, au détriment de l'habitabilité, et même, dans certains cas, de la sécurité du navire; d'autant que pour dégager les feux des tourelles, les œuvres mortes sont abaissées aux extrémités. De plus, avec les gros canons longs, il y a, du fait de leur manœuvre, compromission de la *stabilité de plate-forme*, c'est-à-dire de la modération des roulis, qualité si importante pour la sûreté du tir.

En tous cas, dans le but de limiter au moins le poids de la cuirasse, on a remplacé, sur quelques bâtiments, l'épaisse ceinture de fer par un pont blindé au-dessous de la flottaison, pont qu'on tend à faire légèrement en dos de tortue, et par un *cofferdam* placé au-dessus de ce même pont. On a même recours à des *cofferdams* verticaux constitués avec d'épais matelas logés dans les cellules de la coque, et composés comme il a été dit au § 422, le tout combiné de façon à réaliser un navire insubmersible et à assiette invariable, c'est-à-dire dont les lignes d'eau ne soient pas notablement altérées par les coups de l'artillerie, de l'éperon ou

de la torpille. C'est ce que l'on appelle la flottabilité de combat.

Mais aujourd'hui que les projectiles chargés de mélinite ou d'autres explosifs très puissants tendent de plus en plus à entrer dans le domaine de la pratique, est-il prudent d'abandonner complètement la cuirasse de ceinture? Nous ne le pensons pas. Il semble, au contraire, indispensable de recouvrir le cofferdam d'une cuirasse en acier d'épaisseur seulement suffisante pour forcer ces nouveaux et terribles projectiles à éclater en dehors, et pour les empêcher de pénétrer dans le navire, et d'y causer, par leur éclatement, des désordres dont il est encore difficile de prévoir exactement la gravité.

D'autre part, les effets produits par les projectiles ordinaires sur les « rams » *Atlanta* et *Tennessee*, pendant la guerre de sécession, sur le navire à tourelle *Huascar*, pendant la guerre chilo-péruvienne, bien d'autres exemples encore, ont prouvé combien le tir de l'artillerie contemporaine était à craindre pour les œuvres mortes et pour le personnel des navires de combat. Combien plus redoutables encore seront ces effets avec des projectiles à grande explosion, si l'on en juge d'après les résultats d'expériences que nous avons précédemment mentionnés à plusieurs reprises! Il faut donc aussi, comme nous l'avons déjà dit, que toutes les parties du grand navire d'escadre qui renferment l'artillerie et certains organes vitaux ainsi que le personnel au moment du combat, se trouvent protégées par une cuirasse *ad hoc* contre ces mêmes effets.

Ajoutons que les progrès continus de la petite artillerie à tir rapide, logée en partie dans les hunes de mâts dits militaires, rendent chaque jour de plus en plus dangereuse, dans un combat à courte distance, la situation des hommes et des canons qui agissent à ciel ouvert. De là semble résulter la nécessité que la grosse artillerie du cuirassé d'escadre soit placée en *tourelle fermée* ou au moins à *coupole*.

Ici se présente une objection : la difficulté de faire mouvoir, avec sûreté, une tour ou au moins une plate-forme d'un poids énorme par elle-même et supportant une pièce de 80 ou 100 tonnes. Mais on doit remarquer que les progrès de la balistique permettent déjà d'obtenir des effets égaux avec des canons longs de plus petit calibre, ayant un poids beaucoup moins considérable ; que, d'autre part, l'emploi d'aciers de plus en plus résistants per-

met de conserver aux cuirasses une égale puissance de protection, tout en diminuant leur épaisseur, et, par suite, leur poids. Il ne semble donc pas impossible de réduire beaucoup aussi le poids total des tourelles fermées, sans affaiblir la puissance de leur armement et de leur résistance. En tous cas, les considérations précédemment développées nous paraissent tellement graves qu'elles sont pour nous la condamnation des tourelles à barbette sur les cuirassés d'escadre, dût cette condamnation y interdire l'emploi des pièces de 42, de 43 et de 45^{cm}.

Pour les raisons déjà données, les canons moyens et les canons à tir rapide doivent également se trouver protégés, autant que possible, par une cuirasse légère contre les projectiles à grande explosion de l'artillerie correspondante des navires ennemis.

Tout le monde reconnaît aujourd'hui qu'une vitesse, non pas extrême, mais très bonne au moins, est nécessaire au cuirassé d'escadre. Nous avons eu l'occasion de faire ressortir l'influence que la supériorité de la marche a eue sur les résultats de plusieurs rencontres, notamment au combat de Punta-Angamos. Il suffit, du reste, de rappeler le précieux avantage qu'elle donne au navire ou à l'escadre qui la possède, en lui permettant soit d'accepter ou de refuser le combat, soit de régler la distance à laquelle il lui convient de le livrer.

D'autre part, dans nombre de circonstances, à Lissa et à Punta-Angamos notamment, l'expérience a démontré que, si la manœuvre du choc présente beaucoup de chances de succès dans un combat entre deux flottilles, sur un champ de bataille restreint par le voisinage de la côte, elle n'en laisse que bien peu au navire qui lutte en pleine mer isolément contre un autre, ou même à deux escadres qui se rencontrent dans les mêmes circonstances. En outre, un fait que nous avons signalé en rappelant le combat naval de Memphis, prouve qu'un coup d'éperon destiné à un ennemi peut très bien, en cas d'insuccès, causer la perte d'un ami. Tout en conservant au grand cuirassé l'arme si peu coûteuse et si peu encombrante de l'éperon, il faut donc se garder de lui sacrifier une fraction sensible de la vitesse ou des qualités giratoires. Inutile d'insister sur l'importance de ces dernières qualités, puisque, en partie, au moins, dans le but de les obtenir, on donne deux hélices à tous les cuirassés de nouvelle construction, et que l'on cherche même à en utiliser trois.

Comme nous l'avons dit, il n'existe aucune raison sérieuse pour que l'on ne donne pas aux grands cuirassés un bon armement en torpilles Whitehead. Mais, de même que l'éperon, la torpille automobile est une arme qui, dans une mêlée, nécessite une extrême sûreté de coup d'œil de la part de celui qui l'emploie, sous peine de la voir devenir peut-être aussi dangereuse pour l'ami que pour l'ennemi.

Voici donc comment nous comprenons le *cuirassé d'escadre* : flottabilité de combat et protection des organes essentiels de la coque obtenues par un pont en acier au-dessous de la flottaison, et par un cofferdam dans les murailles suffisamment étendu au-dessus et au-dessous de ce pont, avec plaques de ceinture en acier de 25 à 30^{cm} d'épaisseur, et avec les œuvres mortes légèrement blindées contre les obus à la mélinite ; grosse artillerie, — 2 à 4 pièces (suivant le déplacement adopté) de 42 à 37^{cm}, type long —, en tourelles fermées ou à coupole avec cuirasse en acier de 35^{cm} ; poste de commandement protégé d'une manière analogue ; artillerie moyenne en réduit et limitée, s'il le faut, à 8 canons de 16^{cm} ; canons à tir rapide et tubes lance-torpille, protégés dans la mesure du possible par un écran en acier de 10^{cm} ; éperon très solide, mais peu saillant ; vitesse de 18 nœuds ; 2 hélices ; suppression dans les aménagements de tout ce qui n'étant pas indispensable peut donner prise à l'incendie ; filets de protection contre les torpilles.

Il faudra aussi pourvoir, sur chaque cuirassé, à l'embarquement d'un ou deux torpilleurs de très petites dimensions, et au besoin sous-marins, destinés à être mis à la mer au moment de l'action, si toutefois les lames le permettent.

De quelque façon qu'on le comprenne, le cuirassé d'escadre actuel ne peut être qu'un navire de dimensions sinon toujours énormes, du moins très élevées ; et alors son prix de revient atteint un chiffre presque effrayant. En France, le prix d'un cuirassé d'escadre appartenant aux types les plus nouveaux varie, appareils de toutes sortes et armement compris, de 11 à 12 millions que vaut le *Requin* de 7.600 tonnes, à 19 ou 20 millions de francs, coût du *Neptune* de 10.600 tonnes.

§ 441. **L'éclaireur d'escadre.** — Tout le monde reconnaît aujourd'hui qu'il est d'une importance capitale, pour le chef

d'une escadre, d'être avisé exactement et très promptement de tous les mouvements des forces navales ennemies. C'est dire que sur les *éclaireurs* chargés de ce service, la puissance militaire doit être sacrifiée presque complètement à la vitesse, aux qualités de tenue à la mer et à l'ampleur des approvisionnements en combustible. Il est également très désirable, — point n'est besoin de le démontrer, — qu'un éclaireur se montre le moins possible à l'ennemi, qu'il puisse se dissimuler rapidement sous une terre, dans la nuit ou dans les brumes de l'horizon, autrement dit, que sa coque et sa mâture soient peu visibles de loin. Le type *Surcouf*, dit *croiseur de 3^e classe*, paraît satisfaire assez bien à ces conditions : déplacement de 1.800 tonnes ; vitesse de 19ⁿ,5 ; approvisionnements calculés pour parcourir 3.500 milles à la vitesse de 10 nœuds ; 2 canons de 14^{cm} avec quelques Hotchkiss ; cofferdam protégeant la flottaison ; coque rase sur l'eau ; 4 mâts portant seulement des goélettes. Ce type doit posséder des tubes lance-torpille ; mais nous n'en voyons pas l'utilité.

Qu'on nous permette de dire à ce sujet catégoriquement notre pensée. Aujourd'hui, en présence des progrès de l'artillerie de tout calibre et de la puissance destructive de ses projectiles, un navire de haute mer, dont les œuvres mortes sont entièrement dépourvues de protection, tel que le *Surcouf*, ne pourra jamais, nous le répétons, ni le jour, ni la nuit, s'approcher assez d'un bâtiment mieux protégé que lui et plus fortement armé en canons, pour être en mesure de lui lancer une torpille avec chances de succès. C'est donc sur de pareils navires une arme absolument inutile à laquelle, du reste, dans le cas assez improbable d'un combat à très courte distance, suppléerait un bon éperon ou simplement une étrave renforcée et tranchante.

La *supériorité de marche*, telle doit être la qualité maîtresse d'un *éclaireur d'escadre*. Si donc, à l'aide de quelques modifications, on pouvait accroître encore et toujours sa vitesse, ce serait là un progrès essentiel.

Un *éclaireur d'escadre* tel que nous venons de le décrire coûterait de 3 à 4 millions, prix de revient de l'un de nos nouveaux croiseurs de 3^e classe.

§ 442. **Le contre-torpilleur d'escadre.** — Il est évident que le *contre-torpilleur d'escadre* doit pouvoir suivre partout

et par n'importe quel temps les cuirassés qu'il est chargé de protéger contre les torpilleurs. Pour une tâche semblable, de simples *contre-torpilleurs de flotte côtière* ne peuvent être suffisants ; même des bateaux de 60 à 120 tonneaux, comme les torpilleurs très improprement dits *de haute mer*, ne pourraient l'accomplir que sur des bassins relativement calmes et peu étendus, tels que la Méditerranée.

Pour trouver dans notre flotte actuelle un type se rapprochant du *contre-torpilleur de haute mer* rationnel, il faut remonter jusqu'à nos *avisos-torpilleurs* du type *Bombe* : coque de 320 tonneaux, approvisionnements suffisants, vitesse de 18 nœuds, 2 hélices. Si l'on débarrasse cette coque de tout son appareil lance-torpille, si l'on augmente, en échange, le nombre de ses canons-revolvers, on aura, croyons-nous, un *contre-torpilleur d'escadre* acceptable. Inutile d'ajouter que, si sa vitesse pouvait être portée à 20 nœuds ou au delà, il en acquerrait une valeur beaucoup plus grande, et comme *contre-torpilleur* et, au besoin, comme *éclaireur auxiliaire d'escadre*.

Le prix d'un navire semblable s'élève à 1.300.000 francs environ.

§ 443. **Le navire sous-marin d'escadre.** — Point n'est besoin de faire ressortir le rôle important que pourraient jouer, dans une rencontre entre deux escadres de cuirassés, un ou plusieurs navires qui, après avoir reconnu de loin la position des bâtiments ennemis et la route suivie par eux, auraient la faculté de se dissimuler momentanément à leurs yeux pour venir subitement : 1° les attaquer par une torpille lorsque l'emploi de poudre sans fumée ne permettra plus que difficilement l'usage des petits torpilleurs actuels ; 2° les éperonner sous l'eau, en ouvrant ainsi dans leurs carènes une blessure mortelle ! Un coup semblable sera toujours d'une exécution difficile contre une escadre en marche, à cause du peu d'étendue de la vue de l'homme au-dessous de l'eau ; mais, n'aurait-il que d'assez faibles chances de réussite, qu'il vaudrait encore la peine d'être tenté, eu égard à l'effet désastreux qu'il produirait certainement en cas de succès sur le moral de l'ennemi.

Pour la seconde opération, il faudrait des bateaux d'un certain tonnage. Or, en l'état actuel de la question, il est permis de croire que la réalisation d'un bâtiment capable de suivre partout

une escadre, et de se transformer *momentanément* en navire sous-marin, n'offre point de difficultés insurmontables.

Pour que ce bâtiment possède les qualités indispensables à un tel service, — bonne tenue à la mer, vitesse, habitabilité, durée suffisante des approvisionnements, etc. —, il faudra lui donner les dimensions d'un petit croiseur ou d'un petit éclaireur, probablement un tonnage de 600 tonneaux au moins. D'autre part, la nécessité d'une marche prolongée, continue et régulière, au-dessus de l'eau et à la suite d'une escadre, ne permet plus d'employer ici l'électricité comme force motrice principale; cette force doit être empruntée à un combustible minéral alimentant une chaudière à très haute pression, qui, elle-même, fera fonctionner une machine à vapeur légère, mais relativement puissante. Dans ces conditions, on peut avoir des réservoirs d'eau surchauffée, que l'on aura soin de remplir pendant la marche au-dessus de la mer. Au moment de la descente, on fermera le foyer et la cheminée, et l'on marchera au moyen de ces réservoirs. Mais il sera sans doute plus avantageux d'installer hardiment la chaudière du navire de manière qu'elle continue à fonctionner sous l'eau, en chambre close, entretenue avec une provision d'air comprimé qu'il est facile de renouveler pendant les émersions. La tension à l'intérieur de la chambre devra être constamment maintenue supérieure à la pression d'immersion, de façon que la cheminée, débouchant en dehors de cette chambre et terminée par une disposition spéciale, puisse toujours déverser à la mer les gaz de la combustion (§ 100).

Le navire sous-marin devra être muni d'un puissant appareil photo-électrique, illuminant à travers des lentilles les alentours jusqu'à une certaine distance sous l'eau, et muni d'écrans destinés à prévenir les lueurs à la surface de la mer.

Quant à l'arme du gros navire sous-marin, elle sera probablement à la fois la torpille automobile et surtout l'éperon, capable d'ouvrir une large et profonde brèche au milieu des cellules et des matières encombrantes et obturantes de la carène des nouveaux bâtiments de combat.

§ 444. **Le « navire-bombarde ».** — Nous venons de décrire sommairement les éléments indispensables d'une *escadre de haute mer*, qui la rendent propre, dans toutes les circons-

tances, soit à attaquer une force ennemie de même nature, soit à se défendre contre elle. Mais cette escadre peut avoir aussi pour mission de concourir à l'attaque d'une place maritime.

Dans la plupart des cas, le grand tirant d'eau de ses gros cuirassés ne lui permettra pas de s'approcher à bonne distance des ouvrages ennemis. D'autre part, la nécessité de renfermer son artillerie en tourelle fermée ou en réduit a l'inconvénient de lui interdire le pointage de cette artillerie sous de très grands angles, autrement dit son emploi pour le *bombardement*.

Donc, d'abord, afin de battre de *plein fouet* et à courte distance certains ouvrages de l'ennemi, notre flotte de haute mer réclame le concours de nos garde-côtes et de nos canonnières cuirassés, auxquels leur tirant d'eau relativement petit rendra plus facile l'approche de ces ouvrages. Mais, en outre, afin de couvrir la place assiégée de *feux plongeants*, elle a besoin de navires que nous ne trouvons aujourd'hui dans aucune marine : il lui faut des *bombardes*.

L'utilité, la nécessité même des feux plongeants de la flotte, en pareille circonstance, ressort d'un grand nombre de faits des guerres que nous avons étudiés : les Français et les Anglais en ont fourni des exemples à Sébastopol, Kinburn et Sweaborg ; les Américains, aux forts Jackson et Saint-Philip, à Vicksburg, etc. ; les Brésiliens, à Humaita.

Le *navire-bombarde* est donc aussi nécessaire et peut-être plus nécessaire que jamais. Voici comment nous le comprenons : coque assez grande pour qu'elle puisse suivre partout une escadre ; cofferdam, pont en acier d'une certaine épaisseur ; vitesse de 10 à 12 nœuds ; 1 mortier marin (§ 137) de 30^{cm} et 2 obusiers rayés de 22^{cm}.

Nous ne voyons pas, d'ailleurs, ce qui empêcherait de donner à ces navires toutes les qualités nautiques indispensables pour prendre part même à une expédition lointaine ; et c'est pour cela que nous les rangeons parmi les navires *de haute mer*.

Les éléments de comparaison nous manquent pour fixer avec une approximation suffisante le prix d'un *navire-bombarde* ; ce prix, néanmoins, ne nous semble pas devoir excéder 1.500.000 francs.

§ 445. **La flotte de débarquement.** — Les navires-transports nous conduisent à parler de ce que doit être une flotte

de bâtiments de cette espèce, constituée en vue du débarquement d'une armée ou d'un corps d'armée.

On a dit, il est vrai, que des expéditions semblables sont devenues impossibles ou presque impossibles aujourd'hui, en présence des *nations armées* et de la facilité que leur donnent les voies ferrées pour une concentration rapide des forces nécessaires à la défaite immédiate des troupes ennemies imprudemment débarquées. Il est bien facile, cependant, comme l'établit M. le lieutenant de vaisseau Degouy dans ses belles études sur les « *opérations combinées de terre et de mer* », de prévoir nombre de circonstances où, dans notre vieille Europe elle-même, un simple corps d'armée de 30.000 hommes, très rapidement débarqué par une puissance maîtresse de la mer, suffirait, soit à opérer une diversion peut-être décisive, soit à raffermir le courage d'un allié chancelant.

Mais de quels éléments doit se composer, en pareil cas, la flotte portant les troupes? Quelques marins prônent le retour aux grandes *flottes* de bateaux que nous montre l'antiquité, flottes qui seraient rajeunies en quelque sorte par l'application de la vapeur et par les progrès de l'architecture navale. Certes, s'il s'agissait simplement de reprendre le rêve de Napoléon I^{er} au camp de Boulogne, ou, mieux encore, de faire traverser en plein été, dans la Méditerranée, un espace de quelques lieues de mer à une armée de 100.000 hommes; certes, alors, une pareille idée serait bien séduisante. Mais serait-il prudent de se fier à un semblable mode de transport pour une traversée plus longue, dans les mers orageuses du nord de l'Europe, ou, même, dans la Méditerranée? Il serait facile, du reste, de trouver, dans les ouvrages de l'éminent amiral Jurien de la Gravière, plus d'un exemple démontrant qu'un coup de vent, souvent fort modéré, suffisait pour anéantir presque totalement ces grandes flottes chargées des soldats d'Athènes, de Rome ou de Carthage.

Songera-t-on, d'autre part, à utiliser pour le transport d'un corps d'armée les énormes cuirassés qui, comme l'*Italia*, peuvent prendre chacun, à leur bord, 4.000 soldats d'infanterie et une batterie de campagne? Non, certes, car tous les marins savent que les navires de combat, ayant à défendre au besoin le convoi qu'ils escortent, doivent, sous peine de perdre une grande partie de leur valeur militaire, rester complètement dégagés, et sans

autre personnel à leurs bords que leurs équipages réglementaires.

C'est donc aux navires-transports, à de vrais navires, non à des bateaux, qu'il faut demander les éléments nécessaires pour constituer une *flotte de débarquement*.

Or, la flotte à vapeur de commerce d'une grande puissance maritime peut-elle, en temps de guerre, suffire à cette tâche? Non, car si les paquebots rapides sont en mesure d'être tout de suite et très avantageusement utilisés pour le transport du personnel, et les navires de charge, — les *cargo-boats*, — pour celui d'une partie du matériel, il faut des bâtiments installés d'une manière spéciale pour recevoir soit les chevaux, soit certains objets du matériel de siège et de campagne, soit certaines grandes embarcations faisant partie de la *flottille de débarquement*. C'est donc l'État qui est obligé de construire et d'entretenir cette partie indispensable de la flotte de transport.

Nous allons essayer, maintenant, de montrer comment doit être partagée la flotte de débarquement. L'opération de la descente sur une plage ennemie comprend trois phases distinctes : 1° mise à terre, extrêmement rapide, d'une forte avant-garde d'infanterie, accompagnée de quelques pièces légères et de quelque cavalerie, pour s'emparer du terrain, faire des reconnaissances, repousser les premières troupes de l'ennemi ; 2° mise à terre, également prompte, mais forcément d'une durée beaucoup plus longue, du gros de l'armée assaillante ; 3° débarquement du gros matériel et de la grande masse des approvisionnements de toute sorte.

A chacune de ces phases correspondra en quelque sorte une escadre de navires-transports, escadre appropriée au but que l'on veut atteindre. Occupons-nous, d'abord, des transports de l'avant-garde. Ces transports devront avoir un faible tirant d'eau, par conséquent des dimensions relativement modérées, afin qu'en mouillant très près de terre ils puissent, sous la protection du feu des petits navires de combat de la flotte d'escorte, débarquer très rapidement les troupes et l'artillerie légère mises à leurs bords.

A ce propos, M. Degouy cite un fait caractéristique et, croyons-nous, peu connu dans notre marine. Il paraît que, pendant la guerre de 1854, le gouvernement anglais avait acheté trois vapeurs du commerce à très faible tirant d'eau, et que chacun de

ces vapeurs, en s'échouant sur la plage d'Old-fort, put mettre à terre en un clin d'œil un bataillon tout entier. Or, si pareille chose a pu se faire avec des navires empruntés au commerce, ne doit-on pas attendre beaucoup mieux de navires à très faible tirant d'eau également, mais de plus spécialement construits et installés en vue du but poursuivi? Il y a donc lieu, croyons-nous, de rechercher le meilleur type de bâtiment de cette espèce, pour en faire l'un des éléments de la flotte de débarquement : après avoir rempli son rôle dans l'escadre d'avant-garde, il pourrait encore servir à débarquer, après transbordement, les troupes du corps de bataille.

Ce corps de bataille de la flotte de débarquement serait composé, en effet, de paquebots rapides, de transports-écuries, de transports-hôpitaux, etc., tous très grands navires, obligés par conséquent de mouiller assez loin de terre.

Quant à l'arrière-garde, portant le gros matériel et la principale masse des approvisionnements, elle serait surtout composée de *cargo-boats*, qui mouilleraient en troisième ligne, sous la protection immédiate des grands navires de combat, et dont le déchargement serait moins urgent.

Il nous reste à dire quelques mots de la *flottille* nécessaire pour la mise à terre très prompte des troupes, des chevaux, de l'artillerie de campagne et des approvisionnements indispensables aux premiers besoins de l'armée, flottille qui, du reste, servira ensuite au débarquement du gros matériel.

Les principaux éléments de cette flottille sont, on le sait, les chaloupes ou canots à vapeur et les chalands; et, si l'on veut que l'opération marche vite, il faudra que les navires de la flotte de débarquement en amènent avec eux un grand nombre. Malheureusement, les chalands dont on s'est servi jusqu'à ce jour sont lourds et encombrants; jamais les flottes de transport n'ont pu en prendre en aussi grande quantité qu'il eût été désirable. Or, M. Degouy nous apprend que l'on a confectionné et expérimenté en Angleterre des chaloupes et des chalands *en toile et repliables*, d'après le système Berthon, longs de 12 à 13^m, larges de 3 à 4^m, avec un tirant d'eau de 30 à 40^{cm}. Les chaloupes de ce modèle peuvent porter beaucoup de monde, et chacun des chalands peut recevoir une pièce de campagne, avec ses accessoires et ses attelages. Le peu d'encombrement de ces embarcations, une fois

qu'elles sont repliées, permet d'en embarquer un très grand nombre sur une flotte de transport. Il nous semble donc qu'aides par les petits navires à vapeur d'*échouage* dont nous avons parlé plus haut, elles pourraient apporter une rapidité inconnue jusqu'à ce jour au débarquement d'une armée sur le sol ennemi.

Tels sont les principaux éléments qui nous paraissent devoir constituer, à l'heure actuelle, les *flottes* et les *flottilles de débarquement*.

§ 446. **Le « navire-transport ».** — Aussi bien pour le siège d'une place maritime que pour un débarquement, la flotte assaillante aura évidemment besoin d'un certain nombre de transports spéciaux, et que les navires empruntés au commerce ne sauraient suppléer. Le type de ces navires n'est plus à chercher : il est bien connu en France et en Angleterre, où il a fait ses preuves.

Le prix d'un navire-transport peut varier de 1 à 4 millions, suivant les dimensions de sa coque, la puissance de son appareil moteur, la nature de ses emménagements, etc.

§ 447. **Composition de la « flotte de siège et de débarquement ».** — Ainsi, d'une part, les *cuirassés*, les *éclaireurs*, les *contre-torpilleurs*, les *bombardes* et les *transports* de la *flotte de haute mer*; de l'autre, les *garde-côtes*, les *canonnières cuirassées* et les plus grands *bateaux-torpilleurs* de la *flotte côtière* constitueront tous les éléments nécessaires de la *flotte de siège*, et de la *flotte de débarquement*.

Il est à peine besoin d'ajouter qu'éventuellement des *bateaux sous-marins* de défense mobile intérieure, transportés par les grands navires sur le théâtre même des opérations d'un siège maritime, pourraient rendre les plus grands services, non seulement en essayant de *torpiller* les navires de l'ennemi réfugiés dans la rade bloquée, mais encore en faisant la reconnaissance des défenses sous-marines de cette rade, en coupant les fils des torpilles fixes, etc.

§ 448. **Le « croiseur de combat ».** — Arrivons au troisième objectif (§ 438) qui s'impose à une grande marine : protéger sur toutes les mers le commerce national, et attaquer celui de l'ennemi.

Manifestement, la protection du commerce national ne peut être obtenue qu'au moyen de croiseurs plus forts que la généralité des navires ennemis qui cherchent à ruiner ce commerce; doués en même temps d'une vitesse assez considérable pour échapper aux gros cuirassés ou aux divisions navales qu'ils pourraient rencontrer, capables aussi d'imposer le respect de leur pavillon à une place maritime lointaine ou à une colonie étrangère qui serait tentée de l'oublier; tel nous paraît être le rôle des *croiseurs de combat*.

Remarquons tout de suite que, dans les diverses marines, les cuirassés actuels, dits *cuirassés de croisière*, ne peuvent nullement en tenir lieu aujourd'hui : leurs qualités nautiques sont médiocres, leur artillerie, presque toute en barbette, n'est point protégée contre les nouveaux projectiles à grande explosion; enfin, et surtout, leur vitesse de 12 à 14 nœuds est absolument insuffisante. D'autre part, on ne peut donner à un croiseur les énormes dimensions d'un cuirassé d'escadre : il faut donc se résigner à composer son armement en artillerie de pièces de moyen et de petit calibres, et limiter sa protection à celle que peuvent lui donner d'excellentes dispositions intérieures contre l'éperon et la torpille, et des plaques de cuirasse en acier relativement peu épaisses contre les obus à grande explosion.

En tant que coque, le nouveau croiseur *Dupuy-de-Lôme* nous paraît satisfaire aux conditions voulues : déplacement de 6.000 tonnes; larges approvisionnements; vitesse de 20 nœuds; trois hélices; cofferdam étendu et perfectionné; pont supérieur cuirassé un peu en dos de tortue; deuxième pont blindé, dit *pare-éclats*, en contre-bas du précédent et protégeant immédiatement l'appareil moteur; ceinture en acier de 10^{cm} d'épaisseur; œuvres mortes légèrement blindées contre les obus à la mélinite.

Pour l'artillerie, voici ce que nous voudrions : dix canons de 16^{cm}, tous en réduit également cuirassé à 10^{cm}, deux de ces pièces pouvant tirer en chasse et deux en retraite; petite artillerie à tir rapide, protégée dans la mesure du possible; enfin pour le *bombardement*, avec le tir plongeant et à grande distance, quatre obusiers rayés de 22^{cm} en barbette, du genre des *mortiers marins* (§ 137), deux de ces dernières pièces pouvant tirer, l'une en chasse, l'autre en retraite, et toutes quatre du même bord à la fois. De près, contre un navire, l'artillerie protégée serait seule

employée. Enfin le croiseur de combat aurait un solide éperon, un armement en torpilles Whitehead, et une voilure lui permettant de profiter des brises favorables.

Tel que nous venons de le décrire, et muni de projectiles à grande explosion, il aurait, croyons-nous, une très grande supériorité sur les puissants navires non cuirassés de toutes les marines; et, en calculant bien sa distance, dont il serait toujours maître grâce à sa vitesse, il pourrait contraindre promptement à la retraite les *cuirassés de croisière* dont la grosse artillerie est en barbette. Il serait, de plus, en mesure de jeter la terreur dans les places coloniales de l'ennemi, et de protéger le commerce national sur les côtes comme sur les mers lointaines.

L'estimation officielle du prix auquel reviendra un *croiseur protégé* du type *Dupuy-de-Lôme* est de 10.400.000 francs.

D'autre part, en l'état actuel des choses, on doit considérer comme de véritables *croiseurs de combat* les plus nouveaux de nos *croiseurs non protégés* de 1^{re} et de 2^e classe. Un croiseur de 1^{re} classe, tel que l'*Alger*, est évalué à près de 7 millions; un croiseur de 2^e classe, tel que le *Suchet*, à un peu plus de 5 millions.

En terminant ce paragraphe, nous mentionnerons le nouveau type de grands croiseurs *protégés*, dits *Greyhounds* (§ 454), que les Anglais viennent d'adopter, tels que le *Blake* et le *Blenheim*. Ils ont 114^m de long sur 19^m de large, et 9.000 tonnes de déplacement. La coque est à double fond et tout en acier; l'acier est pareillement employé pour leur ceinture cuirassée et leur pont blindé en dos de tortue. La vitesse maxima atteint 22 nœuds, avec 20.000^{chx} indiqués appliqués à des hélices jumelles. L'armement consiste en canons à tir rapide de 15 à 12^{cm} et au-dessous, et en torpilles. Le rayon d'action va jusqu'à 3.000 milles à la vitesse normale de 20 nœuds. Le prix total de ces ships imposants n'a pas dépassé 10 millions, au moins paraît-il. La situation commerciale particulière de l'Angleterre l'oblige à ce suprême effort, pour protéger ses navires marchands dans les mers les plus lointaines.

§ 449. **Le « croiseur de course » et le « croiseur auxiliaire ».** — A côté du croiseur de combat, il faut encore considérer le simple *croiseur de course*; la question est alors bien différente. Pour attaquer le commerce ennemi sur les mers

de l'Europe, des *éclaireurs d'escadre*, comme celui que nous avons décrit au § 441, semblent remplir toutes les conditions voulues. Mais pour atteindre le même but sur les mers lointaines, il faut des navires plus grands, possédant les meilleures qualités nautiques, portant de très larges approvisionnements, ayant une voilure suffisante pour qu'ils puissent l'utiliser dans leurs longues navigations, doués surtout d'une vitesse extrême, afin qu'ils soient en mesure de capturer les plus rapides paquebots de l'ennemi, et d'échapper par la fuite à ses croiseurs de combat. Telles sont les conditions que doit remplir, croyons-nous, le *croiseur de course*.

L'unique mission de ce genre de croiseur devant être d'atteindre les navires marchands de l'ennemi, autrement dit des bâtiments sans défense, il n'est pas, à vrai dire, un navire de combat. Chez lui, tout doit être sacrifié aux diverses qualités énumérées ci-dessus. Donc, coque de 3.000 tonneaux environ, cofferdam restreint, nulle part de cuirasse, pas de torpilles, pas d'éperon proprement dit; pour artillerie, quatre canons de 14^{cm} et quelques pièces à tir rapide, le tout à ciel ouvert; nombre et genre d'hélices convenant le mieux à la marche; vitesse extrême, qui, aujourd'hui, doit pouvoir atteindre 21 à 22 nœuds en service courant; mâture réduite, permettant néanmoins d'utiliser les brises favorables. On aura ainsi, à notre avis, le bon *croiseur de course*.

Un *croiseur de course*, comme nous le comprenons, coûterait sans doute plus cher qu'un de nos croiseurs neufs de 3^e classe, dont le prix est de 3.400.000 francs, et moins cher qu'un de nos croiseurs de 2^e classe, dont le prix dépasse 5 millions. On peut donc le fixer approximativement à 4.200.000 francs.

Les pays qui possèdent de grandes lignes de paquebots postaux, ont d'ailleurs les moyens d'accroître singulièrement le nombre de leurs croiseurs de course par la transformation des plus rapides de ces paquebots en *croiseurs auxiliaires*. Toutes les grandes puissances maritimes de l'Europe ont déjà pris des mesures dans ce but, soit en faisant préparer l'armement en artillerie d'un certain nombre de paquebots déjà en service, soit en exigeant que les nouveaux bâtiments construits par les compagnies de navigation subventionnées présentent des dispositions telles, qu'ils puissent devenir, du jour au lendemain, d'excellents croiseurs de course. En Angleterre, notamment, ces nouveaux

bâtiments ne sont mis en chantier qu'après approbation par l'amirauté de tous les détails de leur construction. Leur coque est divisée en un très grand nombre de compartiments étanches; leur pont principal n'offre aucune ouverture pouvant donner passage aux projectiles de l'ennemi; enfin, ils sont installés de manière qu'ils puissent recevoir en 48 heures un armement de 12 à 14 canons.

Plusieurs de ces nouveaux *croiseurs auxiliaires*, comme la *City-of-Paris*, possèdent des vitesses tellement supérieures qu'en temps de guerre ils deviendraient extrêmement redoutables, même pour les plus rapides paquebots des puissances ennemies de l'Angleterre. Ils font en six jours la traversée de Queenstown à New-York, avec une vitesse *moyenne* de 19 à 20 nœuds, voir même de 21 nœuds par beau temps, mettant ainsi en évidence une qualité maîtresse qu'on rencontre bien rarement, l'*endurance* (§451), c'est-à-dire la possibilité de conserver en service courant les sillages maximum du début. Dans leurs essais, ils ont atteint la vitesse de 22 nœuds. Ces navires ont 170^m de long sur 17^m de large; ils jaugent 10.000^{tx}; et leur appareil moteur développe 16 à 17.000^{ch} indiqués. Leur prix est de 8 millions environ,

§ 450. **Composition générale de la « flotte de haute mer ».** — Résumons-nous.

La *flotte de haute mer*, telle que nous la comprenons, doit donc se composer : 1° pour le combat d'escadre ou l'attaque des places fortes maritimes, de *cuirassés*, d'*éclaireurs* et de *contre-torpilleurs* d'escadre, puis de *bombardes* et de *transports*, éventuellement de *navires sous-marins*; 2° pour la protection du commerce national et la guerre de course, de *croiseurs de combat*, de *croiseurs de course* et de *croiseurs auxiliaires*.

Il sera même utile d'adjoindre aux escadres de haute mer des transports spéciaux à bonne vitesse, embarquant de très petits torpilleurs, au besoin sous-marins, destinés à être mis à la mer au moment de l'action. A propos des bateaux sous-marins, il y a lieu de remarquer qu'ils se perfectionnent chaque jour dans leurs détails jusque-là douteux; et les bons peuvent être regardés comme entrés dans le domaine de la pratique. Ainsi, pour le *Gymnote*, on a chargé son pont d'un casque qui rentre à volonté à l'intérieur, et qui permet de bien voir quand on navigue à fleur

d'eau. Par ailleurs, on a installé un gyroscope électrique, pour remplacer avantageusement le compas, qui, si bien compensé qu'il soit, n'en est pas moins défectueux dans une coque en acier, au milieu de nombreux courants électriques. Enfin, pour explorer les alentours du bateau immergé, on se sert d'un *périscop*e à prisme et à tubes rentrants, qui embrasse l'horizon.

A un autre point de vue, il y a lieu de réserver, comme au § 435, l'avenir pour l'armement de certains navires avec des canons pneumatiques Zalinski.

§ 451. **Rayons d'action des bâtiments de combat actuels et futurs. Endurance des machines.** — Jusqu'à présent nous n'avons rien dit des *rayons d'action* des divers types de navires considérés par nous comme les éléments nécessaires d'une flotte complète. Or ces rayons d'action, — autrement dit *les distances franchissables par tel et tel navire, aux diverses allures, avec leurs approvisionnements normaux de combustible*, — constituent l'un des principaux facteurs de la force militaire sur mer.

Considérons d'abord les navires ou bateaux de la flotte côtière, en commençant par ceux de la flottille de défense intérieure. Il est évident que ces derniers, affectés à la défense d'une rade déterminée, tout au plus d'une partie très restreinte du littoral, et pour lesquels l'invisibilité relative et l'extrême petitesse du tirant d'eau sont des qualités essentielles, peuvent et même doivent se contenter d'un très faible approvisionnement de combustible, par suite aussi d'un très court rayon d'action. Nos bateaux torpilleurs de 2^e classe, excellents pour ce service, sont capables de franchir, dans la pratique courante, 200 milles marins à la vitesse de 17 nœuds, 350 milles à 13 nœuds, et 580 milles à 10 nœuds. C'est plus que suffisant. Nous sommes loin d'en demander autant pour les bateaux porte-torpille de 20 tonneaux; et nous n'en demandons pas davantage pour les petits béliers cuirassés, que nous voudrions voir ajouter à la flottille de défense intérieure.

Pour les navires ou bateaux de la flottille de défense extérieure, les conditions sont déjà très différentes. Il faut, en effet, que ces bâtiments puissent se mouvoir assez rapidement et par tous les temps où l'on se bat sur mer; et cela, au besoin, d'une extrémité

à l'autre du littoral qu'ils ont mission de défendre. Il faut aussi que les plus grands d'entre eux puissent accompagner une escadre de haute mer jusque devant telle ou telle place étrangère des côtes de l'Europe, pour en faire le siège; un rayon d'action moyennement étendu leur est donc nécessaire. Un garde-côtes cuirassé tel que le *Furieux* peut franchir 900 milles à la vitesse de 12 ou 13 nœuds, et 1.500 milles environ à la vitesse de 10 nœuds.

C'est un peu court, puisque de la sorte son approvisionnement normal de 330 tonnes de charbon lui permet à peine de passer, sans relâcher, de Brest à Toulon. C'est pire encore pour les canonnières cuirassées, qui, même avec une médiocre vitesse de 9 nœuds, ne peuvent parcourir que 800 milles. Les torpilleurs de 33 mètres de long et 50 tonnes de déplacement, excellents du reste à tous les autres points de vue, ont leur rayon d'action limité à 900 milles environ, pour 10 nœuds de vitesse, tandis que les torpilleurs de 38 mètres de long parcourent 1.800 milles au même sillage.

Il serait fort à désirer pour la France qu'une partie au moins de sa flotte côtière puisse, en temps de guerre, et par suite sans renouveler en route son approvisionnement de combustible, passer, suivant les besoins du moment, de la défense de ses côtes de la Manche et du golfe de Gascogne à la défense de ses côtes de la Méditerranée, ou inversement. N'est-ce pas le cas de constater ici combien le creusement d'un *canal des Deux mers*, de 8 à 9 mètres de profondeur, joignant le golfe de Gascogne au golfe du Lion, simplifierait, pour nos navires de toute catégorie et surtout pour ceux de la flotte côtière, cette question du rayon d'action si importante et si difficile à résoudre?

Dans l'état actuel des choses, il nous paraît désirable que les navires de notre flottille de défense extérieure, — sauf les *bateaux-canon*s, mais y compris les *contre-torpilleurs* que nous demandons de lui adjoindre, — puissent prendre un approvisionnement de combustible leur permettant de franchir, à 9 ou 10 nœuds, 1.800 milles marins.

Nous rangeons dans la même catégorie de navires, sous le rapport du rayon d'action, les *bombardes*, ce complément indispensable aujourd'hui de toute flotte de siège. Quant aux *bateaux-canon*s, type Farcy, comme il importe par-dessus tout de leur conserver de très faibles dimensions, on peut se contenter

de leur demander un rayon de quatre ou cinq cents milles marins à la vitesse de 10 nœuds.

Passons à la flotte de haute mer, et considérons d'abord les *navires d'escadre* : *cuirassés*, *éclaireurs*, *contre-torpilleurs*, et aussi *avisos-torpilleurs* et *torpilleurs de haute mer* [bien que ces deux derniers types de navires ne nous paraissent pas nécessaires dans la composition d'une flotte de guerre (§ 439)]. En thèse générale, tous les navires faisant partie d'une escadre de combat européenne doivent avoir assez de combustible pour être en mesure de passer de la Manche dans la Méditerranée, ou inversement, avec une vitesse de 10 nœuds, et de tenir encore la mer pendant quelques jours. Quant aux *éclaireurs*, obligés de faire beaucoup plus de route que les autres navires de l'escadre qu'ils ont mission de flanquer ou de précéder à d'assez grandes distances, de renseigner constamment et de mettre en garde contre toute surprise, — en un mot d'*éclairer*, — ils doivent posséder un rayon d'action plus grand d'un bon tiers que celui de ces mêmes navires.

Le rayon d'action des cuirassés d'escadre est, en moyenne, de 1.100 milles, à 13 ou 14 nœuds, et de 3.000 milles, à 10 nœuds. Ce n'est pas tout à fait suffisant; il faudrait, pour les nouveaux types, que la distance franchissable par ces navires, dans les dites conditions, soit de 3.500 à 4.000 milles.

Les bons *éclaireurs d'escadre*, qui sont des croiseurs de 2^e classe, franchissent 1.100 milles à 17 nœuds, et 2.000 milles à 12 nœuds. Les croiseurs de 3^e classe, également destinés au service d'éclaireurs, sont moins bien partagés au point de vue du rayon d'action. Les *éclaireurs d'escadre* du meilleur spécimen sont à même de parcourir 2.000 milles à toute vitesse au tirage naturel, et 5.000 milles à 10 ou 12 nœuds.

Les rayons d'action des avisos-torpilleurs du type *Bombe* atteignent 700 milles à 18 nœuds, 1.600 milles à 13 nœuds, 3.000 milles environ à 10 nœuds; mais ces rayons sont, en général, beaucoup trop courts. Avec les torpilleurs de haute mer, il faut 500 milles à 18 nœuds, 1.000 milles à 13 nœuds et 1.800 milles à 10 nœuds.

En principe, tous les navires auxiliaires qui précèdent, — ainsi que les *contre-torpilleurs d'escadre*, qui ne figurent encore qu'en nombre insignifiant dans la plupart des marines —, de-

vraient avoir des rayons d'action au moins égaux à ceux des cuirassés d'escadre qu'ils doivent accompagner partout.

Arrivons enfin aux *croiseurs proprement dits*, aux navires spécialement destinés à naviguer et à combattre au besoin sur les mers les plus lointaines. Si sur les navires de la flotte côtière et sur les bâtiments d'escadre on peut être contraint de sacrifier les avantages d'un rayon d'action considérable à des qualités militaires encore plus essentielles, il est évident que pour les *croiseurs*, tels que nous les entendons aux §§ 448 et 449, un rayon d'action très étendu est aussi indispensable qu'une grande vitesse : ce sont là ses deux qualités maîtresses. Jusqu'ici les *croiseurs* de 2^e et de 3^e classe ne peuvent d'ordinaire franchir à 10 nœuds que des distances respectives de 3.000 et 2.500 milles marins environ. Et les croiseurs de 1^{re} classe ne vont guère au delà de 4.500 milles au même sillage. Les derniers grands croiseurs anglais (§ 448) atteignent des parcours de 3.000 milles à 20 nœuds, et de 23.000 milles à 10 nœuds.

Les croiseurs-torpilleurs ne peuvent d'ordinaire franchir que 900 milles à 15 nœuds, et 2.500 milles à 10 nœuds. Toutefois, les croiseurs-torpilleurs anglais, type *Scout*, sont mentionnés comme pouvant franchir 7.000 milles à la vitesse de 8 à 10 nœuds.

Les grands paquebots transatlantiques ont naturellement pour rayon d'action la longueur de leurs traversées ; et ainsi les plus remarquables d'entre eux ont cet élément qui atteint 2.700 milles à 20 nœuds. Nous citerons encore les cargo-boats de 2.500 tonneaux, qui font d'une seule traite le parcours d'Angleterre à Melbourne, avec un rayon d'action de 14.000 milles pour une dépense de 1.300 tonnes de charbon.

Ce n'est pas tout que l'approvisionnement de charbon permette de réaliser un rayon d'action déterminé. Il faut encore que les machines s'y prêtent, sans amener dans tout le parcours des arrêts ou au moins des diminutions de sillage, pour avaries ou échauffements dans une partie quelconque de l'appareil, notamment aux chaudières, surtout en cas de tirage forcé. Cette qualité maîtresse des machines s'appelle *l'endurance* ; et elle doit non seulement se manifester pour un parcours complet, mais pour un grand nombre de traversées consécutives, après des réparations secondaires et un entretien convenable entre chacune de celles-ci. Nous devons prévenir qu'elle est très rare,

surtout à bord des navires de guerre de toutes les nations. Il n'y a jusqu'ici que les grandes compagnies de navigation qui soient parvenues à réaliser l'*endurance* de leurs machines, grâce à des soins infinis de construction et d'entretien apportés à toutes les parties qui fatiguent le plus, et grâce aussi au choix d'un personnel d'élite et permanent de mécaniciens.

§. 452. **Rayons de giration des navires actuels et futurs.** — C'est encore ici une question de très haute importance, au moins pour certains types de navires : en première ligne, les petits béliers et les torpilleurs de la défense mobile intérieure.

Inutile d'insister sur ce fait, que la nature même de l'arme unique de chacun de ces bâtiments, — éperon pour les premiers, torpille portée ou torpille automobile avec tube lanceur fixe pour les seconds —, leur impose la nécessité de tourner vite et de décrire une circonférence de très court rayon. Des *bateaux-vedettes* construits par M. Thornycroft, et d'un type déjà ancien, tournent, à la vitesse de 10 nœuds, avec un rayon de giration qui n'atteint pas 60^m. C'est là un excellent résultat, qu'il est désirable et sans doute possible d'obtenir à bord de tout bateau torpilleur de très petites dimensions, et aussi à bord de tout *bélier sans artillerie*, spécialement destiné à la défense *intérieure* des rades.

Les gros garde-côtes cuirassés mettent de 4 à 7 minutes pour décrire une circonférence complète, avec un rayon de giration de 100 à 125^m. C'est très suffisant, sinon toujours comme rapidité, au moins comme cercle d'évolution, surtout si l'on considère que l'éperon n'est pas la seule arme de ces garde-côtes, qui disposent encore d'une puissante artillerie.

Mais le rayon de giration, de 150^m environ, de la plupart de nos torpilleurs de 1^{re} et de 2^e classe, est certainement trop grand. Tant qu'on aura des bateaux à tubes lanceurs fixes, c'est-à-dire des torpilleurs obligés de *pointer* uniquement avec le gouvernail, il sera indispensable de chercher à réduire le plus possible la longueur de leur rayon de giration.

En thèse générale, les navires de la flotte de haute mer ont à se préoccuper beaucoup moins, que ceux de la flotte côtière, d'obtenir un court rayon de giration. En effet, l'éperon n'est pas leur arme

principale; et, d'autre part, ils peuvent presque toujours pointer leurs torpilles à l'aide d'un affût mobile, sans être obligés de recourir à leur propre gouvernail. Il est donc permis de sacrifier, ici, parfois dans une très large mesure, la rapidité de l'évolution et la petitesse du rayon de giration à d'autres qualités militaires plus essentielles.

Cependant, comme le cuirassé d'escadre, dans une mêlée, peut trouver des occasions assez fréquentes d'utiliser son éperon, il doit posséder des qualités évolutives, sinon supérieures, du moins très bonnes. Les grands cuirassés mettent, suivant l'allure adoptée, de 4 à 8 minutes pour décrire une circonférence dont le rayon varie de 215 à 310^m. Ce sont là, croyons-nous, des conditions acceptables pour la giration d'un pareil navire, ce qui ne veut pas dire qu'il ne serait pas utile de les rendre encore meilleures.

Inutile d'insister sur les motifs qui font que les *éclaireurs* et les *contre-torpilleurs d'escadre* ne doivent rien sacrifier de leurs qualités essentielles, — vitesse extrême et grand rayon d'action —, à l'avantage d'évoluer rapidement et avec un court rayon de giration.

Ceci est encore plus vrai, peut-être, pour les croiseurs de toute catégorie, dont l'arme principale, — nous pourrions presque dire l'arme unique, — est le canon, et qui doivent viser, avant tout, à l'extrême vitesse et à l'*extension du rayon d'action jusqu'aux limites du possible*. Nous ne voyons donc rien d'exagéré dans le rayon de giration ordinaire de la plupart de ces bâtiments, qui varie de 260 à 410^m, avec 6 ou 8 minutes comme durée de l'évolution complète.

§ 453. **Réflexions terminales.** — Nous avons mentionné, dans ce qui précède, les diverses espèces de flottes qui peuvent être nécessaires aux différentes opérations de guerre navale des grandes nations maritimes; et nous avons indiqué les divers types de navires qui doivent, suivant nous, entrer dans leur composition. Mais si l'on songe aux centaines de millions, — nous pourrions dire aux milliards —, que coûterait une flotte complète, où entreraient sans exception tous les éléments que nous avons énumérés, et cela en nombre suffisant pour parer à n'importe quelle éventualité, on acquiert bien vite la conviction que, seule,

une puissance essentiellement maritime, comme l'Angleterre, peut se permettre un pareil luxe.

Par contre, une nation à la fois continentale et maritime qui, pour constituer son matériel naval, épuiserait la liste de tous les types de bâtiments, en disant : « Je veux tant de navires de telle sorte, tant de telle autre, etc. », cette nation aura bien des chances de faire fausse route. Afin de rentrer dans le droit chemin, elle devra serrer la question de plus près, et se proposer un objectif déterminé, qui lui permettra de choisir les plus nécessaires entre tous les éléments de force navale qui s'offrent actuellement. Une fois son but et ses moyens d'action mûrement discutés et nettement définis, elle ne devra plus s'en laisser détourner.

« Faites de la bonne politique, et je vous donnerai de bonnes finances », disait à ses collègues un ministre de la Restauration. Un ministre de la marine pourrait dire aujourd'hui avec non moins de raison : « Faites de la politique nette et suivie, et je vous donnerai la flotte qu'il vous faut. »

L'objectif invariablement et clairement fixé au triple point de vue politique, maritime et militaire, il devient facile, en effet, de déterminer la nature et le nombre des divers éléments qui devront entrer dans la flotte chargée de concourir aux opérations entreprises pour atteindre cet objectif. Cette détermination exigera, dès lors, qu'on fasse entrer en ligne de compte une foule de considérations de première importance, sûrs et indispensables guides qui eussent totalement manqué dans le cas contraire. Force et composition de la flotte adverse ; rôle qu'elle peut jouer dans une mer commune, entre les rivages opposés de laquelle il y a un intérêt capital à garder la liberté de communication ; étendue plus ou moins grande du commerce et des colonies de l'ennemi ; configuration et défenses de ses côtes : telles sont les précieuses indications qui permettront de donner son développement logique à un matériel naval en voie de formation, si l'on aperçoit clairement le but poursuivi.

Quel que soit ce but, la première préoccupation de toute puissance maritime est aujourd'hui, de mettre son propre littoral à l'abri d'une attaque inopinée. Préoccupation suffisamment justifiée par la rapidité avec laquelle une flotte ennemie peut se montrer devant tel ou tel point de ce littoral, y causer d'incal-

culables ravages, y transporter et débarquer des troupes. C'est dire que la flotte côtière paraît destinée à remplir un rôle très important dans les guerres maritimes de l'avenir. Mais sa composition doit être subordonnée à l'emploi que l'on en veut faire.

Supposez, par exemple, que l'ennemi contre lequel vous vous préparez soit incontestablement maître de la haute mer, parce qu'il possède des cuirassés d'escadre en trop grand nombre pour que vous puissiez les combattre : ayez alors une flotte côtière très complète, composée des éléments qui conviendront le mieux à la protection de votre littoral maritime. Si les points importants que vous avez à défendre, arsenaux maritimes ou autres, sont hors des atteintes directes d'une flotte ennemie, étant précédés à bonne distance d'une entrée de fleuve, d'un passage étroit, d'un long goulet facile à garder au moyen de batteries de terre, de lignes de torpilles fixes, d'estacades, etc., construisez beaucoup de bateaux-torpilleurs, avec quelques béliers de défense intérieure ; laissez de côté les garde-côtes de défense extérieure et les chaloupes-canonnières.

Avez-vous à protéger, au contraire, des arsenaux en pleine vue du large, des baies, des entrées très ouvertes, que les batteries de terre ne peuvent couvrir entièrement de leurs feux, ni les lignes de torpilles fixes, barrer dans toute leur largeur : construisez alors des garde-côtes à tourelles, des chaloupes-canonnières, et des bateaux-torpilleurs de défense extérieure.

De même pour ce qui concerne les éléments de la flotte de haute mer. Ainsi, vous comptez avoir pour adversaire un peuple qui ne possède ni colonies, ni commerce maritime étendus. Sa flotte cuirassée peut offrir une sérieuse résistance à la vôtre ; mais, en somme, vous espérez la vaincre. Votre intention est d'envahir le territoire de l'ennemi, et de faire soutenir vos troupes de terre par votre flotte, très supérieure à la sienne. En ce cas, aucune hésitation n'est possible : pas de croiseurs de course, peu de croiseurs de combat, consacrez surtout votre argent disponible à l'accroissement du nombre et de la force de vos cuirassés, de vos éclaireurs, de vos contre-torpilleurs, de vos bombardes, qui vous rendront maîtres de la mer, et vous permettront d'agir, ensuite, contre les côtes de l'ennemi. N'oubliez pas, dans ce cas, de constituer une bonne flotte de débarquement.

Cas tout différent. Vous craignez d'avoir à lutter contre une

grande nation maritime à laquelle vos ressources ne vous permettent pas de disputer l'empire de la haute mer ; cette puissance possède, du reste, un commerce maritime très étendu, des colonies riches et nombreuses, mais mal protégées : renoncez franchement à construire de coûteux cuirassés d'escadre. Après avoir constitué une solide flotte côtière de défense, consacrez les sommes qui vous restent à lancer sur toutes les mers des croiseurs de course et de combat, nombreux, rapides surtout, capables de défier la poursuite des meilleurs marcheurs de l'ennemi.

Nous pourrions ainsi passer en revue les circonstances diverses qui peuvent et doivent influencer sur la composition des forces navales de chaque pays ; les exemples qui précèdent suffisent.

Il résulte de cette discussion que la France, en particulier, a besoin, eu égard à l'hydrographie de ses rivages et à sa situation politique : 1° d'une bonne flotte côtière composée d'éléments permettant d'assurer à la fois la défense intérieure et la défense extérieure du littoral, capable aussi de se porter rapidement sur un point menacé, en longeant la terre, et de passer de l'Océan dans la Méditerranée ou *vice-versa*, par un canal joignant les deux mers ; 2° d'une escadre de haute mer modérément nombreuse, mais à même aussi de passer promptement d'une mer dans l'autre ; 3° de quelques grands croiseurs de combat ; 4° de beaucoup de croiseurs de course ; 5° d'une flotte et d'une flottille de débarquement pour au moins un corps d'armée.

TOME II

HUITIÈME ET DERNIÈRE PARTIE ⁽¹⁾

FORMES ET UTILISATION
DES DIVERS TYPES DE NAVIRES PRÉSENTEMENT EN USAGE

T. II, 8^{ME} P^{IE}. — CHAPITRE I
RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

§ 454. **Vitesses maxima actuellement réalisées.** — Les bateaux torpilleurs de 40 à 50 tonneaux, fournissant des vitesses extra-rapides de 20 à 23 nœuds, soit de 37 à 42^{km} à l'heure (2) par calme, avec des forces de 400 à 500^{chx} *indiqués* (3), ont une puissance offensive considérable, et sont relativement peu coûteux (4). L'Italie s'est même fait construire,

(1) Cette partie est extraite de divers mémoires présentés par M. Ledieu à l'Académie des sciences.

(2) Pour les personnes qui ne sont pas habituées à compter en nœuds, rappelons qu'une vitesse d'un nœud correspond à 0^m,514 à la seconde, et à 1.852 mètres à l'heure. On convertit les nœuds en kilomètres à l'heure, *grosso modo*, en multipliant par 2, et plus exactement en doublant et retranchant 7 pour 100.

Par exemple :

2 nœuds et demi à 3 nœuds font à peu près 5 à 6 kilomètres à l'heure, plus exactement 4^{km},6 à 5^{km},30 (c'est la vitesse d'un piéton);

8 nœuds et 10 nœuds correspondent à 14^{km},8 et 18^{km},5 (c'est dans ces limites que varie la vitesse d'un bon attelage);

12 nœuds, c'est *grosso modo* 24^{km} à l'heure, plus exactement 22^{km},3;

15 nœuds, c'est 28^{km} (vitesse d'un train de marchandises, arrêts non compris);

20 nœuds, c'est à peu près 40^{km} à l'heure, plus exactement 37^{km},2;

Enfin 24 nœuds correspondent à 45^{km} (vitesse d'un train omnibus de voyageurs, arrêts non compris).

(3) Rappelons que le cheval *indiqué* représente 75^{kgm} mesuré à l'indicateur sur les pistons moteurs.

(4) Un torpilleur de première classe de 50 tonneaux coûte complet 210.000^{fr}; tandis

dans ces derniers temps, des torpilleurs du type *Aquila*, de 145 tonnes, qui ont dépassé aux essais 26ⁿ,5 avec 2.200^{chx} indiqués. Hâtons-nous d'ajouter que ces navires n'ont pas d'*endurance* (§ 451), et qu'ils ont eu bientôt perdu 2 nœuds et au delà.

A la suite de pareils résultats, l'opinion publique s'est hâtée d'inférer, ces dernières années, qu'une évolution devait s'accomplir à bref délai dans la constitution des flottes de guerre, impliquant une diminution capitale du déplacement des navires de combat, leur allègement par un décuirassement presque intégral, et surtout la réalisation de vitesses maxima voisines de celles des torpilleurs. Ce serait aller un peu vite en besogne que de procéder à une pareille évolution, sans avoir approfondi sur toutes ses faces le double problème ainsi posé.

En ce qui concerne les vitesses, la réalisation du maximum propre à chaque catégorie de navires est déjà depuis quelque temps une des principales préoccupations des constructeurs de navires.

C'est à l'extrémité opposée de l'échelle des grandeurs par rapport aux torpilleurs, sur les transatlantiques de 8.000 à 10.000 tonnes, ayant environ 150^m de long, 17^m de large et 7^m,5 de tirant d'eau, que se rencontrent les plus rapides sillages, surtout en service courant. Ainsi, avec 12.000 à 14.000^{chx} indiqués, les *Greyhounds* (1) anglais, des types *Umbria* et *Orégon*, en sont arrivés à des vitesses moyennes de traversée, d'Angleterre aux États-Unis, atteignant, en été, le chiffre dûment contrôlé de 18 nœuds, ce qui correspond à 20 nœuds aux essais. Bien plus, la compagnie *Inman* vient d'atteindre encore de plus beaux résultats avec la *City-of-Paris*, de 170^m de long sur 17^m de large, et jaugeant 10.500 tonnes. Ce magnifique paquebot réalise, entre Queenstown et New-York, des sillages moyens de traversée de 19 à 20 nœuds, avec parfois des vitesses de 21 nœuds pour un jour pendant la belle saison, ce qui correspond à une traversée de 6 jours, et implique une rapidité de 21 à 22 nœuds par calme aux essais, et une puissance motrice de 18.000 à 20.000^{chx} indiqués.

que les cuirassés de premier rang de 11.000 tonnes atteignent 17.000.000^{tr}, chiffre moyen pointé avec soin, et même au delà de 20.000.000^{tr}, quand on arrive aux types colosses de l'*Italia* et du *Royal-Sovereign*, de 14.000 et 14.300 tonnes.

(1) Le mot *Greyhound* veut dire *lévrier*. C'est le terme générique employé en Angleterre pour désigner les navires extra-rapides.

Il est à peine besoin d'ajouter que ces navires extra-rapides sont ruineux pour les compagnies, en raison de la consommation considérable *absolue* de combustible, si modérée qu'elle soit *relativement*, grâce au mode de fonctionnement de la vapeur, à la perfection de l'appareil moteur et à l'emploi d'hélices jumelles.

En revanche, les bâtiments de combat de moyennes et de grandes dimensions (de 4.000 à 12.000 tonneaux) n'ont pas encore dépassé 14 à 15 nœuds par calme, pour des forces de 2.000 à 8.000^{chx} indiqués. De leur côté, les meilleurs croiseurs et avisos de 3.000 à 4.000 tonneaux parviennent difficilement à des sillages de 18 nœuds 1/2, en développant 7.000^{chx}. Mais tous ces divers chiffres tendent aujourd'hui à être dépassés (§§ 440 et 448); notamment pour les derniers croiseurs anglais de 1^{re} classe, dits *protégés*, du type *Blake* de 9.000 tonneaux, et réalisant 22 nœuds.

§ 455. **Causes qui ont amené les résultats précédents. Progrès dans les coques.** — Les causes des progrès que nous venons de relater ont été exposées avec une grande compétence par M. Daymard, l'habile ingénieur en chef de la Compagnie générale transatlantique, dans une remarquable conférence dont nous extrayons en partie ce paragraphe et quelques-uns des suivants, après l'avoir mise au courant des faits de l'espèce les plus récents.

Elles se résument dans les proportions, les dimensions et la légèreté des coques, le perfectionnement et la force des machines et des chaudières, l'économie relative de combustible, l'emploi de deux hélices et même de trois dans certains cas. En même temps, elles ont permis d'augmenter considérablement sur les navires de guerre la puissance offensive (poids des canons) et défensive (épaisseur de la cuirasse), et, sur les paquebots, le bien-être et le confort offerts aux passagers.

Nous allons expliciter ces diverses causes :

Dans la construction des coques, le bois a été complètement abandonné sur les navires de guerre, comme il l'avait été sur les navires marchands; puis, partout, l'acier a remplacé le fer. Déjà ce dernier métal avait permis de réaliser des navires à la fois plus solides, plus légers et plus durables que ceux en bois. Il se prête, d'ailleurs, mieux aux formes les plus compliquées. L'acier a fait faire un nouveau pas dans la légèreté des coques.

La diminution du poids est, après ce qui touche à la sécurité, le principal souci de l'ingénieur maritime. La crainte de voir son navire s'enfoncer plus qu'il ne doit, et de perdre ainsi tout ou partie des avantages recherchés, est pour lui une préoccupation constante. Il ne doit pas oublier, en effet, qu'un excédant de poids si faible qu'il soit, une tonne, par exemple, même sur un navire de 12.000 tonnes, amène un enfoncement qui augmente la résistance à la marche et exige un supplément de force pour obtenir la même vitesse, et un plus grand approvisionnement de charbon pour conserver le même parcours. Sur certains torpilleurs, entre autres, on a calculé qu'un accroissement de poids dans l'armement en entraînait un dix fois plus grand dans le poids total du bateau, si on voulait ne rien perdre en vitesse, ni en trajet possible. Inversement, chaque tonne économisée dans le poids de la coque, de la machine ou de l'armement, amène une réduction beaucoup plus importante dans le déplacement du navire, ou bien permet une augmentation de capacité, de vitesse ou de rayon d'action.

L'acier avec ses précieux avantages de légèreté n'a pu devenir d'un emploi courant dans les constructions navales que le jour où les progrès de la métallurgie ont permis de le produire à bon marché, et de lui donner avec certitude les qualités requises. Le perfectionnement du convertisseur Bessemer par l'emploi d'un revêtement basique, et le procédé Siemens-Martin, grâce auquel la fonte et le fer sont fondus en telle proportion que l'on veut, sur sole ou four à foyer ouvert, sont venus, récemment encore, abaisser le prix de revient, et donner pour le nouveau métal des garanties de bonne qualité. Aujourd'hui, dans bien des cas, l'acier est d'un prix inférieur à celui du fer; et, si les produits livrés par les usines sous le nom de *fer fondu*, *acier doux* ou *extra-doux*, ne remplissent pas encore tous les desiderata des ingénieurs maritimes et des artilleurs, obligés les uns et les autres à de plus grandes exigences que dans la construction civile, ils présentent néanmoins, et moyennant de minutieuses précautions dans leur mise en œuvre, des qualités suffisantes pour la plupart des cas.

L'augmentation de résistance relativement au bon fer est d'environ 20 p. 100, puisque les charges de rupture passent de 35^{kg} à 42 et 45^{kg} (quelquefois plus), en même temps que l'allongement

monte de 4 ou 5 p. 100 à 20 ou 26 p. 100; cet accroissement d'élasticité est d'un avantage considérable, la *force vive élastique* empêchant ou restreignant les déformations par les chocs. Sur un grand navire, dont la coque pèserait 4.000 tonneaux, on gagnera ainsi 400 tonneaux, ce qui permettra ou bien une augmentation de puissance d'environ 2.000^{chx}, ou bien un accroissement de la capacité en marchandises, de la puissance de l'artillerie ou de l'épaisseur de la cuirasse.

La plus grande résistance de l'acier a permis aussi d'atteindre des longueurs qui, sans cela, n'auraient pas été possibles, la fatigue des coques croissant très rapidement avec la longueur. L'économie de poids due au nouveau métal a facilité en même temps l'adoption des doubles fonds, si avantageux : 1° dans les marines de guerre pour résister aux trous des projectiles, surtout par l'établissement de *cofferdams* à leur intérieur (§ 422); 2° dans les marines du commerce pour le lestage à l'eau de mer (Water Ballast); 3° dans les deux marines pour la sécurité en cas d'échouage.

Par ailleurs pour les bâtiments extra-rapides, et où les qualités évolutives passent en second plan, on a pu affiner les formes jusqu'à avoir des longueurs égales à dix fois la largeur.

§ 456. Légèreté, perfectionnement et économie de combustible des plus récents appareils à vapeur de navigation. — Si, des navires eux-mêmes, nous passons à leurs appareils moteurs, nous constatons qu'on a réalisé dans les machines et chaudières des progrès sur les points suivants : 1° légèreté; 2° économie sur la consommation et l'approvisionnement de combustible.

La pression généralement employée, au moins au commerce en 1876, était de 4^{kg}; on a depuis adopté successivement 4^{kg},5, 5^{kg}, puis 6^{kg}. Ce seul fait rendait déjà les machines plus légères, puisque, grâce à une pression plus élevée, on réalise le même effort avec un piston et un cylindre de moindre diamètre; en outre, on a obtenu une grande économie de poids par l'emploi de métaux plus résistants que ceux employés précédemment. Nous retrouvons ici l'acier, non plus seulement sous forme de tôles laminées, mais en pièces forgées (bielles, tiges, arbres), ou en pièces coulées (bâtis, plaques de fondation), pour lesquelles

on peut atteindre les plus grandes dimensions, aujourd'hui qu'on arrive à obtenir des lingots de 60 et même 80 tonnes. On a même parfois substitué le bronze ou le laiton à la fonte de fer. C'est ainsi que, sur les bâtiments de guerre et malgré l'augmentation de prix qui en résulte, on exécute en laiton les enveloppes des condenseurs.

On a pu aussi alléger les machines en augmentant la vitesse de piston, ce qui revient, à course égale, à accroître le nombre de tours par minute. « Le nombre de tours, ça ne pèse pas », dit-on quelquefois. Cette manière de parler est exacte, en ce sens que le travail produit par unité de temps est proportionnel au chemin parcouru par le piston. C'est en vertu de ce principe que, dans ces six dernières années, on a été conduit à porter la vitesse de piston dans les grandes machines marines de 2^m à 2^m,50 par seconde, puis à 3^m, 4^m, 4^m,50, et même au delà dans quelques cas. Il y a cependant déjà bien des difficultés à vaincre pour faire fonctionner en toute sécurité avec une vitesse de piston de 4^m par seconde, des appareils où des pièces énormes doivent changer si rapidement le sens de leurs mouvements. Ces difficultés, que l'on devine, la mécanique les calcule en évaluant les forces d'inertie, qui sont proportionnelles aux masses en mouvement et aux accélérations qu'elles reçoivent. On ne peut aujourd'hui, dans un projet de machine, se dispenser de faire ces calculs, et on les exécute avec le plus grand soin (1); ils ont prouvé qu'avec les vitesses dont nous venons de parler, les forces d'inertie peuvent arriver à doubler les efforts sur les paliers et les articulations. On s'est alors efforcé, pour atténuer ces inconvénients dus aux grandes vitesses, de bien contre-balancer les pièces en mouvement et de diminuer leurs masses; c'est ainsi qu'on est arrivé à faire les tiges, les bielles, etc., en acier très résistant, obtenu au moyen de la compression, et même à faire ces pièces creuses, ce qui les rend plus légères, à solidité égale. C'est surtout pour les arbres droits et coudés qu'on a eu recours au forage.

Tels sont les moyens qui ont permis de réduire dans d'énormes proportions le poids du moteur, y compris les chaudières pleines, par cheval indiqué. Ainsi les appareils antérieurs aux machines

(1) Voir « *Les nouvelles machines marines* » de M. Ledieu, où cette importante question est traitée *in extenso* dans divers chapitres.

compound (voir plus bas) pesaient de 250 à 300^{kg} par cheval *indiqué*. Avec ces dernières machines marchant à 4 ou 5^{atm}, on est arrivé à environ 200^{kg}, même sur les paquebots. Sur certains bâtiments de guerre étrangers et avec le *tirage forcé*, on a obtenu récemment des chiffres bien plus faibles : 123^{kg}, 100^{kg}, 80^{kg}, et enfin sur certains contre torpilleurs 38^{kg} par cheval *indiqué*. Hâtons-nous de dire que des machines aussi légères que celles que nous venons d'indiquer ne nous paraissent pas, pour le moment, présenter les conditions d'un fonctionnement sûr durant une marche quelque peu prolongée; en d'autres termes, l'*endurance* (§ 451) y est plus ou moins compromise.

Pendant que sur les bâtiments de guerre on avait pour objectif principal la légèreté des machines, dans les marines de commerce on cherchait surtout à produire des appareils plus économiques; et le succès n'a pas non plus fait défaut dans cette voie.

L'élévation de la pression amenait, en même temps que la légèreté dans les appareils, une augmentation de la température de la vapeur aux chaudières. Or, en thermodynamique, le principe de Carnot démontre que le rendement des machines à vapeur doit croître en proportion de la chute de température ($T-t$) entre la chaudière et le condenseur. Ce dernier ayant une température t à peu près constante, le rendement doit augmenter avec la valeur de T , température de la chaudière.

Rappelons que la température de la vapeur d'eau est en chiffres ronds :

A la pression atmosphérique	100°
A 1 kilogramme en sus	120°
A 4 kilogrammes en sus	151°
A 8 kilogrammes en sus	174°
A 12 kilogrammes en sus	190°

De 4 à 12^{kg} on gagne donc environ 40°; et il y a déjà de ce chef un bénéfice sensible dans le rendement.

Mais en outre, par suite de l'élévation simultanée de la pression et de la température, on a été conduit à un autre progrès d'une importance pratique considérable. Lorsqu'on atteignait 4^{kg} de pression, on avait grand intérêt à détendre la vapeur dans deux cylindres successifs (1), ce qui constitue le système *compound*

(1) C'est là le *principe* du système; mais souvent la vapeur passe du premier cylindre, dit *admetteur*, immédiatement dans deux autres, dits cylindres *détendeurs*, fonctionnant identiquement de la même manière. On a alors des machines appelées à *trois cylindres*,

(*composé*) proprement dit. On a reconnu de même qu'à partir de 7 à 8^{kg}, il devenait très avantageux de faire travailler la vapeur dans trois cylindres successifs, de façon à obtenir sur les deux faces d'un même piston de moindres différences de pression et de température, d'où les machines à *triple expansion*.

L'explication des avantages pratiques des machines à multiple expansion se résume, en effet, dans ces deux résultats : moindres fuites par les pistons, grâce à de plus faibles différences de pression entre les deux faces ; moindres pertes de chaleur, grâce à de moindres variations de température dans un même récipient.

Le premier pas dans cette dernière voie a été fait par Watt, lorsque, par un véritable trait de génie, il eut l'idée de séparer le condenseur d'avec le cylindre. La machine compound a été une seconde étape due à Woolf ; ce contemporain de Watt n'avait eu pour but que de tourner le brevet de l'illustre mécanicien pour la *détente* dans un seul et même cylindre. Mais le véritable avantage de son système a échappé à Woolf, d'autant que les machines ne fonctionnaient alors qu'à moyenne pression. En tout état de cause, dans ces dernières années, on est arrivé à faire couramment les machines à triple expansion, pour lesquelles nous devons revendiquer l'initiative de Benjamin Normand, qui les inaugura en France dès 1872, alors que les premières construites en Angleterre ne datent que de 1874.

Par extension du même principe, on a construit aussi quelques appareils à quadruple détente. Mais ils présentent, avec les pressions actuellement pratiques, un excédant de poids insuffisamment compensé par leurs avantages, ce qui, jusqu'ici, les a empêchés de se répandre. D'ailleurs si on voulait dépasser ces pressions, on arriverait, pour les chambres de chauffe, à des températures insupportables pour les mécaniciens.

Une machine à triple expansion est bien déjà souvent un peu plus lourde qu'une machine à double détente de même puissance ; mais elle permet, à peu près toujours, de retrouver sur l'approvisionnement de combustible une économie finale dans le poids. On peut admettre, en effet, que la triple expansion avec 10^{kg} réalise, par rapport au système compound

qu'il ne faut pas confondre avec les machines à *triple expansion*, où il y a d'abord cascade de l'admetteur à un premier détenteur ; puis une deuxième cascade de ce dernier cylindre à un second détenteur, qui fonctionne tout à fait différemment que le premier.

à 5 ou 6^{kg}, une supériorité de rendement de 12 à 15 pour 100.

La marche, dans la réduction de la consommation par cheval, a été la suivante :

De 1860 à 1875, on a gagné à peu près 50 p. 100, grâce à l'emploi des condenseurs à surface et du système compound. Les chiffres absolus de consommation, avec du bon charbon et pour des appareils bien entretenus, peuvent en moyenne être fixés à 2^{kg},30 par cheval indiqué et par heure pour les anciennes machines à 2^{atm} et à condensation par mélange ; à 1^{kg},15 pour les appareils compound à 4^{atm} et à condensation par surface. On indique souvent des valeurs plus faibles ; mais c'est qu'elles se rapportent à des consommations d'essai, ou réalisées dans des conditions spéciales. Les chiffres que nous donnons correspondent, au contraire, à des résultats obtenus d'une façon régulière, en *service courant et pour des voyages prolongés*.

De 1875 à 1881, en élevant la pression et en perfectionnant divers détails dans les chaudières aussi bien que dans les machines, on a amélioré le rendement d'environ 9 p. 100. Enfin de 1881 à aujourd'hui, en portant la pression à 10, 11 et 12^{atm} et en adoptant trois cylindres successifs, on a encore gagné de 12 à 15 p. 100 ; c'est donc sur le chiffre de 1^{kg},15 une réduction totale d'à peu près 23 p. 100, de sorte que la consommation *en service courant pour des voyages prolongés* avec ces nouvelles machines est d'environ 880^{gr} par heure et par cheval indiqué. Dans des essais, elle peut descendre à 700^{gr}, et même à 650^{gr} dans les triples expansions de grande puissance et où tous les détails ont été portés au dernier degré de perfectionnement, comme sur la *City-of-Paris* (§ 452). C'est à peine plus que le tiers de ce qu'il nous fallait compter en 1860. Il saute aux yeux combien un pareil résultat procure d'avantages au point de vue de l'économie dans les dépenses, des poids et des volumes rendus disponibles lorsque, par exemple, il s'agit de grands paquebots rapides et destinés à de longues traversées, ou de croiseurs appelés à avoir un très grand rayon d'action.

Il importe d'ajouter que la triple expansion n'affirme ses avantages qu'avec les grandes puissances. Sur les machines qui ne dépassent pas 400 à 500^{ch} indiqués, la simplicité de la construction et de l'entretien fait préférer le maintien des simples compounds.

§ 457. **Progrès dans les chaudières et les propulseurs.** — Les chaudières dans lesquelles se produit la vapeur, dont la force élastique actionne tous les moteurs, jouent forcément un rôle considérable dans la valeur d'ensemble d'une machine.

Quoique n'utilisant que d'une façon incomplète la puissance calorifique de la houille brûlée dans leurs foyers et offrant, par cela même, un large champ aux améliorations, les chaudières n'ont malheureusement pas progressé dans la même proportion que les appareils moteurs, et la plupart des tentatives dont elles ont été l'objet n'ont abouti qu'à des échecs. Cependant les types employés couramment en marine ont subi, depuis vingt-cinq ans, certaines modifications importantes et avantageuses.

Aux chaudières à tombeau et à carnaux, qui suffisaient aux très basses pressions, succédèrent d'abord, pour les pressions moyennes, des appareils tubulaires généralement à retour de flamme et de forme prismatique.

Ceux-ci, à leur tour, et à la suite d'un nouvel accroissement de pression, ont été remplacés par des chaudières dont les enveloppes et les foyers ont reçu une forme circulaire.

Plus récemment encore, si l'on n'a pas fait de nouvelles modifications de forme, ni sensiblement amélioré le rendement calorifique, on est du moins parvenu, grâce à l'emploi de l'acier, à construire des chaudières de très grand diamètre, en même temps qu'à très haute pression, et à renfermer de bien plus grandes puissances dans un même volume et sous un même poids.

L'accroissement progressif de la pression dans les chaudières, qui, venons-nous de voir, avait conduit d'abord à la création des machines compound, puis aux machines à triple et à quadruple expansion, est donc encore dû, comme ceux que nous avons signalés dans la construction des coques, à l'emploi de l'acier doux fabriqué dans des conditions d'homogénéité et de malléabilité tout à fait remarquables. Ce sont les qualités de ce métal qui ont permis, avec l'aide d'un outillage de plus en plus perfectionné et du rivetage hydraulique, d'atteindre sans danger dans les chaudières cylindriques du type courant, et sans recourir à des épaisseurs de tôles exagérées, des pressions de 12 à 13^{atm}, avec des diamètres de chaudières qui atteignent 4^m,50 ou 5^m.

Nous n'avons rien de particulier à signaler dans la construction de ces appareils, si ce n'est la perfection avec laquelle ils

sont généralement exécutés; mais mentionnons sur les grands paquebots transatlantiques, l'emploi de plus en plus répandu des chaudières doubles, c'est-à-dire ayant deux séries de foyers bout à bout, avec deux faisceaux tubulaires distincts et deux boîtes à feu.

La plupart des chaudières cylindriques à haute pression sont munies de foyers ondulés du système Fox. Toutefois, les foyers Fox ont à lutter depuis quelque temps avec la concurrence très sérieuse que leur font les foyers à nervures du système Purves, construits par les usines Brown, à Sheffield.

Dans la marine française, on a adopté, sur les propositions de M. de Bussy, pour certains navires, des chaudières à flamme directe, genre locomotive modifié, qui s'allient mieux pour les grandes puissances avec le tirage fourni en chambre close; car les portes du foyer et les boîtes à fumée étant ici placées aux deux extrémités opposées des générateurs, on peut isoler les boîtes à fumée d'avec la chambre de chauffe, de façon à ce que celle-ci ne s'échauffe pas outre mesure dans la marche en chambre close avec haute pression, ce qui aurait lieu avec des chaudières à retour de flamme.

Bien que les chaudières cylindriques soient d'un usage presque exclusif dans la marine marchande, on s'est préoccupé depuis longtemps du poids énorme d'eau qu'elles renferment et du danger qui peut en résulter en cas d'accident; et il n'est pas sans intérêt de rappeler qu'il y a plus de quarante ans que la maison Belleville construit des chaudières inexplosibles avec eau dans les tubes. Par une suite de perfectionnements incessants et avec une admirable persévérance, M. Belleville est arrivé aujourd'hui à des résultats remarquables, et l'emploi de ses chaudières s'accroît de jour en jour. La marine de l'État et les Messageries maritimes en font aujourd'hui un assez fréquent usage. On a pu voir, à l'Exposition, un de ces groupes de chaudières construit pour le croiseur de l'État *Alger*, ainsi que des types plus petits pour chaloupes à vapeur ou chaudières auxiliaires.

Un grand nombre de types de chaudières ont été créés dans ces dernières années, dérivant dans leur ensemble du type Belleville; nous devons citer entre autres les chaudières Du Temple, Collet, Terme et Deharbe, Oriolle, etc. Ces différents systèmes diffèrent par des détails d'installation, mais ont beaucoup de points communs; ainsi dans les chaudières Belleville,

les tubes sont groupés en éléments verticaux ; ils sont, au contraire, indépendants dans *la plupart* des autres systèmes, et aboutissent à leurs deux extrémités dans des lames d'eau régnant le long des parois verticales de la chaudière, de sorte que la circulation intérieure se produit isolément à travers chaque tube et en vertu des différences de température.

Nous devons mentionner à part, à cause de certaines dispositions particulières, la chaudière Lagraffel et d'Allest. Tandis que dans tous les types précédents, le foyer est placé directement au-dessous du faisceau tubulaire, de telle sorte que les gaz chauds montent verticalement à travers les tubes jusqu'à la cheminée, la chaudière Lagraffel et d'Allest est disposée de manière à obtenir un brassage efficace des gaz et à les faire circuler dans tout le faisceau : c'est, à proprement parler, une chaudière à retour de flamme, mais avec l'eau dans les tubes. Elle comporte deux faisceaux de tubes, avec deux foyers distincts et une chambre de combustion commune : les gaz, guidés par des cloisons de brique reposant sur les rangées de tubes et par des écrans en tôles, parcourent un trajet considérable avant de se dégager dans la cheminée. Des mesures précises faites par les soins de la marine ont montré que ces dispositions avaient pour conséquence une production de vapeur supérieure à celle des autres chaudières ; il est à prévoir que les avantages de ce système en répandront de plus en plus l'usage.

Il y a lieu aussi de signaler les nouvelles chaudières anglaises, dites *compound*, où il existe en hauteur deux faisceaux de tubes à retour de flamme distincts et séparés par un simple carneau, de sorte que la flamme exécute quatre parcours avant de se rendre à la cheminée. Ces générateurs sont, paraît-il, très avantageux pour une vaporisation économique.

Citons encore la chaudière Serpollet. Elle se compose d'un serpentín formé par un tube en acier ou en cuivre rouge aplati, de manière à ne conserver à l'intérieur qu'une ouverture capillaire ; l'eau refoulée à une extrémité du serpentín par une pompe se vaporise presque instantanément, et la production de vapeur est beaucoup plus régulière qu'on ne pourrait le penser de prime abord. Cet appareil est assurément fort curieux ; mais il est à craindre que, par sa nature même, il ne soit condamné à se limiter aux dimensions réduites dans lesquelles il a été construit jusqu'ici.

L'avenir nous paraît plutôt réservé aux chaudières comme celles dont nous avons parlé plus haut, et qui, sans contenir une masse d'eau aussi considérable que les chaudières cylindriques, en renferment cependant assez pour parer aux irrégularités inévitables de l'alimentation.

§ 458. **Tirage forcé.** — Dans ces dernières années, on a ouvert la porte à un sérieux progrès, en recourant au tirage forcé. L'application courante et réellement pratique de ce système est loin d'être un fait acquis. Mais les avantages du principe, pour bien des cas du moins, ne sont plus mis en question. Le tirage forcé, obtenu au moyen de ventilateurs, est aujourd'hui en quelque sorte réglementaire sur les navires de combat, lorsqu'il s'agit de réaliser leur puissance maximum; d'un autre côté, les plus grands efforts sont faits pour rendre pratique et sûr son emploi continu sur les bâtiments de commerce.

C'est en France, ainsi que le constatait dernièrement M. White, chef constructeur à l'amirauté anglaise, qu'on a eu l'initiative d'études suivies et méthodiques sur le tirage forcé.

M. Joessel, en 1869, et M. de Maupeou, en 1875, ont exécuté, sur des chaudières de la marine militaire, de remarquables expériences, qu'ils ont traduites en tableaux et en graphiques utiles encore à consulter aujourd'hui.

Les résultats obtenus dans la traction sur les voies ferrées étaient une indication. Sur les locomotives, le tirage forcé est réalisé par l'échappement, dans la cheminée, de la vapeur évacuée des cylindres, et tout le monde sait que c'est grâce à cette insufflation, dont le bruit régulier semble être comme la respiration de la machine, que la combustion du charbon est considérablement activée et la puissance évaporatoire augmentée d'autant.

Avec les chaudières marines, on ne peut, sauf des cas exceptionnels, employer ainsi les jets de vapeur; l'eau douce est trop précieuse à bord pour y être prodiguée. Aussi a-t-on recours à des ventilateurs qui refoulent de l'air, soit dans la chambre de chauffe, préalablement close, soit directement dans les foyers pourvus d'une installation appropriée.

Les objectifs qu'on recherche en usant du tirage forcé peuvent être fort différents; de là des solutions diverses et quelquefois aussi des appréciations opposées sur les résultats obtenus.

Le mode de tirage et la quantité maxima de charbon susceptible d'être brûlée à l'heure par mètre carré de grille, au moins pour un laps de temps déterminé, doivent être combinés de façon à ne pas trop restreindre le pouvoir vaporisateur du combustible, et surtout à ne pas rendre la chambre de chauffage inhabitable par l'élévation de température, et à ne pas surmener le générateur. Ces éléments sont éminemment variables avec l'espèce des générateurs, et plus encore avec le nombre de corps de chaudières distincts, et la durée imposée de leur fonctionnement à outrance.

La marine de guerre a surtout en vue une augmentation momentanée de puissance, au risque de consommer davantage et même de provoquer quelques avaries.

C'est ce qui est arrivé plus d'une fois sur des torpilleurs, qui ont dû subir alors l'obligation imposée régulièrement aux locomotives de venir, après un coup de collier de quelques heures, se remettre entre les mains des ateliers pour y être l'objet de visites et de réparations.

Pour les torpilleurs, où il y a un corps *unique* genre locomotive, on peut brûler au besoin, durant trois à quatre heures, 400^{kg} par mètre carré de grille en chambre close, avec une pression de 8^{cm} à 10^{cm} d'eau. Avec plusieurs corps, il peut survenir de fréquentes ébullitions, à cause de l'impossibilité, pour un pareil tirage et une combustion aussi considérable, de maintenir des pressions ne variant que modérément dans chaque corps, et par suite peu différentes entre elles dans les divers corps. Or de semblables accidents obligeraient à ralentir la vitesse, et pourraient compromettre le bateau dans une action de guerre.

Le tirage forcé en chambre close, présente donc bien des difficultés, bien des complications et parfois même bien des dangers.

Aussi la marine de commerce a-t-elle cherché de préférence à établir le soufflage direct dans les cendriers. Elle demande, d'ailleurs, au tirage forcé, non plus un excédent momentané de puissance, mais un « *fonctionnement continu et prolongé* » et la réalisation des avantages suivants :

1° Économie dans la consommation (il est possible, en effet, d'espérer un meilleur rendement du charbon par une combustion plus parfaite et par la diminution de la chaleur emportée par les gaz dans la cheminée) ;

2° Réduction de poids des appareils par suite de l'augmentation relative de leur puissance évaporatoire;

3° Fonctionnement régulier pour tous les climats et toutes les températures (dans les grands changements de latitude, on a souvent de sérieux mécomptes avec le tirage naturel);

4° Faculté d'employer des combustibles de toute qualité, ce qui amène encore une source nouvelle d'économie.

On peut espérer voir bientôt entrer dans le domaine pratique, pour les paquebots et les autres vapeurs de commerce, des chaudières à tirage forcé dans les foyers, qui réaliseront, au moins partiellement, les avantages énumérés plus haut.

Elles devront brûler au moins, par heure et par mètre carré de surface de chauffe, de 3^{kg},5 à 4^{kg} de charbon, dont le rendement ne devra pas être inférieur à 8^{kg},5 d'eau vaporisée par kilogramme avec une houille de qualité moyenne.

Le poids et l'encombrement, rapportés à l'unité de surface de chauffe, devront être diminués d'au moins 1/4 relativement aux bonnes chaudières à tirage naturel.

Cette condition conduit à employer des tubes plus longs et plus étroits; mais il ne faut marcher qu'avec prudence dans ce sens, de crainte de voir les tubes s'obstruer ou se détériorer, et sous peine aussi de faire perdre à nos appareils évaporatoires cette qualité maîtresse (en marine particulièrement) que nous appelons l'*endurance* (§ 451), qui leur permet de soutenir un fonctionnement prolongé à toute puissance, pendant des traversées de deux mois et plus, *sans stoppage*.

Le point délicat, c'est que, pour donner toutes les qualités voulues aux chaudières à tirage soufflé, on est conduit à les modifier assez profondément pour les rendre beaucoup moins appropriées au tirage naturel, et l'on comprend qu'on hésite à faire le sacrifice de cette ressource. Aussi la question est-elle encore à l'étude dans les Compagnies de navigation.

La marine militaire va se décider à faire, de son côté, des essais de tirage forcé par insufflation dans les foyers. La réussite dans cette voie lui permettra de supprimer les chambres closes avec leurs complications et leurs inconvénients, et constituera ainsi un grand progrès.

En tout état de cause, le tirage forcé est toujours un des sujets de préoccupation des ingénieurs et marins anglais. Ce mode

de chauffe tue chez eux les chaudières avant leur mise en service courant. Chez nous, on a eu aussi beaucoup à se plaindre.

En réalité, on a demandé souvent au métal employé plus qu'il ne pouvait donner, et sans avoir étudié suffisamment le système nouveau qu'on appliquait. On était si fier des succès qu'on obtenait dans toutes les branches de la métallurgie qu'on a tenté l'impossible, se fiant au progrès lui-même pour trouver le remède, si par hasard quelque imprévu se produisait. Il est certain que si l'on avait serré de près l'application du tirage forcé sur les chaudières nouveau modèle, on eût constaté tous les phénomènes de destruction rapide auxquels on s'efforce de remédier aujourd'hui; et l'on n'aurait pas des deux côtés du Détroit des navires neufs dont les appareils évaporatoires ont été établis d'après les idées contre lesquelles on réagit maintenant.

A en croire les comptes rendus des essais des croiseurs et des contre-torpilleurs qui sortent depuis peu des chantiers anglais, le tirage forcé donne fréquemment lieu à des surprises fâcheuses. Il n'est pas de semaine, en effet, où l'on n'annonce que quelque bâtiment sorti du port pour procéder à la recette de ses machines, a été forcé de rentrer à la suite d'avaries plus ou moins sérieuses. On ne peut en douter cependant, nos voisins, comme nous-mêmes commençons à le faire, sauront trouver le remède; ils sont trop habiles métallurgistes et trop bons constructeurs, pour être arrêtés longtemps par ces difficultés. D'ailleurs des essais récents montrent que le tirage forcé, bien manié, ventile parfaitement la chambre des machines; et que, sous les tropiques, alors que la température est insupportable sur le pont, la chaufferie se trouve relativement fraîche et confortable.

On a beaucoup parlé dans ces dernières années des combustibles liquides; et des résultats remarquables ont été obtenus avec les résidus d'huiles minérales projetés à l'intérieur d'un foyer au moyen d'un courant de vapeur qui les entraîne à l'état pulvérulent. M. d'Allest, directeur des ateliers Fraissinet, à Marseille, a exposé une chaudière de torpilleur installée pour ce chauffage au pétrole, avec des brûleurs annulaires de son invention qui sont d'un maniement très commode. Il est regrettable que ce combustible qui présente tant d'avantages, soit encore dans nos pays d'un prix si élevé que l'extension de son usage se trouve retardée par des considérations économiques.

Nous mentionnerons encore, pour terminer, la chaudière que M. d'Allest a disposée pour pouvoir fonctionner dans un bateau sous-marin, et qui présente des dispositions extrêmement ingénieuses pour l'arrivée de l'air sous pression dans le foyer, et l'échappement des gaz sous l'eau.

§ 459. **Progrès dans les propulseurs.** — Les hélices sont aussi entrées dans une voie nouvelle, et comme forme des ailes, surtout dans le sens de la largeur à différentes distances du moyeu, et comme inclinaison de celles-ci sur l'axe du côté de l'arrière, voire même, pour les torpilleurs, comme immersion du propulseur au-dessous de la quille. Cette combinaison implique incidemment un couple, qui contribue au relèvement de l'avant du bateau (§ 474). Toutefois, à un autre point de vue, elle entraîne l'emploi d'une cage surbaissée, ce qui a l'inconvénient de rendre plus difficile l'échouage facultatif des torpilleurs pour se remiser dans des criques.

De leur côté, les hélices jumelles ont leur usage qui se multiplie, et exige une discussion attentive de leur meilleur emplacement ainsi que des sens de rotation les plus avantageux pour la marche en avant : C'est le seul progrès indiscutable réalisé dans ces dernières années.

Au point de vue de la forme même des hélices, les travaux incessants d'un grand nombre d'ingénieurs ont certainement conduit à des types excellents pour des usages définis.

Mais il n'y a pas à dégager des expériences faites une formule générale applicable à tous les cas. C'est du coup d'œil et de l'habileté du constructeur que dépend surtout le succès dans chaque cas particulier.

M. de Bussy a proposé et fait adopter un nouveau mode d'installation du propulseur hélicoïde, et qui a été préalablement essayé à Lorient sur la *Carpe*. Le système comporte l'emploi de trois hélices, dont une dans l'axe et deux latérales ; il est combiné avec des formes spéciales de l'arrière, formes que requiert l'installation des hélices latérales dans des conditions convenables pour leur bonne utilisation.

La carène de la *Carpe* avait été tracée d'après les plans de l'éminent ingénieur. Ce petit navire était destiné à fournir des données expérimentales relativement à la meilleure position à

donner aux hélices latérales et à une comparaison entre les utilisations que l'on obtient avec deux et avec trois hélices. Les expériences se résument ainsi :

Avec les formes de la *Carpe*, qui sont analogues à celles employées sur le *Tonnerre* (§ 465), trois hélices sont, à peu de chose près, équivalentes, au point de vue de la vitesse, à deux hélices de même surface propulsive et immergées à la même profondeur, quand on choisit la position la plus favorable à chaque système.

La double hélice réunissant les conditions de surface et d'immersion qui viennent d'être dites occupe dans tous les cas des emplacements désavantageux sous le rapport militaire et pour l'accès dans les rades et les ports, tandis qu'il est possible de trouver pour les trois hélices des positions qui soient sans inconvénient au point de vue du combat et de la navigation.

Enfin, ce qui est fort intéressant, dans le cas du triple propulseur, les positions les mieux abritées par la coque parmi celles qui ont été essayées sont en même temps les plus favorables à la vitesse.

Le navire à trois hélices possède à la fois les facultés d'évolutions spéciales aux navires à une hélice et celles qui sont spéciales aux navires à deux hélices. La subdivision de l'appareil moteur en trois machines distinctes facilite la construction de cet appareil, appelé maintenant à réaliser sur les navires de premier rang une puissance énorme; et elle permet de mettre une des machines (celle qui actionne l'hélice placée dans l'axe) à l'abri des avaries que peut déterminer l'agression d'une torpille. De plus, les conditions de fonctionnement de l'appareil moteur, pour la vitesse modérée à laquelle marchent les navires de guerre dans le cours ordinaire de la navigation, sont plus économiques sur le navire à trois hélices que sur le navire à deux ou à une.

L'opinion de M. de Bussy qu'on peut, moyennant une forme spéciale de l'arrière du navire, installer trois hélices dans des conditions d'utilisation égales à celles qu'on obtiendrait avec deux hélices et les formes ordinaires, était fondée sur des faits recueillis parmi les expériences de M. Froude et celles du Dr Tiedemann, et dans un essai fait à Glasgow pour comparer les valeurs de deux systèmes d'installation des propulseurs sur les bâtiments à deux hélices. Ces faits montraient, entre autres

choses, que l'utilisation des hélices latérales devait être augmentée par les conditions dans lesquelles les formes d'arrière permettaient d'établir les hélices latérales, formes dérivées de celles qui s'étaient montrées sur le *Tonnerre* si favorables à la vitesse, et qui sont telles que les hélices latérales se trouvent beaucoup plus écartées de la carène qu'elles ne peuvent l'être sur un navire de formes ordinaires. Toutefois, il y a lieu de considérer les inconvénients que peuvent présenter les formes en vue; car elles peuvent faire piquer du nez un navire dans les marches à grande vitesse, vent debout (§ 466). Il convient donc de ne les accentuer que jusqu'à ce qui est juste nécessaire pour un bon fonctionnement de l'ensemble des trois hélices.

Les roues continuent à être employées dans les services rapides de passagers pour des trajets relativement courts : avec l'emploi des pales articulées de grande largeur on obtient une puissance propulsive considérable; mais les roues ne peuvent avoir tout leur effet que dans des eaux à peu près calmes, et leur usage est définitivement proscrit depuis longtemps pour les longues traversées.

§ 460. **Exemples des progrès d'ensemble accomplis successivement au commerce.** — En résumé :

(a) Diminution du poids des coques, due à l'introduction de l'acier;

(b) Diminution du poids des machines et amélioration des chaudières, grâce à l'emploi de matériaux de choix, à l'élévation de la pression, à l'accroissement de vitesse des pistons;

(c) Réduction de la consommation et de l'approvisionnement du combustible, par suite de l'adoption de pressions plus élevées et de machines à triple expansion;

(d) Emploi d'hélices jumelles.

Tels sont les points de départ des progrès qu'on a réalisés dans la puissance et la vitesse des derniers navires de commerce et de guerre. Nous allons en citer quelques exemples caractéristiques.

Nous parlerons d'abord des paquebots, en commençant par ceux qui desservent les lignes reliant l'Europe à l'Amérique du Nord. Entre ces deux régions du globe où le trafic est si important et si actif, la concurrence des Anglais entre eux et avec les Français et les Allemands, est vive, acharnée même, et telle

qu'elle n'existe nulle part ailleurs ; aussi les compagnies intéressées ont-elles cherché à réaliser, sur les paquebots affectés à ces lignes, tous les progrès possibles et spécialement de grandes vitesses. En 1877, néanmoins, les navires les plus rapides ne dépassaient guère 13 à 13ⁿ,5, soit 25^{km} à l'heure.

Grandes lignes et lignes postales. — La Compagnie Cunard, qui avait été le pionnier des lignes de Liverpool à New-York, et qui 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* de notre *Compagnie générale transatlantique* ; mais ils présentaient des dimensions et un tonnage plus élevés, comme l'indiquent les chiffres ci-dessous :

<i>Bothnia</i> et <i>Scythia</i>	Longueur : 128 ^m ; tonnage : 4.500 ^{tx} ;
<i>Pereire</i> et <i>Ville de Paris</i>	Longueur : 100 ^m ; tonnage : 3.000 ^{tx} .

La Compagnie Française, en plus de ces deux derniers paquebots, possédait ses anciens navires à roues transformés à hélice, et munis de machines à cylindres superposés, le *Labrador*, la *France*, l'*Amérique* de 123^m 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.

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 <i>City of Richmond</i> ,)	de 135 ^m de longueur et de 4.600 ^{tx} de
Le <i>City of Chester</i> ,)	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^m, 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 la 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^m ; largeur, 13^m,80 ; tonnage, 5.000 tonneaux ; puissance, 4.000^{ch} ; et il atteignait réellement *en service* les 15 nœuds considérés alors comme le *summum* de vitesse, et que même bien des personnes compétentes croyaient ne pouvoir être dépassés d'une façon courante dans la navigation de l'Atlantique du 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* (5.200 tonneaux), suivi, en 1882, de l'*Alaska* (6.900 tonneaux), tous deux sortis des chantiers Elder, et qui atteignent des vitesses de 15ⁿ,5 à 16 nœuds.

La Compagnie Cunard, jalouse de maintenir sa suprématie, met en ligne, à la fin 1881, le *Servia* (7.392 tonneaux, 15ⁿ,5), 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 (§ 454) l'*Orégon*, achetée 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, qui datent de 1884, sont en acier ; leur tonnage atteint 7.718 tonneaux, leur vitesse 17 nœuds, quelquefois même 17,5 et 18 nœuds ; mais le confort y est assez limité, le port en est lourd, restreint, et le tirant d'eau un peu exagéré. L'appareil moteur développe une force de 13.000^{ch} ; 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.

Enfin vient d'apparaître le *City-of-Paris* avec des sillages moyens de 19 à 20 nœuds (§ 454), qui tient la tête de tous les paquebots, surtout comme *endurance* des machines, et par suite comme grande vitesse soutenue longtemps.

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^{chx}, et réalisant une vitesse de 15ⁿ,5.

Pendant ce même 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 dont les autres sont dérivés de celui-ci. Ils sortent tous des chantiers Elder et réalisent des vitesses de 14ⁿ,5 à 15ⁿ,5.

Enfin la Compagnie transatlantique 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 17ⁿ,5 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^m 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 16ⁿ,5. Beaucoup de traversées s'accomplissent avec des moyennes de 17ⁿ,5, 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 général 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^{chx}, puis 13.000^{chx} et même 20.000^{chx} ; les vitesses de 13 à 17ⁿ,5, puis 20 nœuds.

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, *alla ntà*

l'extrême limite que lui permet actuellement le port du Havre, a fait construire, dans ses chantiers de Penhoët, un nouveau paquebot, *la Touraine*, de 162^m de long, avec deux hélices actionnées par une puissance de 11.000^{chx}, et dont la vitesse dépasse 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.

Autres lignes postales. — En même temps, les autres lignes postales ou libres marchaient aussi dans la voie du progrès.

Les paquebots des Messageries maritimes étaient astreints, il y a douze ans, d'après leurs cahiers des charges, à une vitesse de 10ⁿ,5 sur la Chine et le Brésil. En réalité, ils atteignaient environ 11ⁿ,5 de moyenne annuelle; et, en 1877, les navires *la Gironde* et *le Sindh* étaient munis de machines Woolf, mais à la faible pression de 2^{kg},5. La pression fut élevée successivement à 3, 4, 5^{kg}; les tonnages, les puissances et les vitesses furent augmentés aussi. Le résultat de ces efforts fut la mise en exploitation des types *Ava*, *Anadyr*, *Djemmah*, *Équateur*.

Une nouvelle ligne fut créée en 1881 sur l'Australie, avec des navires encore supérieurs à *l'Équateur*, et dont *le Calédonien* est le type.

Enfin, en 1886, lors du renouvellement des contrats, de plus grandes vitesses ont été imposées aux Messageries maritimes, surtout sur le Brésil (14 nœuds de moyenne annuelle). La conséquence fut la construction du *Portugal*, de 140^m de longueur avec 7^{kg},75 de pression aux chaudières et 4.800^{chx}, en vue d'obtenir 16ⁿ,5 de vitesse aux essais. *L'Australien*, lancé plus tard, a reçu divers perfectionnements, qui le rendront encore supérieur au *Portugal*.

En même temps, la Compagnie péninsulaire orientale, rivale des Messageries maritimes, pour ne pas rester en arrière, s'est efforcée d'améliorer sa flotte, qui comprend aujourd'hui des navires tels que *Rome*, *Carthage*, *Victoria*, *Britannia*, etc., bien supérieurs à leurs aînés.

Dans la Méditerranée, en 1877, les services postaux s'accomplissaient d'après les clauses du contrat intervenu entre l'État et la Compagnie Valéry; celle-ci était astreinte à 10ⁿ,5 de vitesse, sur les lignes les plus rapides, par exemple entre Marseille et

Alger ; autrement dit, elle devait effectuer la traversée en quarante heures. En réalité, les excellents bateaux, tels que *la Corse*, *Lou-Cettori*, *Maréchal-Canrobert*, de 1.200 tonneaux de jauge et 1.100^{ch} de force, donnaient presque régulièrement 12 nœuds, c'est-à-dire réduisaient à trente-six heures la durée du passage.

En 1879, l'État procéda à une nouvelle adjudication des lignes d'Algérie, considérablement augmentées. Le nouveau cahier des charges imposait de plus grands tonnages et une vitesse moyenne de 12 nœuds sur les lignes principales.

La Compagnie générale transatlantique, déclarée adjudicataire, s'inspirant des besoins de l'avenir et de la nécessité d'offrir aux passagers tous les avantages capables de les attirer chez elle, fit construire une flotte entièrement nouvelle, inaugurée en 1880, et formée de paquebots remplissant tous des conditions supérieures à celles exigées par le contrat. C'est ainsi que les types *Moïse*, *Charles-Quint*, *Ville-de-Rome* et *Ville-de-Naples*, sous l'impulsion de leurs machines développant de 1.800 à 2.200^{ch}, atteignaient des vitesses de 13, 14, 15 et même 15ⁿ,5.

En 1883, sortait des chantiers créés par la Compagnie à Penhoët un nouveau navire, *la Ville-de-Tunis*, destinée au service Marseille-Alger. Ses machines, avec une pression initiale de 6^{kg}, développaient 2.400^{ch} et lui donnaient une allure de 16 nœuds ; la traversée se trouvait ainsi réduite à vingt-six et vingt-sept heures.

En 1888, la Compagnie mit en ligne *l'Eugène-Pereire*, également construit dans ses chantiers, et qui réunissait tous les perfectionnements connus jusqu'à cette époque : éclairage électrique, coque en acier, chaudière à tirage forcé, triple expansion avec une pression initiale de 10^{kg}. Les machines développaient plus de 3.000^{ch}, et la vitesse atteignit 16,5 à 17 nœuds, même un peu au delà dans les circonstances favorables. Alger ne se trouva donc plus dès lors qu'à vingt-quatre heures de Marseille. On voit quel progrès considérable en huit ans à peine a été accompli sur ces lignes.

Il reste encore à citer, parmi les Compagnies postales qui ont beaucoup amélioré leur flotte dans ces derniers temps, celles qui relient la France à l'Angleterre. La ligne de Douvres à Calais, par exemple, n'était desservie, en 1877, que par les navires du type *Prince* ; elle le fut plus tard par des navires du type *Breeze*

et *Wave*. Sur ces bateaux, très petits, les passagers, qui fréquentent le détroit en si grand nombre, manquaient d'espace, et, par suite, du plus indispensable confort. Les odeurs dont le plancher des ponts était imprégné, malgré les lavages faits à la suite des traversées pénibles, rendaient le séjour à bord insupportable par mauvais temps. La puissance des machines était d'environ 1.800^{ch}; et la traversée s'accomplissait d'ordinaire en une heure et demie, souvent une heure quarante-cinq minutes, et une heure vingt minutes seulement quand les circonstances étaient exceptionnellement favorables. Depuis ces dernières années et sans parler du *Calais-Douvres*, qui ne marche guère qu'en été, on a mis en service la *Victoria*, de 900 tonneaux, l'*Invicta* et l'*Empress*, de 1.250 tonneaux. Ces deux derniers steamers développent, au tirage forcé, environ 6.000^{ch}; ils atteignent et dépassent 20 nœuds, la traversée se trouve réduite à une heure et quelquefois à cinquante-cinq minutes. Grâce à l'accroissement de leurs dimensions, on a pu y installer de nombreuses cabines, deux étages de ponts, etc.; et on a assuré ainsi aux voyageurs un bien-être jusque-là inconnu, et depuis longtemps réclamé pour la traversée du Pas-de-Calais.

Lignes libres. — Ce ne sont pas seulement les services postaux, qui, dans l'intervalle dont nous nous occupons, ont réalisé de grands progrès, l'exemple a été heureusement suivi par les Compagnies qui exploitent des lignes libres.

Citons seulement, pour rester en France : les Chargeurs réunis, la Compagnie commerciale, la Compagnie pacifique et la Compagnie Grosos, au Havre; les Transports maritimes, la Compagnie nationale et Cyprien Fabre, à Marseille; la Société Bordelaise, etc., etc. Toutes ces Compagnies ont augmenté les tonnages, perfectionné les machines et accru les vitesses de leurs navires. La Compagnie des Chargeurs réunis, par exemple, possède des navires, comme l'*Entre-Rios* et le *Paraguay*, qui sont en acier, marchent à 10^{kg} de pression, et réalisent de grandes économies de combustible, dues à l'emploi de la triple expansion.

Le progrès a pénétré jusque sur les lignes côtières, et sur les cargo-boats ou navires de charge, qui ont au moins adopté les machines économiques à triple détente, et ont augmenté en nombre et en tonnage (un peu, il est vrai, aux dépens de la navigation à voiles). La loi du 29 janvier 1881 a aidé à ce dévelop-

pement; et un sacrifice modéré de la part de l'État a suffi pour produire ces bons résultats. Toutes les entreprises n'ont sans doute pas prospéré au même degré; mais la plupart se soutiennent.

En dix ans, la France a presque doublé son tonnage à vapeur; et, dans cet intervalle, elle a conquis le second rang sur les Américains. La proportion de son tonnage par rapport à celui des Anglais a augmenté; mais notre supériorité relativement à l'Allemagne a diminué; nous sommes même menacés de perdre le second rang. Pour qu'il n'en soit pas ainsi, il nous faut donc redoubler d'efforts.

Il faut qu'on améliore la législation, c'est-à-dire les règlements et taxes maritimes, ainsi que les installations et l'outillage de nos ports; le public français suivra le mouvement en s'intéressant de plus en plus aux entreprises de navigation.

Ce serait une grande faute de négliger la marine commerciale, qui, maintenant, non moins qu'autrefois, constitue l'un des facteurs les plus importants de la puissance offensive et défensive d'un pays. Sans parler des ressources que peuvent offrir, en temps de guerre, les paquebots rapides employés comme croiseurs ou éclaireurs auxiliaires, n'est-ce pas cette marine qui entretient toute une intelligente et vaillante population, dans laquelle, au moment du danger, l'État trouvera les ouvriers, les chauffeurs, les mécaniciens et les matelots, qui, sous la conduite d'officiers éprouvés, devront assurer le succès de nos forces navales? Enfin, en temps de paix, *un navire n'est-il pas comme une addition au territoire national*, dont la mobilité fait la grandeur, puisque c'est cette qualité même qui lui permet d'aller porter au loin les couleurs et l'influence de la mère patrie?

§ 461. **Exemples des progrès d'ensemble accomplis successivement dans les marines de guerre.** — Jetons maintenant un coup d'œil sur les marines militaires; et nous constaterons la même marche ascendante dans les tonnages, les forces motrices, les vitesses, l'économie du poids, la puissance de l'artillerie et l'épaisseur des blindages.

En France, les cuirassés d'escadre, dont *la Gloire* fut le premier modèle, grandissent et se transforment, en passant successivement par les types des frégates *Flandre*, *Savoie* et des vais-

seaux *Solférino*, *Océan*, *Friedland* (en fer), *Richelieu* (à deux hélices), suivis du type *Colbert*, qui, en 1876, pouvait être considéré comme le plus puissant de nos navires de combat. Il avait 8.400 tonneaux de déplacement, 4.200^{chx}, 14 nœuds de vitesse, 4 canons de 27^{cm}, une cuirasse épaisse de 220^{mm} à la flottaison, de 160^{mm} aux tourelles et à son réduit blindé.

Mais déjà, à cette époque, on avait mis en chantier, sur les plans de M. l'ingénieur de Bussy, *le Redoutable*. Des perfectionnements multiples et considérables rendaient ce navire supérieur à nos autres cuirassés, et à l'*Inflexible* anglais lui-même, à qui nous avions voulu donner un rival. *Le Redoutable*, tout en acier, déplaçait 8.800 tonneaux. Il était défendu par une cuirasse de 350^{mm} à la flottaison, et de 300^{mm} au réduit; il portait des canons de 27^{cm}, modèle 1875; enfin, sa machine de 6.100^{chx} lui assurait une vitesse de 14 nœuds.

Vinrent ensuite *la Dévastation* et *le Courbet*, commencés en 1880, dont le déplacement dépassait 10.000 tonneaux, avec une cuirasse de 380^{mm} à la flottaison et de 240^{mm} au réduit, et qui devaient recevoir 4 canons de 34^{cm} dans le fort central et 4 pièces de 27 sur les gaillards, dont deux placées dans des demi-tourelles centrales. La vitesse atteignait 15 nœuds.

L'Amiral-Duperré présente un déplacement encore plus élevé (11.000 tonneaux) et une plus grande épaisseur de cuirasse (550^{mm}). Il porte 4 canons de 34^{cm} établis dans quatre tourelles barbettes. Sa vitesse est de 14 nœuds et demi.

Le Hoche et *le Marceau* (plans et devis de M. Huin), sont plus rapides que *l'Amiral-Duperré*. Ils portent comme lui 4 canons de 34^{cm}, mais deux dans des tourelles fermées et deux dans des tourelles barbettes.

Enfin, le modèle le plus puissant des cuirassés en France est aujourd'hui représenté par *le Formidable* et *l'Amiral-Baudin*, construit sur les plans de M. Godron, et dont le déplacement atteint 11.300 tonneaux; trois tourelles, situées dans l'axe, sont munies de canons de 37^{cm}; la cuirasse a 550^{mm} et 440^{mm}; le pont est recouvert d'un blindage de 80 à 100^{mm}; et des machines de 8.500^{chx}, desservies par des chaudières à flamme directe (§ 457), assurent à ces bâtiments une vitesse de 15 nœuds et demi au moins.

Le chemin parcouru en dix ans, du *Colbert* à *l'Amiral-Baudin*,

se résume comme il suit : l'acier remplace le bois et le fer, les deux hélices sont décidément adoptées, la grande mâture est supprimée et remplacée par des mâts militaires avec hune pour canons revolvers ou à tir rapide; le déplacement passe de 8.500 tonnes à 11.300 tonnes. L'épaisseur de la cuirasse est portée de 220^{mm} à 550^{mm}; le réduit disparaît; l'artillerie est placée dans des tourelles; et, enfin, le calibre des canons est porté de 24 à 37^{cm}.

En Angleterre, du *Warrior* qui avait été la réponse à la *Gloire*, on était arrivé, à la suite de diverses transformations, à l'*Inflexible*, mis en chantier vers 1874 (lancé en 1881), et qui, à notre point de départ (1876), pouvait être considéré comme le meilleur cuirassé en service à cette époque. L'épaisseur de son blindage était de 610^{mm} à la flottaison et de 76^{mm} sur le pont. Le réduit abritait la base de deux tourelles blindées, munies de canons de 40^{cm} pesant 80 tonnes. Les extrémités étaient protégées par un système de cellules contenant du charbon et des remplissages en liège, et formant ainsi *cofferdam*. Malgré l'augmentation du déplacement porté à 12.000 tonnes, la vitesse restait de 13 nœuds 8. L'*Inflexible* était partiellement construit en acier.

Le *Collingwood* et le *Howe*, commencés en 1880 et 1882, ne sont pas non plus complètement en acier. Ils sont tous deux à tourelles barbottes, et portent une cuirasse de 450^{mm}; leurs puissances motrices et leurs vitesses sont sensiblement accrues.

Enfin le *Benbow*, le *Sans-Pareil* et le *Victoria*, plus récents et établis d'après des plans peu différents, mais encore améliorés, portent des canons de 410^{mm}, pesant chacun 110 tonnes; et leur vitesse atteint 15 nœuds au tirage naturel et 17 nœuds avec le tirage forcé.

Ces bâtiments n'ont encore ni la triple expansion, ni de très hautes pressions. Mais les nouveaux navires de guerre vont remplir ces dernières conditions. Ainsi on vient de commencer à Portsmouth la construction du *Royal-Sovereign*, l'un des huit grands navires de combat compris dans le nouveau programme de la flotte. Cette construction doit être menée avec la plus grande activité. Les tôles de la partie horizontale ont 2^{cm} d'épaisseur; celles de la quille verticale 15^{mm}. Celle-ci a 1^m,50 de hauteur. Le *Royal-Sovereign* sera le plus grand cuirassé du monde.

Il aura en déplacement 2.150 tonneaux de plus que le *Trafalgar* pour le même tirant d'eau, et 300 tonneaux de plus que l'*Italia*, soit 14.300 tonneaux. La flottaison sera protégée par une ceinture blindée de 2^m,50 de largeur sur une longueur de 76^m, et d'une épaisseur maxima de 46^{cm}. Elle sera surmontée d'une autre ceinture de 12^{cm}; les tours barbettes seront protégées par des plaques de 42^{cm}. Le poids total du blindage et des matelas, y compris le pont cuirassé, atteindra 4.550 tonnes. Les machines, à triple expansion, développeront 9.000^{chx} indiqués avec le tirage naturel, et 13.000 avec le tirage forcé. La vitesse prévue sera de 16 nœuds dans le premier cas, et de 17,5 dans le second.

Sans parler des constructions russes et allemandes, dont l'étude nous entraînerait trop loin, nous pouvons donner sur un certain nombre de bâtiments de l'Italie quelques détails, qui montreront l'immense effort de cette nation pour se créer une sérieuse marine de guerre, et sa hardiesse à se lancer dans toutes les innovations intéressant la construction navale.

Le *Duilio* et le *Dandolo*, mis à l'eau en 1876 et 1878, ont un déplacement de 12.000 tonneaux; leur cuirasse a une épaisseur de 550^{mm}, mais elle ne règne qu'au milieu sur 45^m de long. Le poids des canons est de 100 tonnes. La machine est assez forte pour obtenir une vitesse de 15 nœuds. Malgré ces avantages, ces deux navires ont été très critiqués, particulièrement pour la vulnérabilité de leurs extrémités, leur tirant d'eau excessif, leur difficulté d'évolution.

Quoi qu'il en soit, l'Italie a persévéré dans la même voie en cherchant à perfectionner ce modèle; et elle a postérieurement mis à l'eau, en 1880, l'*Italia*, de 14.000 tonneaux et d'une vitesse de 18 nœuds; et en 1882, le *Lepanto*, de 13.600 tonneaux, également de 18 nœuds. Ce sont des navires partiellement décuirassés, ayant leurs extrémités protégées par des cellules. Le pont est recouvert d'un blindage de 75 à 100^{mm}; et le réduit blindé renferme 4 canons de 43^{cm}.

Enfin, à peu près sur le même modèle mais avec des machines plus perfectionnées encore, il y a en construction dans les arsenaux italiens : le *Re Umberto*, de 13.200 tonneaux et 18 nœuds; le *Sicilia*, de 13.200 tonneaux et 18 nœuds; la *Sardegna*, de 13.250 tonneaux et 18 nœuds et demi. La puissance motrice de la *Sicilia* est déjà remarquable. Elle consiste en quatre machines

Compound actionnant deux hélices, et devant réaliser ensemble 19.500^{chx} au tirage forcé; mais, sur la *Sardegna*, au lieu de deux machines Compound à deux manivelles, il y a, pour mouvoir chacune des deux hélices, deux machines à triple expansion et à trois manivelles, devant fournir ensemble 22.500^{chx}; chacune de ces machines comporte trois cylindres juxtaposés de 1^m,20, 1^m,80 et 2^m,80 diamètre, avec une course commune de 1^m,30; et la vitesse de piston atteindra 5^m,10 par seconde. Sur chacune des deux lignes d'arbres, la machine de l'avant peut aisément se désembrayer, ce qui permet de rendre économique la marche à petite vitesse. Les quatre moteurs ont chacun leur appareil de mise en train, mais un seul de ces appareils peut servir pour les deux machines du même bord, lorsqu'elles sont embrayées; grâce à cette disposition, on a pour la manœuvre un rechange et une ressource pendant le combat. Comme il y a six coudes par ligne d'arbres, cela fait, avec les deux rechanges, quatorze arbres coudés. Cette belle série de pièces de forge, sorties des ateliers Vickers, à Sheffield, est digne d'être admirée grâce à sa parfaite exécution. Les chaudières timbrées à 10^{kg} comprennent dix-huit corps à quatre foyers, en tout soixante-douze foyers, installés dans six compartiments étanches, quatre à l'avant et deux à l'arrière des machines. On peut se faire une idée de l'énormité de la puissance motrice accumulée sur ce bâtiment par les chiffres suivants : il y aura à bord soixante-deux machines à vapeur, comprenant quatre-vingt-douze cylindres, dont les pistons réunis représentent la surface d'un cercle de 6^m,50 de diamètre, soit plus de trente mètres carrés. Jamais encore aucun navire de guerre ou de commerce n'a été, à beaucoup près, mis en mouvement par une force aussi considérable.

La France et l'Angleterre n'ont pas jusqu'ici imité l'Italie dans cette voie. Une augmentation pareille de la puissance, la concentration sur un seul bâtiment de tant d'objectifs divers et aussi de tant de dépenses, leur sont matière à réflexion. Mais ces deux nations ne manqueront pas de suivre, avec le plus vif intérêt, les résultats de ces tentatives hardies, dont elles pensent du moins pouvoir tirer d'utiles enseignements.

Croiseurs. — En 1877, nos principaux croiseurs, *le Duquesne* et *le Tourville*, étaient des navires de grandes dimensions, en fer, « doublés en bois recouvert de feuilles de cuivre », analogues

à l'*Inconstant* et au *Shah* de la marine anglaise. Ils portaient une artillerie de gros calibre; leurs machines, à moyenne pression, leur imprimaient une vitesse de 16 nœuds et demi environ. On renonça bien vite au doublage en bois des carènes; et, l'idée ayant prévalu de ne placer sur les croiseurs que des canons *d'un calibre modéré*, on revint aux coques simplement en bois et à de plus petits modèles avec *le Dubourdieu*, *la Naïade*, *l'Aréthuse*, dont les vitesses restent au-dessous de 16 nœuds.

Mais, en 1882, on arrive à la construction en acier avec le croiseur de deuxième classe *le Milan*, dû à M. Bertin. Il a un déplacement de 1.550 tonneaux seulement, et ne porte qu'une artillerie légère; en revanche, on obtint aux essais, qui eurent lieu en 1885, une vitesse de 18 nœuds et demi. En même temps, sur les plans du même ingénieur, on construisait à Brest *le Sfax*, croiseur de première classe, déplaçant 4.500 tonneaux, portant des canons de 16 et 14^{cm}, et qui atteint néanmoins plus de 16 nœuds. En dehors du pont cuirassé, c'est le premier navire français sur lequel on a appliqué le système de protection par un cofferdam avec cellulose.

De son côté, l'usine des Forges et Chantiers de la Méditerranée, à la Seyne, a construit *le Cécille* de 5.800 tonneaux et de 10.000^{chx}. A Saint-Nazaire, les ateliers de la Compagnie transatlantique ont fourni *le Tage* de 7.100 tonneaux et de 12.000^{chx}. Ces deux croiseurs de première classe, tout en acier, ont des machines Compound qui leur impriment 19 nœuds de vitesse.

Enfin, il vient d'apparaître, construit à Brest, sur les plans de M. de Bussy, *le Dupuy-de-Lôme*, croiseur protégé de 1^{re} classe. Ce magnifique spécimen de 114^m de long sur 16^m de large, et jaugeant 6.300 tonneaux, porte deux ponts blindés (§ 448). Sa coque, tout en acier, est mue par trois hélices; et avec des machines à triple expansion développant 13.000^{chx} et desservies par des chaudières à flamme directe (§ 457), elle atteindra 20 nœuds. Son artillerie comporte des pièces de 19^{cm} et de 16^{cm} accompagnées de canons à tir rapide et de canons-revolvers. Nous ne signalerons que pour mémoire les croiseurs de 2^e et 3^e classe de 3.000 et 1.800 tonneaux analogues au *Dupuy-de-Lôme*, sauf pour les hélices, et devant réaliser la même vitesse.

La marine anglaise, après avoir possédé, il y a déjà plus de dix ans, des croiseurs de 18 nœuds en fer et acier et à deux

hélices, comme l'*Iris* et le *Mercury*, a moins cherché l'accroissement de vitesse qu'une amélioration de la protection et de l'armement. C'est ainsi que son type de grand croiseur *Immortalité*, *Aurora*, *Narcissus*, etc., présente, outre un pont blindé, une ceinture cuirassée à la flottaison; la vitesse est de 18 nœuds et demi. Mais les nouveaux spécimens sur les chantiers atteindront 20 nœuds.

En Italie, le *Dogali* de 2.060 tonneaux, terminé en 1886, a réalisé 19ⁿ,75. C'est le premier navire de combat et de haute mer qui ait reçu une machine à très haute pression et à triple expansion. Il semble aussi être le plus rapide du moment, après, toutefois, le croiseur le *Reina-Régente*, construit en Angleterre pour le gouvernement espagnol, et qui, avec un déplacement de 4.800 tonneaux, a développé au tirage forcé 11.500^{chx}, et obtenu 20 nœuds.

Torpilleurs et dérivés. — Le développement des torpilleurs tient à peu près tout entier dans la période que nous envisageons. M. Thornycroft, le premier, a bien résolu le problème d'imprimer de grandes vitesses à ces petits navires, qui, même au début, n'étaient que des canots. Il a ainsi ouvert une voie nouvelle; et il est certainement un des ingénieurs qui, dans la seconde moitié du siècle, auront laissé une trace profonde dans l'architecture navale.

Les premiers torpilleurs rapides de la marine française lui furent fournis en 1876 par M. Thornycroft; ils avaient une vitesse de 17 nœuds. Le progrès vint ensuite rapidement.

A côté de Thornycroft s'élevèrent des rivaux, comme Yarrow, l'établissement français de Claparède, les Chantiers de la Loire, les Forges et Chantiers de la Méditerranée, les Ateliers de la Gironde, l'usine de M. Augustin Normand, qui ont fait souvent aussi bien et quelquefois mieux que Thornycroft lui-même. C'est ainsi que, pour des torpilleurs livrés simultanément à la Russie et ayant donné à peu près les mêmes résultats aux essais, les bateaux de M. Normand ont montré une plus grande *endurance* (§ 451). Au bout de deux ans, ils ont pu fournir encore la même vitesse qu'aux expériences de recette; alors que, sur les torpilleurs construits en Angleterre, on a constaté, au bout de ce temps, une diminution sensible du sillage.

Nous ne pouvons ici faire connaître en détail la marche progressive des torpilleurs, ni discuter l'étendue de leur emploi, ou

les dimensions qu'ils doivent avoir. Disons seulement que leur vitesse a pu passer de 18 nœuds, en 1877, à 20 et 21 nœuds en 1882 et 1884, et qu'elle tend actuellement vers 22 à 24 nœuds. Leur puissance s'est élevée de 500 à 1.400^{chx}, sans augmentation sensible du poids de l'appareil moteur, grâce à ce qu'on a pu établir des chaudières produisant, au moins pendant quelques heures, un poids considérable de vapeur, grâce aussi à l'emploi des machines à très haute pression et à triple expansion, et tournant aux allures de 300 à 400 tours par minute.

Les contre-torpilleurs n'ont fait leur apparition que dans ces dernières années; ce sont des bateaux dans lesquels le poids des appareils de propulsion forme la plus grande partie du déplacement. Leur déplacement n'excède pas 6 à 700 tonneaux. Comme exemples, nous citerons, en France, les types *Condor* et *Couleuvrine*; et, dans les marines étrangères, le *Destructor*, construit par la maison Thomson, de Glasgow, pour le gouvernement espagnol, le *Lieutenant-Elgin* de la marine russe, le *Rattlesnake* de la marine anglaise, qui ont des machines à triple expansion, et réalisent 19 à 20 nœuds.

Pour ce genre de navires, l'Italie a marché aussi de l'avant : d'abord, avec le *Folgore*, de 70^m de long, et qui, avec deux hélices actionnées par des machines à triple détente, a filé 21 nœuds; puis, par le *Tripoli*, un peu plus grand, et qui a inauguré la propulsion au moyen de trois hélices, dont chacune est actionnée par une machine semblable à celle du *Folgore*. La vitesse a atteint 22 nœuds avec une puissance de 3.600^{chx}. Encore les marins et les ingénieurs qui ont procédé aux essais disent-ils qu'on n'a pas pu pousser les machines pour leur faire donner toute leur puissance, à cause des vibrations excessives qui se sont produites sur les deux navires. Ces difficultés n'ont pas découragé le gouvernement italien, qui a encore fait construire le *Montebello* et le *Monzambano*, du type *Tripoli* perfectionné, et munis de machines encore plus légères. Enfin, il en est arrivé au type *Aquila* avec des vitesses de 26ⁿ,5, du moins au coup de collier des essais (§ 454).

§ 462. **Résumé: habitabilité et aménagement actuels des navires.** — Nous arrêterons ici nos exemples et nous récapitulerons les progrès accomplis, en attribuant à chacune des marines la part qui lui revient particulièrement.

La marine de guerre a donné l'exemple de l'emploi de l'acier et recherché avant tout la légèreté des machines.

Les paquebots ont été les premiers en avant pour l'application des hautes pressions et des détentes multiples ; et ils ont bénéficié plus tôt de l'économie de combustible.

Puis, chacune des deux catégories de navires empruntant les progrès réalisés par l'autre, on est parvenu à des résultats regardés comme tout à fait inespérés ; et l'on entrevoit, pour un avenir même prochain, de nouveaux et brillants perfectionnements dans la navigation à vapeur.

Et cependant, hâtons-nous de le dire, pour les amis trop ardents des innovations et des expériences prématurées, il n'est aucun terrain sur lequel il faille s'avancer avec plus de prudence, si l'on veut marcher avec sécurité. Il y aurait un envers à montrer à tous les progrès que nous avons signalés dans les machines : les obstacles multiples et inattendus qui surgissent en marche, les difficultés d'alimentation, les fuites des chaudières, la détérioration rapide de leurs tubes, les échauffements, les grippages, les accidents, les avaries de toutes sortes, que les constructeurs passent généralement sous silence, en faisant connaître les résultats d'un essai. Combien de machines pourraient soutenir d'une façon continue l'allure et le régime obtenus pendant les expériences, autrement dit montrer une *endurance* (§ 451) incontestable ?

En voulant aller trop vite, on peut faire des écoles et courir à de grands mécomptes. En particulier, lorsqu'il s'agit d'une navigation sérieuse et continue, comme celle des paquebots-poste, il faut, pour éviter tout déboire et pour justifier la confiance du public, marcher prudemment dans la voie des innovations, et s'être bien assuré du terrain déjà conquis, pour se décider à essayer encore un nouveau pas en avant.

Il nous reste à parler de l'accroissement de confort et de bien-être que l'augmentation des dimensions et toute une autre série de perfectionnements ont amené à bord des navires.

La marine de guerre a, depuis l'origine des cuirassés, beaucoup progressé, en général, sous ce rapport ; et, au lieu des cabines noires de *la Gloire* et du *Rochambeau*, dans lesquelles les chaussures se couvraient de moisissures en moins de vingt-quatre heures, on a pu établir, dans les superstructures des vaisseaux qui ont suivi, de grandes chambres aérées et bien éclairées. Il faut dire,

cependant, qu'avec les torpilleurs on est revenu à des logements qui laissent fort à désirer, et dont l'infériorité n'est pas suffisamment compensée par la brièveté des campagnes.

Sur les paquebots, au contraire, l'amélioration du confort a été continue et très marquée. Les états-majors et les équipages en ont reçu leur part; mais c'est surtout le public voyageur pour lequel on s'est mis en grands frais. Sur les navires des types *Champagne* et *Bourgogne*, par exemple, on a amélioré la ventilation pendant l'été, le chauffage en hiver, agrandi les chambres, élargi les couchettes, perfectionné l'ameublement. On a multiplié les locaux communs, destinés à la distraction et à l'agrément des passagers. Outre les grands salons à manger, somptueusement et commodément disposés, on y trouve : salon de conversation et de musique, boudoir pour les dames, bibliothèque, fumoir et jusqu'à un élégant salon de coiffure. Moyennant un supplément de prix modéré, les passagers peuvent occuper des chambres de luxe qui sont de véritables petits appartements, pourvus de tout ce qu'on pourrait trouver dans les hôtels modernes les mieux installés. Tous les voyageurs ont à leur disposition des sonneries électriques ou à air; et enfin l'éclairage par l'électricité, si commode, si gai, est partout et à toute heure à la portée du passager.

Si l'on ajoute à ces perfectionnements tout ce qui a été fait pour la conservation à bord des vivres frais et l'amélioration de la cuisine, on comprend combien les voyages sur mer diffèrent aujourd'hui de ce qu'ils étaient il y a seulement trente ans; et l'on s'explique la facilité avec laquelle on les entreprend.

Il nous reste à ajouter un mot concernant les aménagements : c'est la nécessité, surtout à bord des bâtiments de guerre, d'établir les soutes à charbon dans les meilleures conditions d'accessibilité, eu égard tant au service des chambres de chauffe, qu'à la facilité de leur remplissage quand on les approvisionne.

T. II, 8^E P^{IE}. — CHAPITRE II

CONSIDÉRATIONS SUR LES FORMES ET LA NATURE DES COQUES

§ 463. **Influence de la destination des navires sur les formes de la coque.** — Il est intéressant de s'occuper d'une façon doctrinale de l'étude comparative des résultats du § 454 au point de vue de la résistance des carènes et de l'utilisation (§ 481) des navires, afin d'arriver à l'examen rationnel des formes diverses des coques actuelles.

Pour un même déplacement, les formes, ainsi du reste que les proportions, sont soumises aux conditions inhérentes à la destination du bâtiment. En ce qui concerne les œuvres mortes, l'emploi du fer et de l'acier permet aujourd'hui, si l'on n'a pas à se préoccuper de logements de passagers, de contourner les hauts en rentrée, de façon à gagner sur le poids de la coque, et à faciliter le jeu de l'artillerie. Du côté des œuvres vives, il faut considérer le tirant d'eau d'une manière générale, et en particulier l'emploi d'un éperon, la protection de la barre et du propulseur, la facilité de giration pour les navires de combat.

On doit réaliser aussi une bonne stabilité de route, et obtenir, surtout à bord des bâtiments de guerre pour avantager le tir, une grande stabilité de plate-forme, c'est-à-dire la réduction des roulis à de faibles amplitudes, au moins avec des lames modérées. Quoi qu'en disent depuis peu certains ingénieurs anglais, la stabilité de plate-forme exige une distance du métacentre au centre de gravité restreinte, ou, sinon, diminuant rapidement au début grâce à de la rentrée dès la flottaison, quitte à augmenter à partir d'une inclinaison convenue, de façon à sauvegarder au besoin la sécurité du navire. En tous cas, cette maîtresse qualité est d'autant plus à considérer à bord des nouveaux navires,

que l'emploi des gros canons de type long peuvent la compromettre dans leurs mouvements de manœuvre.

Il reste ensuite à obtenir une résistance minima de la carène pour le maximum de vitesse à fournir. On y vise en constituant des *avants* qui engendrent peu ou point de volutes, et des *arrières* qui s'associent à la fois à une bonne utilisation du propulseur et à une restriction aussi complète que possible de la réaction nuisible de celui-ci sur la poupe. Tout cela exige d'abord qu'on condamne, sauf le cas de nécessité comme instrument de combat, l'emploi des éperons entièrement au-dessous de la flottaison. Divers ingénieurs se sont fort engoués de cet emploi, en vue de restreindre la résistance par une plus grande finesse des lignes d'eau avant ; mais l'on s'expose à perdre ainsi plus que l'on ne gagne, à telle enseigne que certains navires soulèvent, même par calme, une véritable trombe d'eau à l'avant. Les éperons offrent d'ailleurs, immergés, l'inconvénient grave signalé plus loin, dans les marches forcées par grosse mer. Ils ne deviennent avantageux qu'autant qu'ils sont très prononcés, et qu'ils se trouvent divisés en deux par la flottaison, et encore seulement pour les bâtiments qui ne dépassent pas un tonnage les obligeant plutôt à monter sur la lame qu'à la fendre. D'ailleurs le navire se trouve, en somme, ainsi allongé d'autant, avec les hauts de l'avant supprimés.

Les constructeurs des *Greyhounds* désignés au § 454 se sont bien gardés d'adopter des éperons de marche, dans l'espérance de pousser à l'extrême les qualités nautiques : les étraves de ces paquebots sont expressément *droites* et non *renversées* ; car, en raison de leur grand déplacement, ils traversent les lames en les coupant. Bien plus, on revient, pour les nouveaux steamers extra-rapides, à des étraves *élancées* ; cette forme n'améliore pas la vitesse ; mais elle ne l'affecte pas ; et elle offre l'avantage notable, en cas de collision, de rendre beaucoup moins dangereux, pour l'abordé comme pour l'abordeur, ce terrible accident, devenu si fréquent en raison de la vitesse et de la multiplicité des navires qui sillonnent les mers.

Après le choix de l'étrave, il importe de considérer ce que les Anglais appellent l'*entrance* et le *run*, c'est-à-dire l'attaque de l'eau à l'avant et sa coulée vers l'arrière, ce qui implique incidemment le choix de la position du maître-couple par rapport au

milieu du navire. Il y a, en outre, à apprécier l'influence de changement d'assiette se produisant, aux vitesses extra-rapides, sur les très petits navires, comme les torpilleurs, où, à cette allure, l'avant se relève assez pour tenir l'extrémité de la quille à fleur de l'eau, et parfois même un peu au-dessus.

§ 464. Comport des navires par mer agitée : son influence sur le choix des formes de la carène. —

Il convient aussi de se préoccuper du *comport* des navires par mer agitée, à la limite où il est encore possible d'employer toute la puissance de la machine sans rien compromettre. Les grandes compagnies peuvent fournir sur la question les documents les plus circonstanciés, et permettant d'évaluer, dans chaque cas, la réduction forcée que subit alors la vitesse maxima obtenue en calme. Cette réduction est nécessaire à connaître, pour apprécier la valeur des formes des carènes au point de vue du service courant, et pour la chasse ou la retraite en guerre.

Le *comport* des navires, dans la marche-limite à toute puissance par une mer agitée, comprend aussi la considération de l'influence que peut subir la stabilité longitudinale au point de vue dynamique sous l'action de la vitesse de retour, en partie de bas en haut, du liquide à l'arrière, laquelle est susceptible, suivant les formes noyées de la poupe, d'atteindre une valeur considérable, lorsque les courants stationnaires de formation des lames deviennent très forts. La considération dont il s'agit, et qui semble imparfaitement connue jusqu'à présent, joue un rôle notable dans le choix à faire entre les sections longitudinales qui remontent régulièrement vers l'arrière sans points d'inflexion, et les sections longitudinales à terminaison tourmentée, en forme d'S avec la portion milieu très longue et très penchée et le trait supérieur venant rencontrer la flottaison.

Dans le *Richelieu*, le dernier navire de Dupuy de Lôme, lancé en 1873, l'illustre ingénieur avait fait disparaître tous les défauts tant de protection imparfaite de la barre et du propulseur que de navigabilité, reprochés à ses premiers blindés, successivement perfectionnés du reste ; par ailleurs les sections longitudinales, quelle que fut leur texture particulière, allaient aboutir à une ligne de flottaison s'étendant jusqu'au-dessus du gouvernail et terminée en pointe renflée ; puis elles se relevaient

brusquement. Tout cela constituait un arrière trainant, nécessité par la susdite protection, et qui présentait néanmoins une certaine finesse sous l'eau. Nombre de cuirassés furent construits sur ce modèle.

Mais lorsqu'on adopte des sections longitudinales possédant une courbure plus ou moins tourmentée, il se produit, *ipso facto*, de chaque côté du plan diamétral, au-dessous de la flottaison, une portion de voûte plus ou moins accentuée. Les formes tourmentées ont été empruntées aux Américains, d'après le *Rochambeau*. Ces formes ont certainement l'avantage de favoriser le jeu du propulseur par calme et d'accroître ainsi l'utilisation du navire ; de plus elles permettent un grand déplacement pour un tirant d'eau relativement faible. Toutefois, dans la restriction du tirant d'eau, il faut prendre garde de ne pas compromettre la stabilité de plate-forme. La possibilité d'aborder des fonds assez bas et de franchir le canal de Suez ne saurait primer les qualités indispensables aux cuirassés de haute mer ; elle doit seulement conduire à des types *ad hoc*, avec déplacement restreint en conséquence. D'autre part, les formes américaines offrent un revers de médaille. Elles font piquer du nez par grosse mer de bout, et peuvent même compromettre alors la stabilité longitudinale avec un avant chargé, d'autant que le phénomène est accru par l'effet de l'éperon, qui laboure en quelque sorte la mer. Il est presumable qu'en pareil cas l'avantage d'utilisation par calme se changerait en une perte. Probablement même, il deviendrait alors nécessaire de restreindre beaucoup la vitesse, au grand détriment de la rapidité de la navigation en temps de guerre. Rien qu'aux expériences en eau tranquille, on constate des dénivellations notables de l'arrière pour les bâtiments où le voûtage est trop accentué.

En tous cas, l'*utilisation* (1) des bâtiments par calme est un *élément factice*. La preuve en est dans l'exemple des grands transatlantiques. Aux essais de beau temps, ils n'ont que des utilisations médiocres ; mais, grâce à leurs arrières relevés et à leurs

(1) L'*utilisation* du navire a, aujourd'hui, une acception spéciale, et qui n'a plus qu'un rapport lointain avec la signification habituelle de ce mot en Mécanique ; elle est seulement proportionnelle à la racine cubique de l'expression algébrique correspondante à cette signification. C'est, à proprement parler, un *coefficient de vitesse*, qui entre dans une formule unanimement adoptée par les constructeurs actuels, pour relier le sillage à la force indiquée et à la surface immergée du maître-couple. (V. § 481).

sections longitudinales sans points d'inflexion, ils marchent admirablement de bout à la lame, et ont la faculté de conserver longtemps à la machine toute sa puissance à mesure que la mer grossit, réalisant ainsi la vitesse maxima corrélative à chaque état du temps.

Empressons-nous de prévenir qu'on remédie d'une manière sensible au grave défaut dont il s'agit par un arrimage spécial.

§ 465. **Formes et métal adoptés en France pour les coques des grands cuirassés et des garde-côtes depuis la guerre franco-allemande.** — En 1871, le ministre de la marine française mit au concours les plans des bâtiments qui devaient former l'élément le plus important de la nouvelle flotte : il fallait créer un nouveau type de cuirassé de premier rang, plus deux types de garde-côtes dits *offensifs* et *défensifs*.

Les navires des trois types devaient être construits en fer : le rapport du poids de coque au déplacement était indiqué comme ne pouvant pas s'abaisser au-dessous des 48/100 pour le cuirassé d'escadre et des 40/100 pour les garde-côtes. Le programme admettait, pour le cuirassé de premier rang, un tirant d'eau qui pouvait aller jusqu'à 9^m.

M. de Bussy, directeur des constructions navales entreprit l'étude demandée avec la résolution de rester bien en dessous de ce tirant d'eau de 9^m. Il pensait que le navire de combat aurait désormais à opérer plus souvent sur les côtes qu'au milieu de l'Océan, et que le cuirassé d'escadre à créer devait pouvoir pénétrer dans des bassins stratégiques interdits aux navires du type français *Friedland* et même à l'*Hercules* et au *Sultan* de la flotte anglaise. Il y avait donc un intérêt majeur à donner aux nouveaux navires une profondeur de carène moindre que celle qui caractérisait les derniers types français et anglais, tout en leur conservant le même tonnage; les études auxquelles il s'était livré l'avaient conduit à penser que cette réduction de la profondeur de carène était possible. D'une part, en effet, ces études lui donnaient lieu de croire que des tirants d'eau aussi forts que ceux qu'admettait le programme pour le cuirassé d'escadre et pour le garde-côtes offensif ne formaient pas une condition *sine qua non* d'une utilisation convenable du propulseur; d'autre part, il avait étudié un système de construction fondé sur l'emploi de

l'acier, dont l'adoption devait diminuer notablement le poids de la coque, et permettre par suite de réduire le déplacement, grâce d'ailleurs aussi à de nouvelles formes des œuvres vives.

Son opinion, que de grands tirants d'eau n'étaient pas aussi nécessaires qu'on le pensait à une utilisation convenable de l'hélice, pouvait s'appuyer sur les faits suivants, qui n'avaient peut-être pas attiré l'attention autant qu'ils le méritaient :

1° Scott Russel avait été conduit à admettre que les molécules liquides, dans leur trajet le long des flancs du navire, se mouvaient généralement, depuis l'avant jusqu'à la maîtresse section, dans des plans horizontaux; mais depuis la maîtresse section jusqu'à l'arrière, elles se mouvaient suivant des lignes dont la direction n'était plus celle des intersections de la carène par des plans horizontaux, mais se rapprochait fortement de la direction des lignes qu'on obtient en coupant la carène par des plans verticaux parallèles à l'axe, c'est-à-dire de la direction des *sections longitudinales*. Dans cet ordre d'idées vérifié par des expériences opérées à Brest, il y avait un grand intérêt à affiner, à adoucir autant que possible les sections longitudinales, en leur donnant des courbures de grand rayon, pour favoriser l'arrivée de l'eau au propulseur hélicoïde. Or la réduction du tirant d'eau est favorable à l'affinement des sections longitudinales.

2° Les expériences faites en Angleterre, en 1856, par M. Ren-
nie (de la Société royale de Londres), permettaient d'apprécier l'influence qu'a, sur la poussée de l'hélice, la profondeur d'immersion; elles montraient qu'on faisait une part beaucoup trop grande à cette influence, en supposant la poussée proportionnelle à la distance existant entre le centre du propulseur et le niveau de l'eau.

3° Il ressortait des résultats obtenus sur le *Rochambeau*, résultats confirmés depuis par des essais faits par Griffiths, qu'il n'était pas nécessaire de laisser une grande distance entre le bord supérieur de l'hélice et la flottaison, à la condition que la voûte affectât une forme spéciale. Cette forme offrait du même coup l'avantage d'un plus grand déplacement pour un même tirant d'eau. Il importait toutefois de ne pas trop l'exagérer, en raison de l'inconvénient de piquer du nez pour les marches rapides avec la mer de l'avant (§ 464).

A un autre point de vue, M. de Bussy songea à tirer de l'em-

ploi de l'acier tous les avantages possibles. L'atelier des bâtiments en fer de Lorient dépendait de son service. Il fut, sur son initiative, doté d'un four à gaz du système Siemens, le premier qui ait été construit pour le travail des membrures métalliques. Les relations personnelles de l'éminent ingénieur avec sir W. Siemens lui avaient permis d'en obtenir les plans de l'appareil, dont les dispositions et les dimensions durent être tout autres que celles des fours à gaz construits jusque-là. Le four Siemens réalisait des conditions de réchauffage qu'on n'avait pas pu obtenir avec les fours ordinaires. Ce four mit à même de faire sur le travail à chaud de l'acier des expériences qui prouvèrent que ce métal, à l'emploi duquel les Anglais avaient renoncé après les accidents et les sinistres qui avaient accompagné son introduction dans la marine britannique, pouvait être utilisé en grand dans les constructions navales.

Les réductions du poids de coque que procure le système de construction ainsi fondé par M. de Bussy, et reposant sur la substitution de l'acier au fer, dérivent surtout des faits suivants, qui forment les caractères principaux du système :

1° Pour le support des ponts principaux, on substitue aux poutres ou barrots *composites*, usités en Angleterre et formés d'une tôle armée de quatre cornières, et aux doubles T en fer employés dans les constructions françaises, des doubles T en acier; car le moment d'inertie de ces dernières pièces peut être, à poids égal, beaucoup plus grand que celui des doubles T en fer, parce que l'acier se prête, en raison de sa texture, à des profils qu'il est impossible d'adopter pour les barres laminées en fer.

2° Pour l'appui des murailles supérieures du navire, particulièrement pour l'appui des murailles qui portent les cuirasses, on remplace les membrures d'assemblage en fer formées de deux cornières réunies au moyen d'un rivetage de manière à former un Z, par des membrures d'une seule pièce, constituée chacune, dans le cas des murailles cuirassées, par un double T en acier; cette dernière pièce a, en effet, à poids égal un moment d'inertie beaucoup plus fort que celui des membrures d'assemblage, dont l'emploi s'imposait avant l'introduction de l'acier, attendu que des barres en fer du profil adopté pour les membrures en acier, n'auraient pas supporté les opérations de courbage, de torsion et d'équerrage nécessaires à leur *formation*.

3° On supprime, sur les murailles placées derrière la cuirasse, sur les cloisons étanches et sur les plafonds recouvrant les ponts principaux, la plus grande partie des couvre-joints servant à l'assemblage des tôles, en utilisant, pour jonctionner les feuilles sur leurs grands côtés, les doubles T et les T simples en acier, qui forment le support des ponts, l'appui des murailles et l'armature des cloisons étanches. La texture de l'acier permet de faire jouer aux barres profilées ce rôle de couvre-joints, interdit aux barres laminées en fer, dont la résistance transversale est trop faible pour remplir un tel rôle.

4° On applique aux épaisseurs des tôles et cornières employées dans la construction, des coefficients de réduction calculés en tenant compte, d'une part, des résistances comparatives de l'acier et du fer, et, de l'autre, du rôle qu'avaient à jouer les tôles et cornières considérées en raison des efforts d'extension, de compression ou de flexion qu'elles avaient à supporter.

Les projets de cuirassé de premier rang de garde-côtes offensif et de garde-côtes défensif de M. de Bussy, furent adoptés. Ils joignaient, à des puissances militaires égales ou supérieures à celles demandées par le programme, des déplacements beaucoup moindres que ceux qui auraient été requis sans les réductions opérées sur les poids de coque; ils donnaient en outre des tirants d'eau inférieurs aux limites admises pour le cuirassé de premier rang et le garde-côtes offensif; enfin ils garantissaient aux nouveaux navires les conditions voulues de solidité, nonobstant l'allègement obtenu pour les coques, et les conditions voulues d'utilisation, nonobstant aussi la réduction des tirants d'eau.

Les deux premiers spécimens de cuirassés du type de M. de Bussy, furent le *Redoutable* et la *Dévastation*. A la suite d'une navigation assez prolongée et de séjours dans les bassins, on reconnut que la rigidité et la solidité des nouveaux cuirassés ne laissaient rien à désirer. Bien plus, après un échouage critique de la *Dévastation* sur un écueil dangereux, il fut prouvé que l'épaisseur des membrures était telle que, d'une part, elles établissaient une solidarité suffisante entre les deux bordés, de manière à les faire travailler ensemble quand il s'agissait de résister aux effets normaux pour lesquels la coque a été calculée; et que, d'autre part, les membrures avaient une flexibilité telle que les déformations locales du bordé extérieur n'étaient pas transmises

au bordé interne. La rigidité et la solidité générales des garde-côtes faisant partie du programme de M. de Bussy ne laissèrent non plus rien à désirer.

Par ailleurs, les prévisions du savant ingénieur relatives à l'utilisation, et, par suite, à la rapidité des nouveaux types, ont été non seulement réalisées, mais dépassées. La vitesse des garde-côtes offensifs le *Tonnerre* et le *Fulminant* devait, aux termes du programme, atteindre 13 nœuds; elle a dépassé 14 nœuds; et l'utilisation, qui avait été estimée à 4,00 pour 13 nœuds, s'est élevée à 4,16. Elle était à cette époque supérieure à celle de tous les cuirassés à coque métallique de même déplacement. De leur côté, la *Tempête* et le *Vengeur*, garde-côtes défensifs, ont non moins bien réussi.

Le *Redoutable* et la *Dévastation* ont, comme le *Tonnerre* et ses congénères, dépassé la vitesse du programme. Leurs utilisations sont sensiblement celles qui avaient été prévues; elles sont supérieures à celles de l'*Amiral-Duperré*, dont le tirant d'eau excède celui de ces cuirassés, mais dont les formes d'arrière sont très différentes de celles qui les caractérisent.

§ 466. **Véritable classification des garde-côtes d'après la valeur nautique due à leur forme.** — On a eu de la tendance à employer les garde-côtes des deux types comme cuirassés d'escadre. Dans ce rôle, pour lequel ces navires n'ont pas été créés, il ne fallait pas compter qu'ils montreraient toute la valeur que des hommes de mer, dont la compétence n'est pas discutée, leur reconnaissent quand il ne s'agit que de leur faire remplir les fonctions auxquelles le programme de 1871 les avait destinés, ou des fonctions analogues.

En somme, les garde-côtes offensifs ont une vitesse égale à celle de la plupart des cuirassés d'escadre actuels; ils possèdent des qualités giratoires très supérieures, une cuirasse plus épaisse, une artillerie mieux protégée. Ils ont un déplacement beaucoup plus faible, coûtent la moitié moins. Suivant l'opinion d'un amiral très distingué, un combat entre eux et nos cuirassés de haut bord, à l'exception de l'*Amiral-Duperré*, de la *Dévastation* et du *Redoutable*, et encore n'est-ce pas sûr, se terminerait très certainement à leur avantage. En revanche, ils naviguent moins bien; et l'erreur que l'on commet, c'est de les associer à la for-

tune de bâtiments auxquels ils ne sont en rien comparables.

Ce rapprochement ne leur paraît pas favorable. La raison en est fort simple : c'est que leurs qualités sont surtout des qualités de combat et non de navigation par tous les temps. Aussi convient-il de réunir en escadre séparée tous les navires du type *Tonnerre*, de les faire naviguer ensemble dans l'Océan, dans la Méditerranée, dans la Manche, et cela avec les méthodes et les précautions qu'ils réclament. Et alors s'ils rencontreraient par temps maniable une escadre de cuirassés de haut bord, on verrait à qui resterait le dernier mot. On peut ranger les garde-côtes offensifs comme navires d'escadre, à la condition de ne les associer à l'escadre du large que par une mer modérée, ou de les grouper en une division distincte, ayant un objectif particulier.

Quant aux garde-côtes défensifs, on ne les a pas faits pour marcher vite. En revanche, ils sont extrêmement redoutables dans un combat livré sur le lieu même qu'ils sont destinés à protéger et à défendre. Certes le *Vengeur* ne suivra jamais un cuirassé de haut bord, ni par beau ni par mauvais temps, mais que celui-ci vienne inquiéter un de nos arsenaux maritimes, et voici le *Vengeur* qui se porte à sa rencontre et l'attaque; il aura très probablement l'avantage, et le forcera au moins de s'éloigner. Son but sera donc rempli.

D'après l'exposé précédent, on voit que M. de Bussy a le droit de revendiquer l'honneur d'avoir créé les types fondamentaux de notre nouvelle flotte cuirassée. Toutefois, la forme voutée de l'arrière a été sensiblement atténuée dans les grands cuirassés récemment lancés, et surtout dans ceux qui sont en chantier depuis peu; on s'y est rapproché des œuvres vives du *Richelieu*. Le motif en est qu'en égard aux vitesses supérieures que doivent réaliser ces cuirassés, on a dû se garantir expressément contre le piquage du nez dans la marche à outrance, surtout vent debout.

§ 467. **Formes des cuirassés anglais.** — L'Angleterre débutait en même temps que nous dans la substitution de l'acier au fer pour la confection des coques des cuirassés; mais les premières tentatives échouèrent. Elle fut obligée d'envoyer, en 1873, ses meilleurs ingénieurs étudier nos procédés à Lorient. A partir de ce moment, l'Amirauté anglaise parvint à faire un large usage de l'acier; et son exemple fut bientôt suivi par toutes

les autres marines, qui entrèrent ainsi dans la voie que M. de Bussy avait eu l'honneur de tracer le premier, en substituant au fer un métal qui ne coûte pas plus, et lui est bien supérieur à tous égards. Toutefois, les Anglais n'ont pas adopté nos formes voûtées.

Après s'être rapprochés des lignes fines de la *Gloire* de Dupuy de Lôme dans leurs premiers cuirassés, ils ont ensuite le plus souvent employé des arrières charnus, qui dérivent de ceux de leurs anciens navires à voiles les plus renommés comme marcheurs, mais qui, en outre, sont rendus trainants. Ces arrières ont aussi leurs inconvénients : s'ils ne font pas piquer du nez, ils tendent à faire tanguer sur place. Puis, à l'encontre des prévisions qui les ont fait préférer, ils fournissent de mauvaises utilisations, et nuisent, en même temps, à l'action du gouvernail. Du reste, il y a aujourd'hui, en Angleterre, une réaction contre la plénitude des formes de l'arrière. Les derniers cuirassés lancés ou en construction ont cette partie affinée sous l'eau, et, en outre, légèrement relevée au-dessus de la flottaison.

En résumé, les formes des navires offrent toute une philosophie qu'on ne saurait trop approfondir. Et même pour la posséder intégralement, il convient d'étudier les anciennes carènes de toutes dimensions réputées respectivement les meilleures, en bien se rendant compte de la destination et de l'espèce de navigation afférentes à chacune d'elles, et qui constituent les conditions qui ont guidé les habiles constructeurs des époques passées; on devra d'ailleurs ne pas oublier de considérer l'influence réactive du propulseur sur les carènes.

Les beaux atlas des *Souvenirs de Marine* de l'amiral Pâris rendront, sous le rapport dont il s'agit, d'inappréciables services aux ingénieurs soucieux d'étudier leur art dans tous ses recoins.

§ 468. **Considérations sur le mode même de confection des coques, et sur les vibrations des carènes légères en acier.** — Nous n'avons pas parlé jusqu'ici du mode même de confection des coques. Cela rentre dans la technique des détails de construction, qui est aujourd'hui très complète et très connue.

Le bois est complètement abandonné pour le fer ou l'acier. En Angleterre, on conserve, pour l'ossature des navires en métal,

le *bracket-system*. En France, on commence à remplacer ce système par une combinaison plus simple, plus solide et moins coûteuse. Partout l'emploi de l'acier tend à dominer, pour gagner du poids. Les coques en fer ou en acier sont recouvertes, dans leur partie immergée, d'une peinture spéciale. Elles n'en demeurent pas moins inférieures, eu égard au frottement de l'eau et à la retenue des salissures, aux carènes doublées en cuivre. Aussi revêt-on parfois lesdites coques d'un paletot en chêne ou en teack doublé de cuivre, comme cela se rencontre pour les cuirasses des bâtiments en bois existant encore. Mais toutes ces complications sont aujourd'hui abandonnées. On a perfectionné les peintures des carènes en acier; et on s'est résigné à faire passer ces carènes plus souvent au bassin.

Il importe de signaler que les navires très longs à carène légère en acier, vibrent beaucoup, et subissent d'importants phénomènes d'élasticité aux allures rapides du moteur. Or il suit de là de légères voies d'eau, des échauffements aux portages des grandes pièces (ce qui entrave les marches soutenues à toute puissance), et enfin des pertes marquées d'utilisation. Sans compter que ces phénomènes désavantageux augmentent avec l'usage d'hélices jumelles.

Tel est le cas d'un aviso extra-rapide à deux hélices mis en service dans ces dernières années, et au sujet duquel nous avons reçu les renseignements suivants, relatifs à diverses expériences :

La coque a une jolie forme, et se trouve bien conçue. Mais l'épaisseur des tôles d'acier, suffisante au milieu des œuvres vives, a été amincie vers les extrémités; et, en somme, la carène est d'un trop faible échantillon pour une longueur de 92^m sur 10^m de largeur.

Le navire fait un peu d'eau, dès que le sillage atteint 13 nœuds. A partir de 17 nœuds, il se produit de très fortes vibrations de toute la carène, qui font gripper nombre de pièces. Puis, à cette allure, les organes mobiles chauffent continuellement; et il faut les arroser abondamment.

En raison des vibrations continues que subit la coque, il est difficile de maintenir en service courant la vitesse maxima de 18ⁿ,4, réalisée par calme pendant deux heures, avec 3.916 chevaux *indiqués*.

La vitesse maxima avec un peu de houle n'atteint plus que 18 nœuds, avec 4.150 chevaux : ici la houle cause une légère diminution de sillage, en exigeant plus de puissance.

Les phénomènes sus-relatés offrent un intérêt tout spécial à cause de leur nouveauté. En bien analysant leurs manifestations, il faut conclure à une superposition d'effets nuisibles. D'abord,

les extrémités de la coque relativement trop minces pour leur longueur se prêtent, par suite de la grande élasticité de l'acier, à une exagération notable du mouvement de lacet, qui, comme chez les poissons, se produit à bord de tous les bâtiments à hélice. Cependant on avait compté, pour s'opposer à pareil fait, sur les cloisons transversales et longitudinales, destinées par ailleurs à former des compartiments étanches, et sur un lattage robuste du pont des gaillards. En second lieu, la machine elle-même doit posséder une mauvaise *stabilité* (1) sur ses assises, et contribuer ainsi à développer sensiblement le grave défaut dont il s'agit, et que les hélices jumelles viennent, à leur tour, accentuer par les trépidations dues à leurs jets d'eau contre la simple cloison verticale qui les sépare.

Puis, l'*utilisation* (§ 481) corrélative à la vitesse de 18ⁿ,4 a subi le contre-coup de ce défaut, et n'a été que de 3,5, avec un déplacement de 1.600 tonnes et une grande acuité des formes; alors que les torpilleurs en acier de construction française, déplaçant 45 tonnes, fournissent à 20 nœuds une utilisation de 3,0 à 3,1, et que les avisos anglais en fer, déjà anciens, du type *Iris* de 3.600 tonnes, ont obtenus 3,8 à 18ⁿ,6 dans des expériences très soignées. Rappelons du reste que les cuirassés en fer de 10.000 tonnes les plus rapides de ces dernières années atteignent une utilisation de 4,0 à leur sillage maximum de 15 nœuds; et les transatlantiques de 8.000 tonnes, 3,9 à 17ⁿ,5.

Nous avons tenu à insister sur les circonstances précédentes; car il y a là un exemple exceptionnel, qu'on ne saurait trop mettre sous les yeux des jeunes ingénieurs, pour leur montrer les difficultés croissantes de leur art, avec les progrès qu'il s'agit de réaliser.

§ 469. **Considérations incidentes sur la soutenance de la vitesse maxima.** — Les circonstances complexes énumérées dans ce qui précède permettent de comprendre comment et pourquoi la réalisation des grandes vitesses ne peut l'être d'une manière *soutenue* que pendant un temps lié à la destination de chaque espèce de bâtiment, et relevant incidemment de la portion de l'exposant de charge disponible à cet effet pour le moteur et son approvisionnement, ainsi que des exigences susmentionnées inhérentes au genre du générateur et au mode de

(1) Voir l'opuscule de M. Ledieu sur *La question de la stabilité des machines*.

tirage. Aussi cette réalisation ne présente-t-elle pas une égale possibilité pour toutes les catégories de navires, et ne permet point de prévoir par analogie pour des catégories différentes.

Si ce sont les torpilleurs et les grands paquebots qui ont le mieux réussi sous le rapport qui nous occupe, c'est grâce aux conditions qui leur sont respectivement spéciales, quoique absolument différentes, et dont l'ensemble constitue, pour chacun de ces deux genres de navires, un maximum de sillage, à durée essentiellement distincte, qui lui est caractéristique. On doit conclure, entre autres, que les bâtiments de flottille à marche extra-rapide ne sont réalisables que pour un fable rayon d'action, et encore avec un temps très limité de vitesse à outrance.

Il ne faut pas confondre la *soutenance de la vitesse maxima* avec l'*endurance* de l'appareil (§ 451). Cette dernière qualité se fait sentir dans le maintien de ladite soutenance au même taux, malgré les fatigues de la navigation, pendant un long temps après les essais.

A propos des vitesses maxima, il importe d'insister sur ce que présente de paradoxal l'opinion, poussée à l'extrême et qui ne convient qu'aux croiseurs, que la vitesse assure aux bâtiments de combat en général une supériorité de premier ordre, à laquelle il faut presque tout sacrifier. Car enfin une guerre navale ne saurait se transformer en d'incessantes chasses et en des retraites continuelles; il finira toujours bien par y avoir des rencontres, quand ce ne serait que pour ouvrir la mer à des transports de troupes, pour bloquer les rades ennemies, et débloquent ses propres ports, afin de se ravitailler en charbon et de faciliter la même mesure à ses croiseurs. A ces moments décisifs, la valeur militaire des navires reprendra le dessus. Il faut donc apprécier en détail jusqu'à quel point on peut restreindre cette valeur en faveur de la vitesse.

§ 470. Des meilleurs types de bâtiments de combat.

— Nous avons déjà traité cette question au chapitre v de la 7^e partie, mais plutôt dans son ensemble que dans ses détails. Nous allons dire ici comment, au point de vue technique, doit être dirigée la recherche des meilleurs types de bâtiments de combat à créer, eu égard au rôle destructeur des torpilleurs et des nouveaux explosifs si puissants, et eu égard aux difficultés de

s'en préserver, étant tenu compte d'ailleurs de la situation géographique et économique du pays considéré. Cette recherche réclame la discussion des opinions de tous les ingénieurs éminents des diverses nations maritimes, qui ont traité la question dans ces derniers temps.

Il faut surtout y envisager, au point de vue des effets différents des projectiles frappant en bombe, en enfilade, ou en plein fouet : 1° l'emploi des ponts de flottaison blindés de 8 à 10^{cm} en acier ou *compound* (fer et acier) un peu en dos de tortue, quelquefois au nombre de deux sur les croiseurs, le plus bas, dit *pare-éclats*, étant expressément destiné à la protection de l'appareil moteur ; 2° la suppression ou la réduction d'étendue de la cuirasse extérieure en une simple ceinture, en ne donnant plus du reste à celle-ci, au milieu du navire que 45^{cm} d'épaisseur en acier (au lieu de 55^{cm}, voire même de 61^{cm}, en fer ou compound, se rencontrant sur certains types). Toutefois les effets terribles de la mélinite peuvent porter à blinder légèrement en acier les œuvres vives, comme nous l'avons déjà expliqué au § 440. La suppression comme la réduction du cuirassement proprement dit imposent l'usage de murailles cellulaires avec un *cofferdam*, c'est-à-dire avec un ensemble de cellules remplies de matières légères, autant que possible élastiques et spongieuses, et destinées, en revenant sur elles-mêmes, *aliàs* en foisonnant, à réduire au minimum les trouées des projectiles ; la bourre de fibres de noix de coco pulvérisées est excellente à cet effet, ainsi qu'il a déjà été dit au § 422. Le décuirassement total ou partiel exige aussi l'existence de cloisons transversales et longitudinales, constituant de nombreux compartiments étanches et distincts entre eux. Les diverses combinaisons précédentes doivent au surplus accompagner la diminution des déplacements, ou, sinon, l'accroissement de l'exposant de charge, l'augmentation des vitesses et la facilité des girations.

Par ailleurs, la mâture à voiles tend à disparaître, principalement avec les hélices jumelles, qui impliquent deux appareils moteurs distincts, dont la paralysation simultanée est bien improbable. En revanche, les mâts de combat avec hune, simple ou double, pour porter des canons revolvers ou à tir rapide et pour recevoir des fusilliers, se répandent de plus en plus : ils sont en tôle et creux, avec échelle à leur intérieur.

De son côté, la question de la cuirasse comprend incidemment l'emplacement de l'artillerie. Or celle-ci se subdivise en grosse artillerie de 27 jusqu'à 45^{cm} de calibre, en artillerie moyenne de 24 à 9^{cm}, et en canons à tir rapide, soit simples, soit revolvers, le plus souvent du type *Hotchkiss* ou *Nordenfeldt*. Ces derniers se mettent toujours sur le pont des gaillards, et, de plus, aujourd'hui dans les hunes des mâts de combat. La grosse artillerie ne dépasse pas d'ordinaire quatre pièces, et tend aujourd'hui à diminuer de poids par l'emploi de canons très longs à calibre modéré ainsi qu'il est indiqué plus loin. Elle s'est logée, pendant quelque temps, dans un *réduit central*, situé au-dessus du faux pont, et fortement blindé sur ses quatre faces verticales. L'artillerie moyenne s'installait alors sur le pont des gaillards dans des tourelles découvertes et de petite hauteur, dites *barbettes*, revêtues d'une cuirasse plus ou moins épaisse, et situées soit au milieu du bâtiment, soit sur les côtés en échiquier, soit tout à fait en abord, et alors partiellement en saillie ou encorbellement.

Aujourd'hui, c'est le plus souvent l'inverse qui se rencontre : l'artillerie moyenne se loge au-dessus du faux pont, mais dans une simple batterie sans blindage. La grosse artillerie, pour accroître sa hauteur au-dessus de la flottaison, occupe le pont des gaillards dans des tourelles fortement blindées, et réparties d'ailleurs comme plus haut. Les tourelles sont parfois complètes et fermées, et alors à *revolver* avec un ou deux canons à leur intérieur. Mais le plus communément, au moins pour le moment, on adopte les tourelles *barbettes*, au milieu desquelles tourne la plaque de support de la pièce, qui est ici unique. Cette combinaison est bien supérieure à la précédente comme poids. Malheureusement, l'adoption des mâts de combat a obligé à monter, sur la plaque tournante, une *coupole* ou carapace en acier, d'une épaisseur capable de mettre les artilleurs à l'abri des projectiles lancés des hunes de l'ennemi. Cette complication, récemment imposée, remet les tourelles barbettes sur le même pied que les tourelles fermées, au point de vue de la difficulté du pointage, et de l'incommodité de la fumée après chaque coup tiré. Et même dans la supposition d'un boulet atteignant la carapace, celle-ci deviendrait dangereuse, à cause des éclats de tôle qu'elle produirait. En tous cas, les mécanismes de manœuvre de la tourelle ou de

la plaque tournante, ainsi que ceux du canon, sont mus à l'hydraulique. Ces mécanismes se trouvent protégés, dans leur passage à travers la batterie non cuirassée, par des puits blindés. Il en est de même, du reste, pour l'entourage de chaque cheminée. Les tourelles barbottes sont exceptionnellement remplacées, à bord de quelques navires, par un réduit en barbette s'étendant diagonalement sur le pont supérieur, et renfermant toutes les grosses pièces.

Il arrive parfois que l'artillerie moyenne n'existe pas, ou comprend seulement quelques pièces, qu'on loge à découvert sur les gaillards. Dans cette combinaison, on blinde fortement sur ses quatre faces verticales, et sans aucune ouverture, la partie centrale du bâtiment située entre la flottaison et le pont supérieur, et où passent les divers mécanismes susdits, ainsi que la ou les cheminées. Les tourelles, quel que soit du reste leur système, émergent ici de ce compartiment cuirassé, en le débordant d'une certaine hauteur. C'est en cela que consistent les navires à *citadelle*.

Nous ajouterons que présentement la plupart des cuirassés comportent des dispositions diverses, pour leur permettre de lancer des torpilles automobiles Whitehead. Ce moyen supplémentaire d'attaque est fort controversé, comme inefficace ou même dangereux à bord de navires qui ne sauraient subordonner leurs mouvements à la manœuvre des torpilles. Par ailleurs, il y aura peut-être aussi dans un avenir prochain à se ménager l'emploi de canons pneumatiques Zalinski (§ 93), dont les énormes obus se substitueraient alors plus ou moins complètement aux torpilles lancées ou portées, comme nous l'avons déjà dit au § 435.

La diminution des déplacements des gros cuirassés, si vivement réclamée par nombre d'officiers, ne saurait trouver une intelligente et heureuse solution, que dans l'appréciation minutieuse des diverses combinaisons précédentes et des moyens de gagner partout du poids, en sauvegardant la puissance offensive et défensive du navire. Cette appréciation sera facilitée au lecteur par notre 7^{me} partie ci-devant; il y puisera la connaissance intime des divers combats navals qui ont eu lieu depuis la guerre de Sécession jusqu'à nos jours, et un relevé précis des effets réellement produits par l'artillerie sur les cuirasses, et par les diverses espèces de torpilles sur les navires, eu égard à tous les aléas

qui modifient considérablement pendant le combat les résultats des expériences en temps de paix.

Les leçons du passé ne sont à la vérité qu'incomplètes, en raison de la rapidité avec laquelle se perfectionne le matériel des belligérants; elles n'en constituent pas moins un élément d'informations qui ne saurait être négligé.

Au surplus, il faut compter avec les progrès probables que subit l'artillerie par l'emploi des poudres lentes et sans fumée combinées avec de grandes longueurs de pièce. Or ceci permet de se passer de canons monstres, en acier fretté et tubé, qui atteignent jusqu'au poids de 75 à 100 tonnes et jusqu'au calibre de 42 à 45^{cm} avec des projectiles de 780 à 910^{kg}, et de leur substituer une artillerie plus maniable, où les boulets rattraperont par la vitesse ce qu'ils perdront en poids, de façon à conserver le même *impact* (voir la 3^{me} partie de ce tome).

A côté de la constitution future des navires de combat de haute mer, s'impose le choix des procédés de protection immédiate contre les torpilles ainsi que la création de contre-torpilleurs.

Ensuite, il faut songer à organiser, comme en Angleterre, de grands transports de torpilleurs à bonne vitesse accompagnant les escadres, et débarquant leurs bateaux sur les lieux mêmes du combat. Cette dernière combinaison dérive de la nécessité de n'attribuer aux torpilleurs que des dimensions juste suffisantes pour tenir la mer pendant une action avec gros temps, et par l'obligation expresse de n'embarquer chaque équipage que le plus tard possible, sous peine de l'exténuer, et de le rendre impuissant au moment suprême. Cette obligation physiologique est absolument élucidée aujourd'hui. Au surplus, il convient, à propos des torpilleurs, de bien stipuler les diverses sortes de torpilles dont ils doivent faire usage : torpilles *portées* et torpilles *automobiles*, en montrant, pour ces dernières, quel est définitivement leur meilleur mode de lancement.

Il y a bien à dire sur la vraie valeur des avisos-torpilleurs de 300 tonneaux et des croiseurs torpilleurs de 1.300 tonneaux, dont on s'est engoué dans ces derniers temps, et que condamnent beaucoup de bons esprits, comme ne répondant à aucun but bien précis, et même présentant, dans leurs visées, des conditions contradictoires.

Nous avons examiné aux §§ 426, 430 et 431 les types de garde-côtes et de canonnières à adopter pour la sauvegarde des passes et la destruction des places fortes, dans le cas de bas fonds comme dans celui de hauts fonds.

De leur côté, les cuirassés des stations lointaines ont aussi une évolution à subir; car ils se trouvent désormais appelés à devenir et des combattants de haute mer et des bombardeurs de forts, en face de nations maritimes qui, bien que secondaires, n'ont pas moins suivi les progrès généraux d'attaque et de défense, s'ils ne les ont pas même devancés dans leurs dernières constructions. Il faut leur substituer des *croiseurs de combat* (§ 448). Ces navires tendent rationnellement aujourd'hui à se rapprocher des grands transatlantiques, avec un tonnage plus faible, mais avec une vitesse égale et pouvant être longtemps soutenue. Ils portent des canons relativement puissants; et leur flottabilité est assurée par de grands compartiments centraux et des murailles à cofferdam. Bien plus, ils ont un ou deux ponts blindés en acier. Pour quelques-uns même, les *belted cruisers*, on adjoint une légère cuirasse de flottaison; et même on blinde, mais plus légèrement encore leurs œuvres mortes, pour se garantir des obus à la mélinite.

Les partisans du décuirassement complet se décideront-ils à conclure de là que leurs vues chimériques, loin de gagner du terrain, en perdent chaque jour dans l'esprit des constructeurs en renom!

Quant aux *croiseurs de course*, nous avons dit au § 449 quelle est leur constitution actuelle ou dans un prochain avenir.

T^{ME} II, 8^E P^{IE}. — CHAPITRE IIISUR LA RÉSISTANCE DES CARÈNES ET LA COMPARAISON DES NAVIRES
AU POINT DE VUE PROPULSIF

§ 471. **Formule de la résistance des carènes.** — Les vitesses de 22 à 25 nœuds, fournies actuellement par les torpilleurs, sont les sillages les plus élevés qui aient été obtenus jusqu'ici. Ce résultat remarquable, réalisé sans des puissances relativement excessives, a beaucoup surpris le monde marin, en raison des opinions courantes sur l'augmentation du coefficient total de résistance avec la petitesse des coques et la grandeur des vitesses.

La question de *la résistance des carènes* s'est trouvée de la sorte remise à l'ordre du jour, avec un intérêt nouveau et tout spécial.

Cette résistance R en kilogrammes est d'habitude exprimée par la formule empirique

$$(1) \quad R = K B^2 v^2.$$

B^2 est la surface immergée du maître-couple, en mètres carrés. Il semblerait plus rationnel de prendre pour B^2 l'aire de la projection de toute la surface attaquante de la carène sur un plan perpendiculaire à la direction propulsive du navire. Mais la différence des deux aires est toujours très petite; et il en est tenu compte implicitement dans le coefficient K , ce qui évite une évaluation pratiquement difficile, et d'ailleurs inutile à cause de l'empirisme de la formule.

v est la vitesse en mètres à la seconde.

K représente le coefficient total de résistance. Il varie avec les proportions et les formes de la coque, avec les rapports à B^2 de sa largeur l et de sa surface mouillée S , avec la vitesse du navire, et enfin, d'après les investigations les plus récentes, avec le fonctionnement de l'hélice, suivant sa forme, ses éléments et son installation par rapport à la carène.

§ 472. **Expression du coefficient K de la formule de la résistance des carènes.** — Beaucoup d'auteurs

contemporains (1) ont proposé pour K des développements particuliers, qui peuvent généralement être ramenés à la forme suivante :

$$(2) \quad K = k_1 + k_2 \left(\frac{l}{B^2} \right)^n v^p + k_3 \frac{S}{B^2} v^{-q} + k_4 \frac{S}{B^2} v + k_5.$$

k_1 est le coefficient particulier afférent à la *résistance directe*, c'est-à-dire à la résistance qui, abstraction faite de toute dénivellation, provient, d'une part, du choc du liquide sur l'avant du navire, et, secondement, de la différence que le jeu de l'eau à l'arrière produit entre la pression hydrostatique contre la proue et celle contre la poupe. k_1 demeure le même pour des navires semblables; sinon il varie notablement avec les formes du bâtiment *au-dessous* de la flottaison, et surtout avec le rapport de la longueur à la largeur. Sa valeur, en mesures françaises, oscille autour de 2 ou de 3, suivant les auteurs.

$k_2 \left(\frac{l}{B^2} \right)^n v^p$ correspond à l'influence de la tumescence ou *dénivellation positive* du liquide à l'avant, et de sa dépression ou *dénivellation négative* à l'arrière. L'exposant n se trouve généralement égal à 1 et, exceptionnellement, à zéro. De son côté, l'exposant p vaut le plus souvent 2 et parfois 4. k_2 varie d'une manière analogue à k_1 , en dépendant, de plus, des formes des œuvres mortes; sa valeur absolue ne dépasse pas le dixième du premier coefficient.

$k_3 \frac{S}{B^2} v^{-q}$ est afférent au *frottement* de l'eau contre la carène. k_3 ne relève que de la nature et de l'état de la surface mouillée de la coque. Il vaut 0,43 pour les doublages en cuivre propre, et 0,26 pour les carènes en fer récemment peintes. L'exposant q est d'ordinaire très petit, et le plus souvent égal à zéro. Un seul ingénieur a proposé de le prendre égal à $\frac{5}{3}$, avec k_3 devenant alors 0,3 au minimum. De son côté, S se calcule toujours d'une façon abrégée.

$k_4 \frac{S}{B^2} v$ ne se rencontre que chez un auteur, pour tenir compte de la *cohésion* des molécules liquides entre elles, avec $k_4 = 0,08$. Cette cohésion est censée se faire ressentir d'abord dans la résistance à la séparation des molécules entre elles par le choc de l'avant, et, en second lieu, dans le frottement le long de la carène, à cause de leur plus ou moins grande adhérence contre celle-ci. Ce dernier point de vue revient, en somme, à supposer que l'expression du frottement exige deux termes à puissances différentes de la vitesse; mais l'emploi d'un exposant fractionnaire pour celle-ci dispense d'une expression complexe. Par ailleurs, le premier effet de la cohésion est entièrement négligeable. Les deux motifs précédents expliquent pourquoi le terme qui nous occupe n'a été qu'exceptionnellement proposé.

k_5 se rapporte à la *résistance de l'air* calme contre les œuvres mortes et la mâture. Il s'estime à environ 0,3 avec les mâtures complètes.

Dans ces derniers temps, on a proposé l'introduction d'un coefficient spécial pour faire la part de l'influence de l'hélice sur le coefficient total de résistance. Mais cette influence est si complexe, qu'elle réagit sur plusieurs des termes de la relation (2); et le plus simple est de supposer que chacun de ces termes en tient compte.

L'expression (2) n'a donné, en pratique courante, aucun bon résultat, quel que soit l'auteur dont on ait adopté les coeffi-

(1) Dupuy de Lôme, Bourgois, Guède et Jay, en France; Scott Russel et Thornycroft, en Angleterre; Tidemann, en Hollande; Nyström, en Amérique.

cients et les exposants. Il fallait s'y attendre ; car en approfondissant la manière dont cette relation a été établie, on y trouve les graves défauts que voici :

1° Chaque terme est doublement empirique : il est, d'une part, obtenu par des raisonnements approchés ; et, d'autre part, il renferme des forces résultantes, qui ne peuvent se déterminer qu'*a posteriori*. Le coefficient du terme est, en conséquence, destiné à tenir compte de ces deux circonstances distinctes.

2° On considère *in petto*, en l'établissant, chaque terme comme indépendant de tous les autres. Or il y a là une fausse interprétation du principe de l'indépendance des effets des forces ; car ici les actions qui sont les déterminantes de chacun des phénomènes composant la résistance totale, se font sentir d'une façon réflexe sur un ou plusieurs des autres phénomènes.

En tout cas, la formule (2) indique un accroissement du coefficient total K avec la vitesse pour un même bâtiment (au moins à partir d'un certain minimum), et avec la diminution de grandeur pour des navires semblables. Elle implique aussi la restriction de ce même coefficient avec la finesse des formes.

§ 473. **Autres recherches pour l'évaluation « à priori » de la résistance des carènes. Difficultés de cette appréciation.** — Deux autres tendances se sont manifestées dans l'évaluation *a priori* de la résistance des carènes.

L'une, poursuivie par M. Froude, en Angleterre, consiste à trouver directement les résistances à diverses vitesses d'un modèle a fois plus petit que le navire en vue. La résistance de celui-ci est alors prise égale au produit de la résistance du modèle par le cube a^3 du rapport de similitude, mais, pour une vitesse $\sqrt{a}$ fois plus grande que la vitesse considérée du modèle (1).

La présente loi résulte du théorème bien connu de Newton sur la *similitude en Mécanique*, dans le cas où toutes les forces en jeu sont supposées proportionnelles au carré des vitesses et aux surfaces attaquées, en ayant d'ailleurs leurs directions respectivement parallèles dans les deux systèmes. Une série d'expé-

(1) M. Reech est le premier qui ait énoncé et démontré cette proposition (voir son *Traité de mécanique*, p. 273).

riences a été entreprise, sous les auspices de l'Amirauté anglaise, pour l'étudier en détail sur des modèles semblables à dimensions très différentes. Les résultats ont été, paraît-il, satisfaisants. Toutefois, la supposition fondamentale concernant la grandeur des forces en jeu est des plus discutables, surtout pour celles qui proviennent du frottement de l'eau contre la coque. Aussi la rigueur de la loi en vue a-t-elle été contestée par divers expérimentateurs indépendants, qui ont cherché à la vérifier de leur côté. Néanmoins elle est suffisamment approchée pour servir utilement en maintes circonstances. Elle établit, entre autres, que les coefficients K de deux navires semblables sont égaux, quand la vitesse du grand navire est $\sqrt{a}$ fois celle du petit; mais elle ne donne évidemment pas le rapport *exact* de ces deux coefficients pour un même sillage, à moins de connaître la loi de l'un d'eux en fonction de la vitesse. En sachant qu'il croît avec celle-ci, au moins à partir d'un certain point, il s'ensuit que, à sillage égal, le coefficient du petit navire doit être supérieur à celui du grand.

La seconde tendance dont nous voulons parler a été propagée par Rankine. D'après ce savant, la résistance des navires serait due presque exclusivement au frottement de l'eau contre les flancs du bâtiment, surtout quand celui-ci a des formes *correctes*; et il entend par là des formes se rapprochant des lignes d'écoulement (*streams-lines*). Ces lignes (1) sont censées jouir de la propriété de faire glisser le navire dans l'eau, sans dénivellations et sans remous, d'annuler ainsi la résistance propre au choc du liquide contre l'avant et à la fuite de l'eau à l'arrière.

Suivant l'ordre d'idées de Rankine, au produit KB^2 qui entre dans la formule (1), il faut substituer le produit de la surface mouillée de la carène, par une certaine fonction du sinus de la moyenne des plus grands angles des lignes d'eau de l'avant avec le plan longitudinal du navire. Cet ordre d'idées est fort goûté à l'étranger (2). Mais il ne cadre aucunement avec la réalité des faits; car, contrairement à ce que l'expérience a définitivement

(1) Il ne faut pas confondre les formes *stream-lines* de Rankine avec les formes *wave-lines* de Scott Russell, qui résultent d'un autre point de vue, et dont la résistance relève, d'après l'inventeur, d'une formule rentrant dans notre relation (2).

(2) Voir en particulier la *Théorie du navire* de Lutschaunig, professeur à l'Académie de Navigation de Trieste, p. 114.

consacré, la formule de Rankine conduit à admettre que, pour un même navire, la résistance ne varie que comme le carré de la vitesse ; et que, pour deux bâtiments semblables, elle est proportionnelle au carré du rapport de similitude.

La multiplicité des solutions précédentes, émanées respectivement d'hommes distingués, donne déjà à réfléchir sur la difficulté de trouver une loi qui permette de calculer *a priori* la résistance des carènes.

Bien plus, à la suite des essais très connus de l'avisio anglais *le Greyhound*, en 1877, sous la direction de M. Froude, l'éminent ingénieur a déclaré qu'il lui était impossible d'établir aucune relation générale satisfaisante, donnant *a priori* la résistance du bâtiment expérimenté, et, à plus forte raison, de tirer, pour ce navire, aucune interprétation des coefficients renfermés dans les formules antérieurement proposées.

Cette impossibilité a été, depuis longtemps, confirmée par les nombreux mécomptes survenus aux constructeurs qui se servent des formules *a priori*. D'un autre côté, la loi de Froude ne s'applique qu'à des navires semblables ; puis son exactitude est contestable. Il n'y a dès lors moyen d'éviter, en construction, les aléas les plus compromettants qu'en ayant recours à la *méthode des comparaisons immédiates et des approximations successives* (1), à l'aide de bons types antérieurs bien expérimentés, et peu ou point différents du type à réaliser.

§ 474. **Distinction de la résistance des carènes en résistance simple et en résistance complexe.** — La méthode que nous venons de signaler a doublement sa raison d'être ; car il y a lieu de distinguer, dans les navires à hélice, leur résistance *simple* et leur résistance *complexe*, c'est-à-dire leur résistance abstraction faite du propulseur, et, par suite, en remorque ou sous voiles, et leur résistance modifiée par l'influence du fonctionnement de l'hélice sur la pression hydrostatique et la dénivellation négative de l'eau à l'arrière.

Cette influence a été mise hors de conteste dans les expériences du *Greyhound*, par la comparaison, pour une même vitesse réa-

(1) M. Ledieu a sans cesse préconisé cette méthode dans ses Ouvrages, pour l'établissement des appareils à vapeur, la prévision de leur puissance et le choix des éléments du propulseur.

lisée, entre la puissance développée dans le remorquage avec le propulseur immobile et la force *indiquée* de la machine dans les marches avec l'hélice seule. Le rapport de ces deux puissances a été trouvé de 0,40 pour des vitesses de 9 à 10 nœuds. Or, sur les rares navires où il a été fait des expériences avec de bons dynamomètres de poussée, le rendement total de la machine et de l'hélice, soit le rapport du travail de poussée à la force *indiquée*, a pour limites extrêmes 0,65 et 0,45. En acceptant ces nombres pour le *Greyhound*, où l'absence de dynamomètre de poussée n'a pas permis d'avoir des chiffres directs, on conclut que la résistance *complexe* y était à la résistance *simple* dans la proportion de 0,65 à 0,40 au maximum, et de 0,45 à 0,40 au minimum ; autrement dit, la première de ces résistances surpassait la seconde de 38 à 11 p. 100 en dehors.

Ce résultat si désavantageux est heureusement variable avec le navire, avec son sillage et avec la forme, les éléments et l'installation du propulseur. Bien plus, la perte se change probablement en un gain dans quelques cas exceptionnels.

Pour les torpilleurs en marche extra-rapide, l'action de l'hélice fait relever beaucoup l'avant du bateau ; et il se produit un changement d'assiette, qui, combiné avec l'influence propre et immédiate du propulseur, donne une résistance de carène bien inférieure aux premières prévisions. Ces prévisions se basaient sur ce qu'on admettait jusqu'alors relativement à l'accroissement du coefficient de résistance K avec la petitesse des navires et l'élévation des vitesses, sans soupçonner la grande différence susceptible d'exister entre la résistance *simple* et la résistance *complexe*, et sans connaître la dépendance mutuelle dudit coefficient et du rendement de l'hélice, voire même du rendement de la machine.

C'est d'après ces points de vue nouveaux qu'il faut chercher l'explication du paradoxe signalé au § 454.

§ 475. Eléments importants à connaître pour la fixation ou l'appréciation des carènes au point de vue propulsif. — Une des conditions fondamentales du bon établissement d'un navire est de combiner ses proportions et ses formes, de façon à réaliser une *résistance minima* de la carène, pour un déplacement et un maximum de vitesse déterminés, avec

une stabilité de *forme* voulue, tant longitudinale que latitudinale, le tirant d'eau et le rapport de la longueur à la largeur étant d'ailleurs fixés par les conditions propres à la destination du navire.

Réciproquement la valeur, au point de vue propulsif, d'un bâtiment construit doit se déduire du rapport de sa résistance au déplacement, eu égard à la vitesse maxima qu'il fournit.

Nous avons vu au § 474 que la résistance des carènes se présente sous deux points de vue : la résistance *simple* et la résistance *complexe*, c'est-à-dire la résistance avec ou sans abstraction de l'influence du propulseur. Or l'une et l'autre de ces résistances seraient utiles à connaître dans le problème en vue ; car lorsqu'elles diffèrent notablement entre elles, et surtout quand la seconde est plus grande que la première, il importe de savoir si le rendement de l'hélice employée ne compense pas et même au delà, par rapport à d'autres hélices, un aussi grave défaut.

Les formules *a priori* sont impuissantes, nous ne saurions trop le répéter, pour résoudre la question ; et l'on ne doit se fier qu'à des essais immédiats sur des bâtiments identiques, ou à peu près, aux navires considérés.

§ 476. **Appréciation directe des résistances simple et complexe des carènes.** — Les expériences spéciales entreprises jusqu'à ce jour pour apprécier *directement* la résistance des carènes ont toutes été insuffisantes, aussi bien comme manque de diversification des navires que comme restriction de procédé.

Les plus soignées n'ont été exécutées, encore incomplètement et pour des sillages ne dépassant pas 10 à 12 nœuds, que sur deux navires à hélice de 130 et de 1.200 tonneaux : le bateau de servitude *l'Élorn*, à Brest, en 1862, et l'avis anglais *le Greyhound*, en 1877. Or, sur le premier de ces navires, la mesure de la résistance s'est effectuée uniquement à l'aide d'un bon dynamomètre de poussée, *en marche à la vapeur* ; et, sur le second, elle s'est opérée exclusivement *en remorque*. Par suite, il n'a été obtenu pour *l'Élorn* que des résistances *complexes*, et pour le *Greyhound* que des résistances *simples*.

Quelques expériences en remorque ont aussi été exécutées, vers 1866, sur les frégates blindées *la Flandre* et *l'Héroïne* ; mais

leur but exclusif a été de mesurer l'action de résistance propre à l'hélice affolée ou embrayée.

Depuis le *Greyhound*, aucune expérience systématique de l'espèce n'a été entreprise ; et avant l'*Élorn*, de 1849 à 1856, on ne rencontre que des essais en remorque effectués sur des embarcations ou des avisos, ou sinon sur de gros navires à vieilles formes ; et pour les résistances sous vapeur, il n'a été opéré que sur des avisos.

Au surplus, tous ces essais laissaient, en principe, à désirer dans leur exécution elle-même, comme ne satisfaisant pas suffisamment aux conditions suivantes :

Les expériences en remorque exigent un dynamomètre spécial aussi bien construit que possible. De plus, elles réclament différentes précautions pour éviter l'action des remous du remorqueur sur le remorqué, pour obtenir des routes bien rectilignes, et par suite sans embardées, et enfin pour annuler l'influence du poids du système de remorque sur le dynamomètre. L'emploi d'un espars de 12^m à 15^m, comme l'a fait M. Froude pour le *Greyhound*, fournit le moyen de résoudre la question d'une manière satisfaisante.

De leur côté, les expériences avec propulsion du bâtiment par sa propre machine ont leur valeur qui dépend du dynamomètre de poussée. Or c'est là un instrument bien plus difficile encore à réaliser dans des conditions acceptables qu'un dynamomètre de traction, et qui n'a donné de bons résultats que construit d'après le modèle Taurines.

§ 477. Détermination des vitesses dans les mesures directes de la résistance des carènes. — En tout état de cause, il est nécessaire de connaître les vitesses réelles auxquelles correspondent les résistances mesurées, et de corriger celles-ci de l'influence du vent.

Les doubles parcours en sens contraire le long d'une base bien déterminée fournissent des résultats satisfaisants, quand le courant se trouve constant, et que la brise est nulle ou négligeable. On établit à cet effet un nombre suffisant d'équations, en remarquant que la vitesse réelle de chaque trajet est égale au produit du nombre de tours correspondants par l'avance du bâtiment, laquelle avance demeure ici manifestement la même dans les

divers parcours. La méthode à suivre est semblable à la précédente, si l'on suppose le courant uniformément variable.

Dans les parages à marée, il survient d'importantes erreurs, si l'on n'opère pas sur une base très courte, et à un moment du flux ou du reflux où le courant peut être regardé comme constant ou au moins uniformément variable pendant un temps restreint. Sinon, l'emploi d'un bon loch est encore ce qu'il y a de moins aléatoire.

De son côté, l'influence du vent, lorsqu'elle devient sensible, exige une correction très difficile à préciser pour ramener les choses à l'hypothèse de *calme*. On prouve aisément que la résistance moyenne du navire afférente à plusieurs parcours de sens contraire ne correspond pas du tout à la moyenne des vitesses de ces parcours.

§ 478. **Appréciation directe du coefficient K de la formule de la résistance des carènes.** — En considérant, aussi bien pour la résistance complexe que pour la résistance simple de la carène, le coefficient K de la formule (1) du § 471, comme constant pour des sillages peu différents, et en connaissant la direction et la vitesse du vent, il y a moyen d'établir une série d'équations correspondant à divers parcours, avec introduction d'un terme propre au vent combiné avec la marche du navire. On tire alors de là la valeur de K, abstraction faite de la résistance de l'air par calme, puis y compris cette dernière résistance. Bien plus, l'appréciation de celle-ci ne peut être effectuée que de la sorte, de telle façon qu'une expérience avec du vent est toujours nécessaire pour défalquer de la mesure directe de la résistance totale d'un navire la partie relative à l'air par calme, et pour obtenir ainsi la résistance exclusive de la carène dans l'eau tranquille. Encore les opérations précédentes ne tiennent-elles pas un compte à part de l'action particulière des petites lames et des clapotis, qui accompagnent les brises modérées, même dans les limites où elles ne sauraient s'opposer à des expériences.

Lorsqu'il y a à la fois vent et courant, il faut que les vitesses introduites dans les équations susmentionnées soient préalablement dépouillées de l'influence du courant. La méthode indiquée plus haut à cet effet devient insuffisante, quand la brise se trouve

trop forte pour que l'avance puisse être regardée comme invariable et indépendante du sens des parcours; et il n'y a plus moyen de rien faire de précis.

En résumé, pour la détermination directe de la résistance des carènes, il convient de choisir des bases très courtes (de 1 à 2 milles) nettement déterminées. On doit alors s'efforcer de les faire parcourir au navire, dans les deux sens, avec une vitesse franche et respectivement uniforme de sa propre machine ou de celle du remorqueur, suivant qu'on a en vue la détermination de la résistance complexe ou simple. Il convient d'ailleurs de n'opérer que par calme ou par petite brise.

§ 479. **Détermination de la résistance des carènes par la balance de traction.** — On a encore proposé de déduire la résistance des carènes d'essais à la balance de traction, en admettant que, pour un même effort moyen *indiqué* (1), la poussée subie par le bâtiment doit être la même au point fixe qu'en marche, quel que soit le nombre de tours de l'arbre de couche.

En serrant de près les raisonnements sur lesquels repose la loi ci-dessus, on reconnaît qu'elle est inexacte. Les résultats que la méthode a fournis étaient au surplus des résistances *complexes*. Ils ont été comparés avec ceux d'expériences en remorque, qui, eux, représentaient des résistances *simples*; de ce dernier chef, il devait survenir, comme cela a été constaté, des divergences notables entre les deux espèces de résultats. Mais, en raison de leur origine, ces divergences n'eussent pas suffi pour condamner *pratiquement* le procédé. Cette condamnation ne s'est légitimée que par les nombreuses anomalies qui accompagnaient les chiffres recueillis de part et d'autre.

Devant l'inanité du dernier procédé que nous venons de discuter, et l'insuffisance de données recueillies en remorque ou à l'aide de bons dynamomètres de poussée, on s'est rejeté sur les autres méthodes, qui épuisent toutes les combinaisons imagina-

(1) L'effort moyen *indiqué* p se déduit de l'ordonnée moyenne des diagrammes simultanés relevés sur les deux faces des pistons dans les divers cylindres, si ceux-ci sont à introduction directe. Dans les machines Woolf ou compound, ainsi que dans les machines à triple expansion, la donnée en question s'obtient en ramenant les choses au cas fictif d'une machine ordinaire *équivalente*, ne comportant que les cylindres détenteurs avec introduction directe.

bles concernant la recherche *directe* de la résistance des carènes, à savoir : par le coefficient d'avance du navire, ou par son utilisation.

§ 480. **Détermination de la résistance des carènes par le coefficient d'avance du navire.** — Cette méthode repose sur une relation, soi-disant générale et applicable à des bâtiments de toutes grandeurs, qui lie le *coefficient d'avance* du bâtiment aux divers éléments de l'hélice, y compris le nombre des ailes, et à la *résistance relative*, c'est-à-dire au produit du coefficient K de résistance de la carène par le rapport de la surface immergée du maître-couple au carré du diamètre du propulseur.

Il est aisé d'établir que la relation en vue est inadmissible. D'ailleurs, les vérifications expérimentales de cette relation ne se basent que sur un petit nombre de cas, comportant une détermination *directe* du coefficient K de résistance. Pour les autres cas, ce coefficient K a été tiré d'une formule *a priori*, rentrant dans la formule (2) du § 471, formule dont nous avons fait ressortir l'insuffisance.

Au surplus, on s'est servi dans tous les cas précités des résistances *simples*, alors qu'il eût fallu considérer les résistances *complexes*. Si les vérifications ont pu paraître satisfaisantes, cela tient à ce que, d'après la forme même de la relation employée, les variations du coefficient d'avance sont de beaucoup plus faibles que celles du coefficient de résistance.

§ 481. **Détermination de la résistance des carènes par « l'utilisation ».** — Il nous reste à examiner la comparaison de la résistance des carènes par *l'utilisation* des navires, qui demeure, dans l'état actuel des choses, le seul moyen général dont disposent les ingénieurs pour se guider.

Remarquons d'abord que les recommandations du § 477 sont applicables à la détermination des vitesses qui entrent dans la mesure des utilisations, et qu'il faut conjuguer avec les forces *indiquées* relevées en même temps. Le mieux est ici de réaliser, pour les parcours opposés, des valeurs peu différentes entre elles pour ces forces. On corrige alors les vitesses de l'effet du courant, s'il y en a; puis on prend leur moyenne, si la brise est nulle ou négligeable. Sans quoi, d'après l'avis des meilleurs pra-

ticiens, il faut, avec un vent sensible, prendre, après effectuation de la correction due au courant, une fois les vitesses vent de bout contre deux fois les vitesses vent arrière, pour calculer la moyenne des sillages. En tous cas, on considère cette moyenne comme corrélative de la moyenne des forces *indiquées*. Mais l'influence de la résistance de l'air par calme ne peut présentement se défalquer.

Cela dit, désignons par

F la force *indiquée* ⁽¹⁾;

v ou V la vitesse du navire en mètres ou en nœuds;

r le rendement propre de la machine;

r' celui de l'hélice;

u l'*ancienne utilisation* du navire, primitivement employée dans l'appréciation des résultats des essais;

M le coefficient de vitesse, dit aussi l'*utilisation nouvelle* du navire. Ce coefficient a été substitué à u comme se présentant plus naturellement pour la prévision de la vitesse d'un bâtiment en projet, et similaire à un navire déjà construit et expérimenté. Mais le terme d'*utilisation*, qu'on a fini par lui appliquer, n'a plus alors qu'une signification expressément conventionnelle, et en dehors de ce qu'il veut dire communément en Mécanique, comme pour u , encore abstraction faite de K.

On a l'équation, évidente d'elle-même,

$$(1) \quad F \propto r \propto r' = \frac{KB^2 v^3}{75} = \frac{KB^2 V^3 (0,5144)^3}{75}.$$

Et, d'après les définitions expressément conventionnelles de u et de M, il vient :

$$(2) \quad u = \frac{B^2 V^3 (0,5144)^3}{75 \times F} = \frac{rr'}{K},$$

$$(3) \quad M = V \propto \sqrt[3]{\frac{B^2}{F}} = \frac{\sqrt[3]{75}}{0,5144} \times \sqrt[3]{\frac{rr'}{K}}.$$

La relation (2) ou (3) permet évidemment de comparer les navires entre eux sous le rapport de leur coefficient de résistance K. Mais une pareille comparaison ne peut être précise que si l'on est sûr de l'égalité respective des rendements r et r' dans les deux

(1) Au début des expériences systématiques sur les bâtiments à vapeur, on a employé $F \propto \frac{p - \varpi}{p}$ au lieu de F, p représentant l'effort moyen *indiqué*, et ϖ une correction de 5 à 8 centimètres de mercure correspondant aux frottements censés indépendants de p . En examinant les choses de plus près, on reconnaît qu'il n'existe pas, à vrai dire de tels frottements. D'ailleurs, à mesure que p a crû avec le perfectionnement des machines, la fraction $\frac{p - \varpi}{p}$ s'est trop rapprochée de l'unité pour que son influence se fit sentir.

navires en vue ; ou, à défaut, si l'on en connaît les rapports, au moins pour les trois allures, *grande, moyenne et petite* vitesse, les plus utiles à considérer ici. Malheureusement cette certitude ou cette connaissance des rendements de même espèce n'est rien moins qu'aléatoire.

§ 482. **Appréciation des rendements de la machine et de l'hélice.** — Pour apprécier le rendement r de la machine, il faudrait posséder les résultats, aux trois allures, de nombreuses expériences effectuées avec de bons dynamomètres de rotation sur des séries d'appareils différents entre eux, comme mode de travail et de condensation de la vapeur, comme économie géométrique et particulièrement comme position des cylindres par rapport au plan horizontal (à cause de la plus ou moins grande facilité du graissage des grands mouvements), enfin comme dimensions absolues et vitesses de rotation.

D'un autre côté, pour mesurer le rendement r' de l'hélice, il serait indispensable d'avoir à sa disposition des groupes d'essais sur des propulseurs présentant toutes les principales graduations de grandeur, de forme et de proportions usitées aujourd'hui, et se référant à des carènes diverses, étant, en outre, tenu compte de leur installation par rapport à l'arrière, et, s'il y a deux hélices, des sens des rotations.

En ce qui concerne les machines, on ne possède absolument, aussi bien en France qu'à l'étranger, que les expériences exécutées à l'aide de dynamomètres Taurines de rotation, en 1854 et 1856 à bord de l'avisos *le Primauguet*, de 1.000^{chx} indiqués, et en 1862 à bord de l'*Elorn*, de 130^{chx}. Si tant est qu'il y ait quelque renseignement à tirer de ces machines frustes vis-à-vis des appareils de nos jours, nous rappellerons que le rendement r a varié moyennement de 0,70 à 0,82 sur le premier navire, et de 0,68 à 0,82 sur le second.

Pour les hélices, on en est réduit aux expériences de l'*Elorn*, effectuées avec un dynamomètre Taurines de poussée, et du reste à des vitesses de 10 nœuds au plus. Les moyennes du rendement r' y ont oscillé de 0,75 à 0,79 pour les meilleures hélices essayées, et de 0,66 à 0,70 pour de moins bonnes. Il n'y a rien à tirer des expériences analogues entrepris sur le *Primauguet*, à cause de leur trop petit nombre.

§ 483. **Détermination du produit des rendements de la machine et de l'hélice.** — On dispose, à la vérité, des expériences bien connues et si multiples du *Pélican*, en 1849; mais elles se rapportent aussi à de faibles sillages; et surtout elles ont été effectuées sans dynamomètres intérieurs, de sorte qu'elles ne fournissent, au lieu de r' , que le produit $K \times$ l'ancienne utilisation ($u = r \times r'$). Encore la valeur de K , ayant été déterminée par le remorquage, ne correspond qu'à la résistance *simple* de la coque, tandis qu'il eût fallu, en toute rigueur, se servir du coefficient propre à la résistance *complexe*. Puis on admettait alors que le rendement des hélices était soumis à des lois bien nettes, fonction, pour une vitesse donnée du bâtiment, de la proportion des éléments du propulseur entre eux et du rapport de la surface immergée du maître-couple au carré du diamètre de l'hélice. On n'attribuait pas d'influence *notable* à la valeur absolue des éléments du propulseur et de son immersion, à la grandeur intégrale du bâtiment et enfin à la réaction réciproque du jeu de l'hélice sur la résistance de la carène. L'importance de ces diverses circonstances ne s'est constatée qu'à la longue, à mesure que les navires à hélice se diversifiaient de plus en plus à tant de points de vue. Il s'en est suivi que les expériences du *Pélican*, si remarquables pour leur époque, n'ont plus eu bientôt qu'un rôle *inductif* dans l'établissement des propulseurs, et ont donné lieu à plus d'une école, lorsque leurs résultats ont été appliqués d'une façon trop adéquate.

D'autre part, en Angleterre, on ne rencontre expressément que les essais déjà très anciens du *Rattler*, du *Minx* et du *Dwarf*, tous inacceptables à cause de l'imperfection incontestée des dynamomètres de poussée y employés, et qui s'est révélée par les nombreuses anomalies des résultats.

Il est donc bien manifeste que les rendements r et r' échappent actuellement, comme précision, aux constructeurs, qui, dès lors, ne peuvent se faire une idée suffisamment juste de leurs valeurs.

D'après ce qui précède, rien ne dit que le produit $r \times r'$ ne puisse varier de $0,68 \times 0,66$ à $0,82 \times 0,79$, soit de 0,45 à 0,65. Donc $0,65 : 0,45 = 1,44$ représente le rapport inverse susceptible d'exister, en des cas extrêmes, entre deux valeurs possibles du coefficient K , correspondant à une même grandeur de l'utilisa-

tion M . Ce résultat limite montre avec quelle circonspection il convient de tirer des conclusions trop absolues de la comparaison des M pour divers bâtiments. Cette comparaison ne conduit à des indications acceptables que pour des navires peu différents entre eux, aussi bien comme grandeur que comme machine et propulseur.

§ 484. **Absence de loi générale pour l'utilisation.** — Quelques ingénieurs ont cherché une loi générale donnant *a priori* la valeur de l'utilisation M ; mais leurs tentatives n'ont abouti qu'à des insuccès. En principe, une telle loi n'existe pas; la raison en est dans la multiplicité des causes qui influent sur M , et qui, en outre, réagissent les unes sur les autres.

Il en est de même, bien entendu, pour u que pour M , au point de vue de l'inexistence d'une loi générale. Après les expériences du *Pélican*, l'étude de l'élément u fut poursuivie sur la série des bâtiments à vapeur qui surgirent successivement, avisos, corvettes, frégates, vaisseaux dérivés du *Napoléon*, etc. On traçait une courbe générale, sur laquelle les u des divers navires étaient portées en ordonnées, et les B^2 en abscisses, sans se préoccuper du reste des vitesses correspondantes. Pendant quelque temps, on crut à l'existence d'une *courbe déterminée des utilisations u* passant, d'une manière suffisamment rapprochée, par tous les points tracés comme il vient d'être dit. Cette courbe avait sa concavité tournée vers l'axe des x , et montait rapidement en s'éloignant de l'axe des y . Il fallut bientôt abandonner cet ordre d'idées, devant les nombreuses anomalies qui se manifestèrent. Cet insuccès s'explique par les indications précédentes sur les divers éléments, particulièrement la vitesse, affectant, pour une même valeur de B^2 , u aussi bien que M , par suite de la dépendance respective de ces dernières quantités vis-à-vis de K , de r et de r' .

Quoi qu'il en soit, les choses ne se passent plus de la sorte quand on considère chaque catégorie de navires à une série de sillages différents. En prenant, à très grande échelle, les vitesses pour abscisses et les M pour ordonnées, et en traçant à la règle pliante une courbe qui se rapproche le plus possible de tous les points marqués, on obtient d'ordinaire une sorte de sinusoïde propre à chaque bâtiment, selon d'ailleurs son ou ses hélices.

Le sommet de cette courbe, en particulier, se trouve plus ou

moins aplati, et correspond à des sillages plus ou moins élevés, suivant l'espèce du navire. Nous nous bornerons ici à spécifier le fait sur deux cas extrêmes comme déplacement. Ainsi, pour les torpilleurs de 40 à 50 tonneaux, le maximum de M a lieu entre 13 et 18 nœuds, avec une valeur variant de 3,2 à 3,1, c'est-à-dire très peu dans cet intervalle de vitesses. Pour les gros cuirassés de 9.000 à 10.000 tonneaux, le maximum est entre 9 et 12 nœuds, avec M se maintenant aux environs de 4,3 en moyenne.

Mais la question *in extenso* a besoin d'une étude spéciale, à l'aide de nombreux documents numériques.

§ 485. **Explication des tableaux numériques de la fin de l'Atlas.** — Ces tableaux renferment les documents dont nous venons de parler en quantité largement suffisante pour tous les divers types de navires actuels des marines militaire et commerciale.

Plusieurs de ces types sont, à la vérité, de construction déjà ancienne, et se trouvent en quelque sorte démodés au point de vue de la *nature* de la coque, mais non sous le rapport des formes de celle-ci; les résultats qui les concernent n'en demeurent donc pas moins aussi intéressants que ceux qui ont trait aux constructions de date récente, particulièrement pour les *utilisations*.

En tous cas, les divers éléments qui peuvent influencer celles-ci se trouvent donnés très complètement, à savoir : 1° les dimensions et les proportions de la carène; 2° l'esquisse des principales lignes d'eau, par les angles qu'elles font avec le plan diamétral à l'avant et à l'arrière; 3° les vitesses du bâtiment ainsi que la force et le nombre de tours de la machine aux essais; 4° le nombre et l'espèce des propulseurs, les dimensions, les proportions et le recul y relatifs; 5° les systèmes de machines et de chaudières.

FIN DU TOME DEUXIÈME ET DERNIER

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

DU TOME SECOND

T^{ME} II, PREMIÈRE PARTIE

SUITE DE L'ÉTUDE DES TORPILLES

1^{re} P^{IE}, CHAP. I. — LANCEMENT DE LA TORPILLE WHITEHEAD. — CRITIQUE ET TIRS.
— FILETS PROTECTEURS. — EXPLOSION DE TORPILLES QUELCONQUES

Paragraphes	Pages
LANCEMENT DES TORPILLES SOUS L'EAU.	1
1. Tube-carasse des établissements de réglage.	1
2. Tubes-carasses sur les torpilleurs-vedettes	2
LANCEMENT DES TORPILLES AU-DESSUS DE L'EAU	4
3. Différentes espèces de tubes	4
4. Tube lance-torpille ordinaire	4
5. Tube à cuiller.	5
6. Tube lance-torpille, système Canet	7
7. Tubes sous barrots.	11
8. Comparaison des tubes à cuiller et des tubes sans cuiller.	13
TUBES DE LANCEMENT DES TORPILLEURS, DES TORPILLEURS-VEDETTES ET DES CANOTS A VAPEUR.	14
9. Tubes des torpilleurs. Système pour y vider l'eau	14
10. Freins danois	16
11. Tubes des torpilleurs-vedettes.	17
12. Tubes des canots à vapeur	17
CHARGEMENT A LA POUDRE DES TUBES LANCE-TORPILLES, ET MODE DE VISÉE	18
13. Gargousses	18
14. Tampon obturateur, et mise de feu électrique	19
15. Tables de visée.	21
AUTRES DISPOSITIONS DIVERSES POUR LE LANCEMENT DES TORPILLES. . . .	21
16. Installation sur des torpilleurs de deux tubes à la poudre tirant en dehors de l'axe	21

Paragraphes	Pages
17. Lancements sous l'eau : systèmes adoptés par plusieurs puissances étrangères	23
18. Tube sous-marin, système Whitehead, pour le lancement des torpilles par le travers	25
CRITIQUE ET TIR DE LA TORPILLE WHITEHEAD	26
19. Défauts de détail de la torpille Whitehead	26
20. Défauts d'ensemble de la torpille Whitehead.	27
21. Tirs de torpilles Whitehead.	28
PROTECTION DES NAVIRES CONTRE LES TORPILLES MOBILES.	29
22. Procédés indépendants du navire	29
23. Filets Bullivan	29
24. Manœuvre des filets Bullivan	32
25. Dimensions et poids des filets Bullivan.	33
EXPÉRIENCES D'EXPLOSIONS DE TORPILLES.	34
26. Efficacité des torpilles au point de vue explosif. Dynamomètres d'explosion. .	34
27. 1 ^o Explosion d'une torpille chargée de 400 ^{kg} contre une corvette	39
28. 2 ^o Explosion d'une torpille chargée de 700 ^{kg} contre un transport.	40
29. 3 ^o Explosion d'un groupe de trois torpilles chargées chacune de 400 ^{kg} contre le même bâtiment.	43
30. 4 ^o Explosions de torpilles Whitehead contre un cuirassé.	46
31. 5 ^o Expériences avec des torpilles Whitehead faites en Angleterre contre le cuirassé la <i>Résistance</i>	49
32. 6 ^o Deuxième série d'expériences contre la <i>Résistance</i>	50
33. 7 ^o Expériences contre le <i>Polyphemus</i>	52

1^{re} P^{te}, CHAPITRE II. — CHARGEMENT D'AIR DES TORPILLES WHITEHEAD

POMPES DE COMPRESSION.	53
34. Notions préliminaires.	53
35. Classification des pompes de compression.	54
1 ^o POMPE CLARAPÈDE.	54
36. Données générales.	54
37. Description	55
38. Accumulateurs	57
2 ^o POMPE BROTHEROOD (GRAND MODÈLE)	59
39. Données générales	59
40. Description	59
41. Colonnes de purge et accumulateur	63
42. Cylindre auxiliaire	64
43. Avaries et dérangements	66
3 ^o POMPE BROTHEROOD (PETIT MODÈLE).	67
44. Données générales.	67
45. Description	67
4 ^o POMPE BROTHEROOD A CYLINDRES INDÉPENDANTS	68
46. Données générales	68

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

651

Paragraphes	Pages
47. Description	68
48. Fonctionnement	71
5° POMPE THIRION	71
49. Données générales	71
50. Description	72
6° POMPE MÉKARSKI	74
51. Données générales	74
52. Description	74
53. Fonctionnement	76
NOTE COMMUNE AUX DIVERSES POMPES	78
54. Rendement organique	78
55. Valeur du rendement organique	79
THÉORIE DES POMPES DE COMPRESSION	80
56. Mode d'action des pompes	80
57. Résistance à vaincre	82
58. Travail des pompes	85
59. Puissance de la chaudière	89
60. Défauts inhérents aux pompes	89
61. Renseignements généraux numériques sur les pompes de compression en usage dans la marine	91

1^{re} P^{tie}, CHAPITRE III. — DIFFÉRENTS TYPES DE TORPILLES AUTOMOBILES EMPLOYÉES A L'ÉTRANGER

TORPILLES HAWEL, BERDAN ET PAULSON	92
62. Torpille Hawell	92
63. Torpille Berdan	92
64. Torpille Paulson	93
TORPILLE AMÉRICAINE HAIGH ET WOOD, ANCIENNE TORPILLE LAY PERFECTIONNÉE PAR PATRICK	94
65. Disposition générale	94
66. Réservoir pour l'acide carbonique	95
67. Compartiment du réchauffeur	95
68. Chambre du câble	97
69. Compartiment de l'appareil électrique	97
70. Manœuvre par l'opérateur du rivage	98
71. Mise de feu	101
72. Servo-moteur de la machine motrice	102
73. Régulateur de pression	103
74. Compartiment de la machine motrice	104
75. Compartiment de la barre	105
76. Appareil servant à faire l'acide carbonique	105
77. Résultats d'expériences	106
TORPILLE SIMS	107
78. Renseignements généraux	107
79. Force motrice et charge	107

Paragraphes

Pages

TORPILLE HOWELL CONSTRUITE PAR LA COMPAGNIE HOTCHKISS.		108
80.	Description de la torpille.	108
81.	Régulateurs d'immersion et de direction	109
82.	Volant gyroscopique.	110
83.	Lancement et expériences.	112
84.	Avantages et inconvénients de la torpille Howell.	113
TORPILLE BRENNAN.		113
85.	Principe de l'engin	114
86.	Description et mode de gouvernement de la torpille Brennan.	115
87.	Régulation d'immersion.	117
88.	Fils métalliques ; leur enroulement	118
89.	Machine motrice	119
90.	Opération du lancement.	120
91.	Comparaison de la torpille Brennan avec la torpille Whitehead et les torpilles dirigeables connues	121
BOULETS-TORPILLES ET OBUS A PUISSANT EXPLOSIF.		123
92.	Principes des boulets-torpilles ; système rationnel en projet.	123
93.	Obus Cochrane et Zalinski	124

T^{ME} II, DEUXIEME PARTIE

TORPILLEURS ET BATEAUX SOUS-MARINS

2^e P^{IE}, CHAPITRE I. — TORPILLEURS

94.	Différentes espèces de torpilleurs.	127
95.	Contre-torpilleurs.	129

2^e P^{IE}, CHAPITRE II. — BATEAUX SOUS-MARINS

PRINCIPES GÉNÉRAUX.		130
96.	Première solution rationnelle par l'amiral Bourgois	130
97.	Aération des bateaux sous-marins	131
98.	Moyens d'obtenir la stabilité d'immersion.	132
99.	Sur les servo-moteurs en général et sur les servo-moteurs électriques en particulier	134
100.	De la force motrice à employer pour les bateaux sous-marins	138
101.	Sur l'échappement des gaz de la combustion et le fonctionnement de la cheminée à bord des bateaux sous-marins, lorsqu'ils sont immergés.	141
102.	Aperçu sur les moteurs extra-légers de l'avenir	142
103.	Résumé sur les bateaux sous-marins, et de leur stabilité de route.	143
104.	Sur l'usage des bateaux sous-marins.	146
DESCRIPTION DES PRINCIPAUX BATEAUX SOUS-MARINS CONSTRUITS JUSQU'ICI.		147
105.	Type Dupuy de Lôme	147

Paragraphes	Pages
106. Torpilleur sous-marin Nordenfelt.	148
107. Torpilleur sous-marin système Goubet.	153
108. Bateau électrique sous-marin système Waddington.	153

T^{ME} II, TROISIÈME PARTIE

COMPLÉMENT SUR LES ARMES A FEU

3^e P^{IE}, CHAPITRE I. — DERNIERS PROGRÈS DANS L'ÉTUDE ET LA COMPOSITION DES EXPLOSIFS ET DANS LES CANONS

ONDE EXPLOSIVE ; THÉORIE DE M. BERTHELOT SUR LES EXPLOSIONS PAR INFLUENCE.	157
109. Exposés de la question	157
110. Propagation et caractères de l'onde explosive	158
111. Explication des explosions par influence au moyen de l'onde explosive.	160
NOUVELLES POUDRES.	162
112. Poudres sans fumée	162
LES GRANDS ÉTABLISSEMENTS PRODUCTEURS D'ARTILLERIE ; APERÇU DE LEURS SYSTÈMES	164
113. État de la question	164
114. Usine Krupp	164
115. Usine Armstrong	167
116. Usines françaises. Usine Cail.	168
117. Usine des forges et chantiers de la Méditerranée	170
CANONS CANET DE MARINE ET DE COTE M ^{LE} 1886.	174
118. Canons de 10 ^{cm}	174
119. Canons de 12 ^{cm}	175
120. Canons de 14 ^{cm}	176
121. Canons de 15 ^{cm}	177
122. Canons de 16 ^{cm}	178
123. Canons de 19 ^{cm}	179
124. Canons de 22 ^{cm}	180
125. Canons de 24 ^{cm}	181
126. Canons de 27 ^{cm}	182
127. Canons de 30 ^{cm} ,5	183
128. Canons de 32 ^{cm}	184
129. Canons de 34 ^{cm}	185
130. Canons de 37 ^{cm}	186
131. Tir de recette du canon n° 1891 de 24 ^{cm} de 36 calibres, système Canet, M ^{LE} 1885. Polygone du Hoc.	187
NOUVELLES FERMETURES DE CULASSE, ET NOUVEAUX AFFÛTS.	188
132. Culasse pour canon à tir rapide, système Canet	188
133. Manœuvre mécanique de culasse pour les canons de gros calibre, système Canet.	189

Paragraphes	Pages
134. Affûts. Considérations générales	190
135. Nouveaux affûts marins, système Canet	191
136. Affûts système Canet pour canon de 15 ^{cm} , à pivot central et à châssis circulaire	194
137. Mortier marin de 15 ^{cm} , système Canet, avec affût à frein circulaire	195

3^e P^{te}, CHAPITRE II. — NOUVEAUX CANONS A TIR RAPIDE. MITRAILLEUSE AUTOMATIQUE. FUSILS ET REVOLVERS DE PETIT CALIBRE

138. Principe des canons à tir rapide. Obus Shrapnel.	197
139. Types Hotchkiss	198
140. Canon Hotchkiss à tir rapide de 37 ^{mm} , à pivot et crapaudine, pour tourelle de commandement d'un bateau torpilleur.	199
141. Canon Hotchkiss à tir rapide de 37 ^{mm} , sur affût de débarquement avec avant-train.	199
142. Canon Hotchkiss à tir rapide de 47 ^{mm} , sur affût à recul.	200
143. Canon Hotchkiss à tir rapide de 57 ^{mm} , sur affût à pivot et support élastique.	201
144. Canon Hotchkiss à tir rapide de 65 ^{mm} , sur affût à recul et support élastique.	202
145. Canon Hotchkiss à tir rapide de 75 ^{mm} , sur affût à recul limité et rappel automatique, avec support élastique et masque.	202
146. Canon Hotchkiss à tir rapide de 10 ^{cm} , sur affût à recul limité et rappel automatique à pivot central.	203
MITRAILLEUSE AUTOMATIQUE MAXIM	205
147. Disposition du mécanisme.	205
148. Tir à volonté	208
149. Tir automatique.	208
150. Appareil de sûreté.	209
151. Cartouches, Magasin	209
152. Système réfrigérant.	210
153. Affûts	211
NOUVEAUX FUSILS A RÉPÉTITION ET REVOLVERS DE PETIT CALIBRE.	211
154. Description	211
155. Modifications du fusil chez les nations étrangères	213
156. Revolvers de petit calibre.	213

3^e P^{te}, CHAPITRE III. — DERNIER TYPE D'HYDRAULIQUES DE MANŒUVRE POUR LES GROS CANONS

AFFÛT DE TOURELLE BARBETTE, POUR CANON DE 27 ^{cm} , A CHARGEMENT CENTRAL DANS TOUTES LES POSITIONS (SYSTÈME CANET).	214
157. Description	214
158. Manœuvre du système.	215
159. Avantages du système	216

T^{ME} II, QUATRIÈME PARTIE

APPAREILS DE SILLAGE, DE SONDAGE ET DE SIGNAUX

Paragraphes	4 ^e P ^{IE} , CHAPITRE I. — LOCHS	Pages
	LOCHS SIMPLES.	219
160.	Loch à bateau.	219
161.	Lochs à hélice	221
	LOCHS COMPLEXES.	221
162.	Lochs électriques	221
163.	Loch à téléphone	225
	LOCH TÉLÉPHONIQUE A DOUBLE MOULINET.	226
164.	But du système.	226
165.	Description de l'appareil.	226
166.	Analyse du mode de comptage	228
167.	Usages particuliers du système	230
168.	Ferme-circuit, sonnerie, mode de remorquage	231
169.	Utilisation de la sonnerie et du compteur à bouton pour la mesure de la vitesse du vent.	234
	4 ^e P ^{IE} , CHAPITRE II. — APPAREILS DE SONDAGE	
	SONDEURS SIMPLES.	236
170.	Sondeurs donnant la nature du fond.	236
	SONDEURS COMPLEXES	238
171.	Sondeurs avec enregistreurs.	238
	SONDEURS DE GRANDES PROFONDEURS : APPAREIL EMPLOYÉ DANS L'EXPÉDI- TION SCIENTIFIQUE DU <i>Talisman</i>	240
172.	Appareil de sondage	240
173.	Sondeur proprement dit.	244
174.	Bouteille à eau.	246
	4 ^e P ^{IE} , CHAPITRE III. — PRODUCTION DE SIGNAUX	
	SIGNAUX LUMINEUX SIMPLES ET SIGNAUX ACOUSTIQUE.	248
175.	Principe de ces signaux.	248
176.	Appareil d'audition	250
177.	Hydrophone.	251
	TÉLÉGRAPHIE OPTIQUE.	253
178.	Son origine	253
179.	Appareils optiques	255
180.	Description des appareils de campagne.	257
181.	Réglage	258

Paragraphes	Pages
182. Emploi de la lumière solaire ; héliostat.	261
183. Appareils télescopiques	262
184. Emploi et fonctionnement de la télégraphie optique	264
185. Correspondance à l'aide de signaux optiques quelconques : fanions, lanternes	268

T^{ME} II, CINQUIÈME PARTIE

UTILISATION INDUSTRIELLE DU SOLEIL, ET PRODUCTION MÉCANIQUE DE CHAUD ET DE FROID

3^e P^{IE}, CHAPITRE I. — APPAREILS POUR RECUEILLIR ET UTILISER LA CHALEUR SOLAIRE

186. Considérations générales sur les appareils en vue	274
187. Appareils solaires réalisés	273

5^e P^{IE}, CHAPITRE II. — MACHINES A PRODUCTION DE CHAUD ET DE FROID

GÉNÉRALITÉS.	276
188. Appareils calorifiques et frigorifiques.	276
189. Thermogène.	277
190. Procédé d'évaporation Piccard	278
191. Principe des machines frigorifiques.	280
MACHINES FRIGORIFIQUES A AIR.	281
192. Théorie de ces machines.	281
193. Machines frigorifiques à air de Giffard	285
194. Autres types de machines frigorifiques à air	288
MACHINES FRIGORIFIQUES A LIQUIDE.	289
195. Théorie de ces machines sur l'appareil à acide sulfureux de Pictet.	289
196. Remarque importante.	290
197. Comparaison des liquides employés.	292
198. Machines frigorifiques à gaz ammoniac.	294
MACHINES FRIGORIFIQUES A AFFINITÉ.	298
199. Principe de ces machines	298

T^{ME} II, SIXIÈME PARTIE

NAVIGATION AÉRIENNE ET PIGEONS VOYAGEURS

6^e P^{IE}, CHAPITRE I. — THÉORIE ET RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX SUR L'AÉROSTATION

CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE	303
200. Problème de l'aérostation.	303
201. Principe du ballonnet à air; et montgolfière moderne	306

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

637

Paragraphes	Pages
202. Nature de l'enveloppe et du filet.	309
203. Principe de la fabrication de l'hydrogène.	312
FORMULES DIVERSES.	313
204. Calcul de la force ascensionnelle	313
205. Déperdition par exosmose ; fuites et ruptures de l'enveloppe	315
206. Rentrées d'air par endosmose ; obturation incomplète de l'enveloppe.	316
207. Tension de l'enveloppe	317

6^e P^{IE}, CHAPITRE II. — AÉROSTATION CAPTIVE

AÉROSTATION MILITAIRE ET NAVALE.	319
208. Historique.	319
209. Observations aérostatiques	323
MATÉRIEL ACTUEL D'AÉROSTATION MILITAIRE.	325
210. Nomenclature	325
211. Force ascensionnelle du ballon normal.	326
212. Poids morts.	327
213. Effets du vent	327
214. Modèles divers de ballons.	328
215. Soupape de dégonflement.	329
216. Manœuvre de la soupape de dégonflement.	331
217. Pendentif ou appendice.	331
218. Filet, cordes équatoriales et rallonges	333
219. Cône de suspension.	335
220. Suspension pour le câble et pour la nacelle.	336
221. Structure de la nacelle. Ancre et frein de rupture	338
222. Manomètre. Signaux. Téléphone	340
223. Câble d'ascension ou de retenue	341
224. Accessoires divers	342
225. Voiture-Treuil	343
226. Mécanisme du treuil.	344
227. Voiture-fourgon.	345
228. Voiture d'agrès.	346
229. Pompe de la voiture à hydrogène.	346
230. Tubes à hydrogène anglais ; et système allemand pour production de l'hydrogène sur place	347
OPÉRATIONS AVANT ET APRÈS L'ASCENSION.	347
231. Gonflement du ballon	347
232. Amarrage du ballon.	349
233. Arrimage	350
234. Dégonflement	353
ASCENSIONS CAPTIVES A BRAS	353
235. Emplacement	353
236. Correspondance	354
237. Haltes du ballon.	354
238. Ballon au repos.	355
239. Cerf-volant auxiliaire ou suppléant	355

Paragraphes	Pages
ASCENSIONS CAPTIVES AU TREUIL	357
240. Mise en station	357
241. Ascension et descente	357
242. Transport au treuil	359
243. Route découverte	360
244. Route bordée d'arbres	360
245. Route bordée d'arbres formant voûte	361
246. Transport mixte	361
247. Franchissement d'obstacles	362
248. Haltes et repos	362
EXEMPLES DE L'EMPLOI RÉCENT DES AÉROSTATS MILITAIRES CAPTIFS.	363
249. Usage des ballons au Tonkin	363
250. Marche sur Bac-Ninh (mars 1884)	363
251. Marche sur Hong-Hoa (avril 1884)	364
252. Marche sur Kep (janvier 1885), et grandes manœuvres en France.	365
LES BALLONS MILITAIRES CAPTIFS A L'ÉTRANGER	365
253. Empire d'Allemagne	366
254. Angleterre	366
255. Russie et Italie	367
6^e P^{te}, CHAPITRE III. — BALLONS CAPTIFS YON MANŒUVRÉS A LA VAPEUR	
FABRICATION DE L'HYDROGÈNE.	368
256. Générateur	368
257. Laveur et sécheur	369
258. Pompe	369
TREUIL A VAPEUR POUR LA MANŒUVRE DU CABLE	370
259. Chaudière et machine	370
260. Treuil récepteur et poulie à mouvement universel	370
261. Frein à air et frein de sûreté	371
MATÉRIEL AÉROSTATIQUE	371
262. Aérostat, filet et nacelle	371
263. Agencement et installation	372
PARCS A BALLONS.	373
264. Parc de forteresse	373
265. Parc de campagne extra-léger	374
GRANDS BALLONS CAPTIFS POUR EXPOSITIONS.	375
266. Introduction	375
267. Partie aérostatique du ballon Von-Godard	375
268. Partie mécanique : moteur, chaudière, freins et treuil seul	377
269. Partie chimique	378
6^e P^{te}, CHAPITRE IV. — LES BALLONS LIBRES ET LES BALLONS DIRIGEABLES OU AÉRONEFS	
ASCENSIONS LIBRES DES BALLONS EN GÉNÉRAL.	380
270. Vitesses et pressions du vent	380

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

639

Paragraphes	Pages
271. Usage actuel des changements de direction du vent avec la hauteur	382
272. Instruments d'atterrissage et leur usage	383
273. Conseils pour l'atterrissage	385
274. Ascensions libres des ballons militaires	386
275. Parachutes	388
CONSTITUTION DES AÉRONEFS ESSAYÉES JUSQU'ICI	390
276. Observations sur la navigation aérienne comparée à la navigation maritime	390
277. Première idée de la direction des ballons; et principes généraux	392
278. Aéronef du général Meusnier	400
279. Aéronefs de Giffard (1852-1855)	400
280. Aéronef de l'amiral Labrousse	402
AÉRONEF DE DUPUY DE LÔME (1870-1872)	402
281. Aperçu général	402
282. Description de l'aérostat	403
283. Propulseur et gouvernail	404
284. Ascension de l'aéronef de Dupuy de Lôme	405
285. Angle abordable d'un ballon dirigeable	406
AÉRONEFS A L'ÉLECTRICITÉ	408
286. Aéronef de MM. Tissandier frères (1883-1884)	408
287. Aéronef de Meudon <i>La France</i> (1884)	409
288. Pile employée par M. Renard pour son aéronef. Son insuccès relatif	411
6 ^e P ^{IE} , CHAPITRE V. — AÉRONEFS A GRANDE VITESSE ET A LONGUE DURÉE, ET AVIRES	
DISCUSSION DES FAITS ACQUIS SUR LES AÉRONEFS ET CONCLUSIONS	416
289. Examen critique des résultats déjà obtenus pour la direction des ballons	416
290. Aéronef de M. Yon	418
291. Formules et documents numériques pour la propulsion de l'aéronef de M. Yon	420
292. Recherche du meilleur système susceptible d'être appliqué à la locomotion d'un aéronef	422
293. Comparaison des machines électriques et des machines à vapeur d'eau pour aéronefs	424
294. Machine à gaz pour aéronef: Type Barbé	430
PROBLÈME DU PLUS LOURD QUE L'AIR	434
295. Essais anciens	434
296. État actuel de la question de l'aviation	436
297. Volateur Barbé	438
6 ^e P ^{IE} , CHAPITRE VI. — COLOMBOPHILIE	
NOTIONS GÉNÉRALES	444
298. Historique des pigeons-voyageurs jusqu'au siège de Paris	444
299. Renseignements divers sur les pigeons-voyageurs	447
300. Considérations sur les facultés des pigeons-voyageurs	451
DÉTAILS PRATIQUES	454
301. Installation d'un pigeonier. Hygiène	454

Paragraphes	Pages
302. Nourriture et maladies des pigeons.	455
303. Accouplements et élevage.	457
304. Préparation aux voyages.	460
305. Entraînement des pigeons-voyageurs	461
306. Retour des voyages	464
USAGE DANS LES ARMÉES.	465
307. Colombiers militaires.	465
308. Organisation de la poste colomboophile militaire en temps de guerre	468
309. Organisation du service des pigeonniers militaires en Europe.	471
310. Pigeons-voyageurs marins.	473
311. Hirondelles voyageuses	475

T^{ME} II, SEPTIÈME PARTIEÉTUDE TECHNIQUE DES GUERRES MARITIMES MODERNES
ET CONSTITUTION DES FLOTTES ACTUELLES

312. Objet de cette partie de l'ouvrage.	477
--	-----

7^e P^{IE}, CHAPITRE I. — EFFETS DE L'ARTILLERIE SUR LES CUIRASSÉS

313. Effets désastreux de l'artillerie sur les murailles en bois.	478
314. Les premiers navires cuirassés	478
315. Les batteries flottantes françaises à Kinburn	478
316. Cuirassés de haute mer et canons rayés.	479
317. Guerre de la Sécession ; artillerie des Fédéraux	479
318. Artillerie des Confédérés.	480
319. Les monitors fédéraux	480
320. Les rams confédérés	480
321. Canonnières et rams cuirassés du Mississippi ; effets de l'artillerie sur leurs coques	481
322. Effets des projectiles de la <i>Virginia</i> contre le <i>Monitor</i>	482
323. Les monitors devant les ouvrages de Charleston	482
324. Destruction du <i>Keokuk</i>	483
325. Discussion des effets de l'artillerie confédérée sur les monitors	483
326. La frégate cuirassée l' <i>Ironsides</i>	484
327. Effets de l'artillerie fédérale sur le rams confédéré la <i>Virginia</i>	484
328. <i>Weehawken</i> contre <i>Atlanta</i>	485
329. Canonnières fédérales contre <i>Albemarle</i>	485
330. Corvettes et monitors fédéraux contre <i>Tennessee</i>	486
331. Efficacité des cuirasses pendant la guerre de sécession	486
332. Guerre du Paraguay ; les garde-côtes cuirassés du Brésil.	487
333. Les monitors brésiliens.	487
334. Artillerie des ouvrages paraguayens ; premiers combats.	487
335. Les cuirassés brésiliens devant les batteries d'Humaitá.	488
336. Les cuirassés brésiliens à Angostura.	489

Paragraphes	Pages
337. Confirmation des résultats de la guerre de sécession.	489
338. Tourelles et réduits cuirassés	489
339. L'artillerie et la cuirasse à la bataille de Lissa.	490
340. La frégate cuirassée la <i>Numancia</i> , au Callao	491
341. Le <i>Shah</i> contre le <i>Huascar</i>	491
342. Explosion du <i>Loufti-Djelil</i>	492
343. Guerre du Chili contre le Pérou	492
344. Cuirassés à réduit <i>Cochrane</i> et <i>Blanco</i> contre cuirassé à tourelle <i>Huascar</i>	493
345. Le monitor <i>Manco-Capac</i>	494
346. Les cuirassés anglais à Alexandrie	494
347. Combat de Fou-Tcheou.	495
348. Conclusions générales.	495
349. Effets des nouveaux obus à grande explosion	497

7^e P^{IE}, CHAPITRE II. — EFFETS DU CHOC CONTRE LES NAVIRES

350. L'éperon.	498
351. Étude des effets matériels du choc contre les coques.	499
352. L'éperon de la <i>Virginia</i> coule le <i>Cumberland</i>	499
353. Destruction du <i>Re-d'Italia</i> par le <i>Ferdinand-Max</i>	499
354. Démonstration de la puissance du choc par l'éperon ou l'étrave.	500
355. Confirmation de cette puissance par divers abordages accidentels.	501
356. Dangers que peut courir l'abordeur	501
357. Examen de quelques faits de moindre importance que les précédents.	503
358. Degré d'efficacité des manœuvres tentées pour donner le choc.	504
359. Cas nombreux où la manœuvre du choc n'a pas réussi ; guerre de sécession.	504
360. Bataille de Lissa	505
361. <i>Szeddin</i> contre <i>Arkadion</i>	505
362. <i>Bouvet</i> contre <i>Meteor</i>	506
363. Guerre chilo-péruvienne.	506
364. Dangers de l'éperon pour les navires amis.	507

7^e P^{IE}, CHAPITRE III. — EFFETS DES TORPILLES CONTRE LES CARÈNES

365. Les premières torpilles	508
366. Torpilles défensives des confédérés.	508
367. Torpilles de barrages	509
368. Torpilles de fond	509
369. Torpilles mouillées ou vigilantes	510
370. Torpilles dérivantes.	510
371. Destructions nombreuses causées par les torpilles défensives des Confédérés.	510
372. Utilité des cloisons étanches.	511
373. Destruction du <i>Rio-Janeiro</i>	512
374. Destruction de la canonnière <i>Soune</i>	512
375. Torpilles offensives ; effets de leur explosion.	512
376. Torpilles des Confédérés et des Fédéraux	513
377. Destruction du <i>Housatonic</i>	513
378. Destruction de l' <i>Albemarle</i>	514
379. Guerre turco-russe de 1877 ; destruction du <i>Seïfi</i> par deux torpilles.	514
380. Affaires de Sulina et de Sokkoum-Kalé.	515
381. Destruction d'un navire ture	515

TOME II.

43

Paragraphes	Pages
382. Destruction de deux navires chiliens.	515
383. Effets de nos torpilles à Fou-Tcheou et à Sheipoo.	515
384. Conclusions.	516
385. Influence du mode d'emploi sur l'efficacité des torpilles offensives.	516
386. Torpilles portées des Confédérés et des Fédéraux; les <i> Davids </i>	517
387. Canot-torpilleur sous-marin des Confédérés.	517
388. Chaloupe porte-torpille fédérale.	517
389. Chaloupe porte-torpille des Russes.	518
390. Bateaux-torpilleurs rapides des Russes.	518
391. Insuccès des torpilles portées à Batoum et à Sulina.	518
392. Insuccès des bateaux porte-torpille chiliens.	519
393. Succès de nos canots porte-torpille à Sheipoo.	519
394. Attaques de jour par torpilles portées; insuccès des Russes sur le Danube.	519
395. Succès de nos bateaux rapides porte-torpille à Fou-Tcheou.	520
396. Discussion des attaques faites à l'aide de torpilles portées.	521
397. Inefficacité des torpilles divergentes employées par les Russes.	522
398. Torpilles automobiles.	523
399. Destruction d'un navire turc par une torpille Whitehead.	523
400. Résultats d'expériences.	524

7^e P^{ie}, CHAPITRE IV. — INFLUENCE DES NOUVELLES ARMES SUR LA TACTIQUE NAVALE

401. Examen sommaire de quelques manœuvres de combat.	526
402. Démonstration par plusieurs exemples des avantages d'un faible tirant d'eau.	526
403. <i>Vesta</i> et <i>Athar-Chefket</i> ; utilité du tir plongeant dans les combats de chasse et de retraite.	527
404. <i>Huascar</i> et <i>Independencia</i> contre <i>Esmeralda</i> et <i>Covadonga</i>	527
405. <i>Huascar</i> et <i>Magallanes</i> ; avantages des deux hélices.	528
406. <i>Alabama</i> et <i>Kearsage</i> ; combat circulaire.	528
407. <i>Meteor</i> et <i>Bouvet</i>	528
408. Combat d'un seul cuirassé contre une division navale.	529
409. <i>Tennessee</i> contre une escadre fédérale; emploi simultané du choc et de l'ar- tillerie.	529
410. Combat de Punta-Angamos; importance très grande de la vitesse.	530
411. Rencontres entre escadrilles; combats navals de la Nouvelle-Orléans et de Memphis.	531
412. Combat naval du Riachuelo.	532
413. Efficacité de l'attaque par le choc sur un espace de mer restreint.	532
414. Combat naval de Fou-Tcheou.	532
415. Bataille navale de Lissa.	533
416. Ordre d'attaque de l'escadre autrichienne.	533
417. Ordre de combat de l'escadre italienne.	534
418. Manœuvres des deux escadres.	534
419. Victoire des autrichiens.	535

7^e P^{ie}, CHAPITRE V. — ÉTAT PRÉSENT ET MODIFICATIONS PROCHAINES DU MATÉRIEL NAVAL

420. Navires de guerre actuels.	536
421. Navires de flotte côtière.	537

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

663

Paragraphes	Pages
422. Navires de flotte de haute mer.	538
423. Modifications à apporter dans la composition des flottes.	540
424. Flotte côtière.	540
425. Division de la flotte côtière en flotille de <i>défense intérieure</i> et flotille de <i>défense extérieure</i>	541
426. Flotille de défense intérieure ; le <i>Belier</i>	542
427. Le bateau-torpilleur de la flotille de défense intérieure.	543
428. Bateaux sous-marins de la flotille de défense intérieure.	544
429. Flotille de <i>défense extérieure</i>	545
430. Le <i>garde-côtes cuirassé</i>	546
431. La <i>canonnière cuirassée</i> et la <i>chaloupe-canonnière</i>	547
432. Le <i>bateau-torpilleur</i> de la flotille de défense extérieure.	548
433. Le <i>contre-torpilleur</i> de la flotille de défense extérieure.	549
434. Bateaux sous-marins de la flotille de défense extérieure.	549
435. Composition générale de la <i>flotte côtière</i>	550
436. Flotte de haute mer.	551
437. Principe de la division du travail en marine.	551
438. Rôle complexe de la flotte de haute mer.	551
439. Navires indispensables pour le combat d'escadre.	553
440. Le cuirassé d'escadre.	553
441. L'éclaireur d'escadre.	556
442. Le contre-torpilleur d'escadre.	557
443. Le navire sous-marin d'escadre.	558
444. Le <i>navire-bombarde</i>	559
445. La flotte de débarquement.	560
446. Le <i>navire-transport</i>	564
447. Composition de la <i>flotte de siège</i> et de <i>débarquement</i>	564
448. Le <i>croiseur de combat</i>	564
449. Le <i>croiseur de course</i> et le <i>croiseur auxiliaire</i>	566
450. Composition générale de la <i>flotte de haute mer</i>	568
451. Rayons d'action des bâtiments de combat actuels et futurs. Endurance des machines.	569
452. Rayons de giration des navires actuels et futurs.	573
453. Réflexions terminales.	574

T^{ME} II, HUITIÈME ET DERNIÈRE PARTIEFORMES ET UTILISATION DES DIVERS TYPES DE NAVIRES
PRÉSENTEMENT EN USAGE8^e P^{IE}, CHAPITRE I. — RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

454. Vitesses maxima actuellement réalisées.	579
455. Causes qui ont amené les résultats précédents. Progrès dans les coques.	581
456. Légèreté, perfectionnement et économie de combustible des plus récents appareils à vapeur de navigation.	583
457. Progrès dans les chaudières et les propulseurs.	588
458. Tirage forcé.	591

Paragraphes	Pages
459. Progrès dans les propulseurs.	595
460. Exemples des progrès d'ensemble accomplis successivement au commerce . .	597
461. Exemples des progrès d'ensemble accomplis successivement dans les marines de guerre.	604
462. Résumé ; habitabilité et aménagement actuels des navires	611

8^e P^{re}, CHAPITRE II. — CONSIDÉRATIONS SUR LES FORMES ET LA NATURE DES COQUES

463. Influence de la destination des navires sur les formes de la coque	614
464. Comport des navires par mer agitée : son influence sur le choix des formes de la carène	616
465. Formes et métal adoptés en France pour les coques des grands cuirassés et des garde-côtes depuis la guerre franco-allemande	618
466. Véritable classification des garde-côtes d'après la valeur nautique due à leur forme.	622
467. Formes des cuirassés anglais.	623
468. Considérations sur le mode même de confection des coques, et sur les vibra- tions des carènes légères en acier.	624
469. Considérations incidentes sur la soutenance de la vitesse maxima.	626
470. Des meilleurs types de bâtiments de combat.	627

8^e P^{re}, CHAPITRE III. — SUR LA RÉSISTANCE DES CARÈNES ET LA COMPARAISON DES NAVIRES AU POINT DE VUE PROPULSIF

471. Formule de la résistance des carènes	633
472. Expression du coefficient K de la formule de la résistance des carènes	633
473. Autres recherches pour l'évaluation <i>a priori</i> de la résistance des carènes. Dif- ficultés de cette appréciation.	635
474. Distinction de la résistance des carènes en résistance simple et en résistance complexe.	637
475. Éléments importants à connaître pour la fixation ou l'appréciation des carènes au point de vue propulsif.	638
476. Appréciation directe des résistances simple et complexe des carènes	639
477. Détermination des vitesses dans les mesures directes de la résistance des carènes.	640
478. Appréciation directe du coefficient K de la formule de la résistance des carènes	641
479. Détermination de la résistance des carènes par la balance de traction.	642
480. Détermination de la résistance des carènes par le coefficient d'avance du navire.	643
481. Détermination de la résistance des carènes par « l'utilisation ».	643
482. Appréciation des rendements de la machine et de l'hélice.	645
483. Détermination du produit des rendements de la machine et de l'hélice	646
484. Absence de loi générale pour l'utilisation.	647
485. Explication des tableaux numériques de la fin de l'atlas.	648



