

Section de l'Ingénieur

R. D'ÉQUEVILLEY

LES

BATEAUX SOUS-MARINS

ET LES

SUBMERSIBLES

GALTHIE VILLARS

MASSON & C^{IE}

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE - MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

D'ÉQUEVILLRY — Les Bateaux sous-marins

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire : L. Isler, secrétaire
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

· N° 287 A.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LES

BATEAUX SOUS-MARINS

ET

LES SUBMERSIBLES

PAR

R. D'ÉQUEVILLEY

Ingénieur civil des Constructions navales
Ancien Ingénieur aux Forges et Chantiers
de la Méditerranée



PARIS

GAUTHIER-VILLARS,	MASSON ET C ^{ie} , ÉDITEURS,
IMPRIMEUR-ÉDITEUR	LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Quai des Grands-Augustins, 55	Boulevard Saint-Germain, 120
(Tous droits réservés)	

INTRODUCTION

Le problème de la navigation sous-marine est aujourd'hui complètement résolu. Les divers États n'ont plus que l'embaras du choix des solutions et des programmes militaires à adopter suivant la politique qu'ils ont en vue, comme pour les autres navires de combat.

Il nous a semblé qu'une étude un peu détaillée de cette question pleine d'actualité serait utile aux marins, ainsi qu'à toutes les personnes s'intéressant aux choses de la marine, qui pourront ainsi se mettre rapidement au courant des progrès de cette nouvelle classe de bâtiments.

Nous serons forcés de laisser de côté beaucoup de détails pratiques et de coefficients. Leur divulgation peut, en effet, nuire aux intérêts des États possesseurs des sous-marins décrits, ou bien à ceux des constructeurs qui ont souvent payé très cher leurs expériences et leurs études.

LES BATEAUX SOUS-MARINS ET LES SUBMERSIBLES

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE DE LA QUESTION

L'étude détaillée de l'histoire de la navigation sous-marine demanderait plusieurs volumes.

Nous nous contenterons donc ici de donner une rapide nomenclature des principaux sous-marins ou projets intéressants, en les classant par nationalité et ordre chronologique. Nous n'indiquerons que leurs caractéristiques principales et les grands épisodes, quelquefois tragiques, de leur existence.

Quant à la description et à l'étude de leurs organes, nous les rencontrerons dans tout le cours de l'ouvrage où ils viendront servir d'exemples pratiques à l'appui de la théorie. Le nombre des sous-marins projetés ou exécutés est bien supérieur à celui des idées neuves ou originales.

Les premiers datent d'il y a deux ou trois cents ans (on voit que le problème est ancien) et possédaient déjà la plupart des organes de ceux du vingtième siècle, sauf en ce qui concerne les moteurs, qui leur ont donné la vie, et dont les progrès sont indépendants de ceux de la navigation sous-marine.

LA HOLLANDE

CORNÉLIUS VAN DREBBEL construisit, dès 1620, un sous-marin actionné par douze rameurs, qui navigua sous la Tamise. C'était une vraie galère sous-marine.

Les essais eurent lieu devant le roi Jacques I^{er} qui en fut, dit-on, si satisfait, qu'il ne craignit pas de descendre lui-même dans ce navire en bois.

L'AMÉRIQUE

BUSHNELL, 1773. — La *Tortue* est le premier sous-marin ayant donné des résultats certains. En plus des pompes et robinets permettant de faire varier son poids, il avait, pour l'aider à monter et à descendre, une « rame tournante » à axe vertical.

Une autre rame du même système lui permettait de se déplacer horizontalement. Il est difficile de voir là autre chose que des hélices, dont Bushnell serait l'inventeur bien avant Sauvage.

La *Tortue* portait une torpille destinée à être fixée aux flancs de l'ennemi. En 1776, montée par le sergent Lee, elle essaya de torpiller un vaisseau anglais; n'ayant pu fixer sa torpille, cette dernière n'éclata qu'une demi-heure après et assez loin du vaisseau qui avait, en somme, couru un grand danger.

En résumé, cet engin était absolument remarquable pour l'époque.

Il avait une forme presque sphérique de 2^m,50 de diamètre et était construit en bois et cuivre.

FULTON, 1797. — Fulton, qui s'illustra par ses travaux sur la navigation à vapeur, réussit à

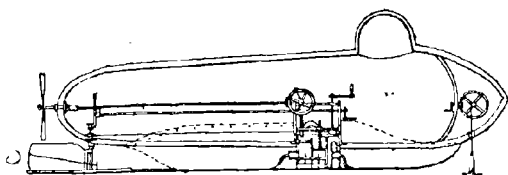


Fig. 1. — Le *Nautilus* de Fulton.

faire deux sous-marins qui fonctionnèrent d'une façon satisfaisante.

Le *Nautilus* (*fig. 1*), son premier navire, fut construit en France et essayé en 1801 d'abord en Seine devant le premier Consul, puis ensuite à Brest où il fit des expériences satisfaisantes. Le gouvernement français ne donna pourtant pas suite aux offres de Fulton qui passa en Angleterre où le lord Chef de l'Amirauté lui déclara que sa découverte était *l'arme des faibles* et ne convenait par conséquent pas à l'Angleterre, reine des mers.

Le *Nautilus* avait 6^m,50 de longueur et 2 mètres de diamètre.

Il était mû en immersion par une sorte d'hélice actionnée à bras, et à voile en émergence, et pourvu d'une ancre sur un treuil manœuvré de l'intérieur ; c'est le plomb-sonde encore en usage.

Fulton retourna en Amérique où il construisit un second navire qui n'eut pas plus de succès.

PHILLIP, 1851. — Phillip, qui était tailleur de son état, construisit deux sous-marins de 12 mètres de longueur, mais dont le premier avait 1^m,20 de diamètre et le second 1^m,50.

Ces bateaux avaient une hélice actionnée à bras. L'immersion se faisait par introduction d'eau. Seul, le deuxième navire construit était armé d'un canon sous-marin.

Peut-être est-ce en l'essayant que Phillip resta

avec son œuvre au fond du lac Erié : il n'est pas le seul auquel cette tragique aventure soit arrivée.

ALSTITT, 1863. — Nous ignorons si son projet fut exécuté. En tout cas, il mérite une place d'honneur comme première idée de *sous-marin autonome* à double moteur : vapeur en émer-sion et électricité en immersion.

Longueur 21 mètres, hauteur 3 mètres, la coque ayant une forme analogue à celle des bateaux ordinaires, ce qui était critiquable, immersion par introduction d'eau (*fig. 2*).

DAVIDS. — Vers la même époque que le projet Alstitt, de 1861 à 1865, furent construits, pour la guerre de sécession, plusieurs petits sous-marins, les *Davids* ayant de 8 à 10 mètres de longueur et de 1^m,60 à 2 mètres de diamètre, mus par une hélice et armés d'une torpille portée au bout d'une hampe.

Un de ces sous-marins coula le *Hoosatic*, mais paya de sa vie son triomphe. C'était à prévoir puisque la torpille portée éclatait à 2 ou 3 mètres du torpilleur : au sein d'une masse liquide les pressions se transmettent en tous sens, il n'y a donc rien d'étonnant qu'à une si faible distance la pression de l'explosion ait été assez forte pour écraser la coque. C'est sans doute ce

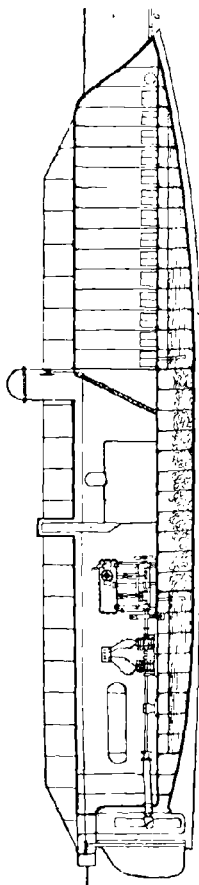


Fig. 2. — Sous-marin d'Alstitt.

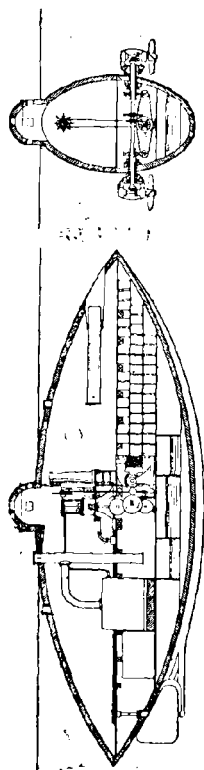


Fig. 3. — Sous-marin de Baker.

qui arriva aussi à Phillip, essayant son canon, c'est ce qui serait arrivé également à tous les sous-marins armés de torpilles *portées*.

D^r BARBOUR, 1869. — Construisit un bateau de 7 mètres de longueur sur 1 mètre de largeur et 1^m,60 de hauteur, il était en bois, métal et cuir. L'hélice était actionnée par un moteur à acide carbonique. La coque avait une épaisseur énorme.

En résumé, rien de sérieux.

HALSTEAD, 1872. — Construisit un sous-marin baptisé la *Baleine intelligente*, longueur 9 mètres, diamètre 2^m,65. L'hélice actionnée à bras et logée dans une cage avec gouvernail en dessous. Immersion par introduction d'eau, réservoir d'air comprimé, etc., ne fonctionna jamais.

BAKER, 1892. — Sous-marin autonome (*fig. 3*). Section transversale elliptique, le grand axe étant vertical. Ce bateau déplaçait 59 tonnes et était muni d'une chaudière chauffée au pétrole pour la navigation en émergence et d'une machine électrique avec accumulateurs pour la marche immergée. La coque était en bois doublée de cuivre. Elle était mue par deux hélices placées aux flancs du navire et recevant leur mouvement de pignons d'angle extérieurs. Ces hélices pouvaient s'incliner plus ou moins sur l'horizon, leurs axes restant toujours dans un plan paral-

lèle au diamètre du bâtiment. Le plus ou moins d'inclinaison des axes d'hélices faisait monter ou descendre l'engin.

Ce sous-marin original, mais plein de défauts, filait 8 nœuds avec 50 chevaux.

LAKE, 1896. — *L'Argonaute* (fig. 4) est plutôt un crabe qu'un poisson. Il a été construit pour servir aux travaux sous mer. Un poste situé à

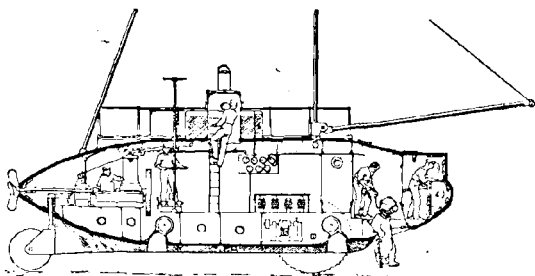


Fig. 4. — *L'Argonaute* de Lake,

l'avant donne accès dans un « sas » ou écluse qui permet à un scaphandrier de sortir du navire. Ce dernier repose au fond de l'eau sur trois roues dont deux motrices.

Cependant une hélice permet aussi de faire avancer le bateau.

Moteur à vapeur et moteur électrique, coque en acier. Immersion par introduction d'eau. Ce

bateau-crabe aurait donné, dit-on, d'assez bons résultats.

HOLLAND, 1875. — Ce constructeur a fait un grand nombre de sous-marins. Son premier, le *Holland*, date de 1875 et avait 5 mètres de longueur, 0^m,5 de large et 0^m,60 de hauteur. Un homme assis, presque couché dans le bateau, actionnait l'hélice par des pédales. L'immersion se faisait par introduction d'eau.

En 1881, fut construit le *Holland n° 2*, longueur 9^m,5, diamètre 1^m,8, déplacement 19 tonnes, moteur à pétrole avec réserve d'air pour la plongée; armé d'un canon pneumatique.

A la suite du concours de 1894, aux États-Unis, la préférence fut accordée au projet de navire autonome de Holland.

Le *Plunger* ou *Holland n° 3* (*fig. 5*) fut lancé à Baltimore en août 1897. Déplacement 150 tonnes lège et 168 tonnes en position de plongée, n'ayant plus alors que 250 kilogrammes de flottabilité. Longueur 26 mètres, diamètre 3^m,4. La coque, en acier de 12 millimètres d'épaisseur au milieu. Trois hélices. Chaudière Mather de 270 mètres de surface de chauffe, chauffée au pétrole.

Les deux hélices latérales reçoivent chacune 500 chevaux et font filer 15 nœuds au navire en émersion.

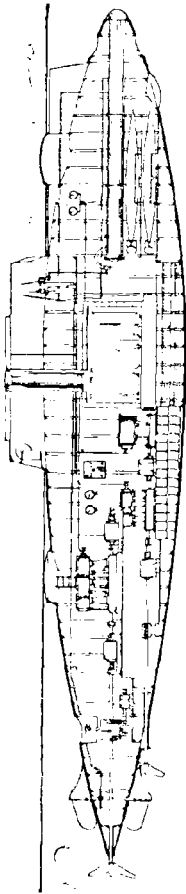


Fig. 5. — Le Plonger de Holland.

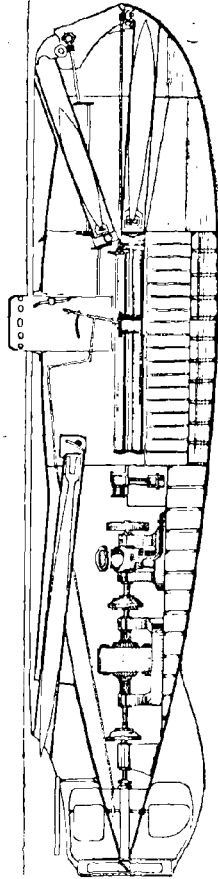


Fig. 6. — Le Holland n° 4.

L'hélice centrale reçoit 125 chevaux du moteur à vapeur et imprime alors une vitesse de huit nœuds. Sur le même arbre sont attelées des génératrices électriques pour la recharge des accumulateurs. Elles marchent en réceptrice pendant l'immersion.

Au repos, la plongée se fait par hélice verticale, en marche par gouvernails horizontaux ou de profondeur, situés à l'arrière comme dans les torpilles, ce qui est une erreur dans un sous-marin.

L'armement se compose d'un tube lance-torpille tirant dans l'axe vers l'avant.

Le *Holland n° 4* de 1896 (*fig. 6*) qui a, paraît-il, fait de bons essais, est une deuxième solution du sous-marin autonome à double jeu moteur.

Une seule hélice sur l'arbre, puis l'induit de machine électrique qui fonctionne en génératrice ou en réceptrice ou bien qui, déconnecté, ne sert plus que de volant pour le moteur à pétrole qui est aussi attelé directement au même arbre. Un embrayage permet de le dételer pendant la plongée ou lorsque la machine électrique sert seule de moteur.

Cette solution du problème qui se présente d'ailleurs naturellement à l'esprit, est extrêmement

élégante. Nous croyons qu'elle sera dans l'avenir la seule à triompher pour les sous-marins à grand rayon d'action.

Le *Holland n° 4* est construit dans les vrais idées de Holland, tandis que le *Plunger* était un Holland modifié par l'Amirauté Américaine.

Le *Holland n° 4* ne file que 8 nœuds, par simple raison d'économie, car il n'a été commandé par aucun gouvernement.

Il a 15^m,60 de longueur et déplace 64 tonnes lège et 74 tonnes en plongée. Il a 21 tonnes d'accumulateurs électriques et un moteur en gasoline de 50 chevaux. Il est muni d'un appareil automatique maintenant la direction de plongée ; d'autres sous-marins qui ont une bonne stabilité de route, n'en ont pas besoin, ce qui est encore préférable.

L'armement se compose de trois tubes lance-torpilles. Un pour torpille Whitehead, le deuxième pour torpille à la dynamite et le troisième pour torpille aérienne. Il avait, croyons-nous, été inspiré à Holland par le lieutenant W. W. Kimball de la marine des États-Unis. Cet officier est l'auteur d'un intéressant essai de tactique des sous-marins.

L'ESPAGNE

NARCISO MONTURIOL, vers 1855, construisit l'*Icteneo* de 17 mètres de longueur et de 3 mètres de largeur avec lequel il fit un grand nombre d'expériences satisfaisantes, à Barcelone et à Alicante. Malgré l'emploi d'un moteur à vapeur, l'*Icteneo* pouvait rester très longtemps sous l'eau. Ce point est très intéressant, car la chaleur a presque toujours rendu les sous-marins à vapeur inhabitables.

ISAAC PERAL, 1880. — Ce lieutenant de la marine espagnole construisit un sous-marin portant son nom. Les frais furent couverts par souscription publique.

Le *Peral* (fig. 7) est le vrai précurseur des *Gymnote*, *Zédé*, etc. Il marcha à peu près bien ; il y eut un engouement extraordinaire en Espagne, puis on s'aperçut des défauts du navire et au lieu de travailler pour y remédier, on les exagéra et finalement, on abandonna tout.

Les accumulateurs électriques ont une large part dans les découragements de cette époque.

Le *Peral* avait 22 mètres de longueur et 2^m,87 de diamètre. Il déplaçait 87 tonnes. Immersion par introduction d'eau. Les gouver-

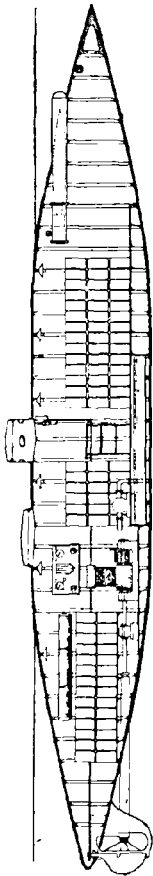


Fig. 7. — Sous-marin de Pearl.

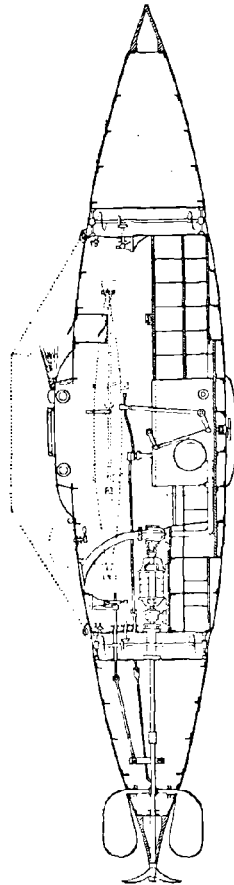


Fig. 8. — Sous-marin de Waddington.

nails de plongée étaient aussi mal compris que les premiers du *Gymnote*. Comme Zédé, le lieutenant Peral s'était aussi trop laissé guider par la torpille automobile. Ce fut une des causes de son échec.

L'armement se composait d'un tube lance-torpilles tirant en chasse. Le cône d'étrave du navire était fortement blindé pour servir d'éperon. Cette dernière arme était d'un usage très contestable.

Les expériences du *Peral* furent présidées par l'Amiral Montojo, qui en fut tellement enthousiasmé, qu'il déclara la flotte espagnole invincible à l'avenir. Hélas, quelques années plus tard, blessé à Cavite, son fils tué à ses côtés, son escadre entièrement détruite, il dut regretter amèrement, en voyant les brillants résultats obtenus par la France, que l'Espagne n'eut pas persévéré dans la voie tracée par le lieutenant Peral, qui seul eût pu la préserver du désastre. Avec de très faibles modifications, le sous-marin espagnol serait encore aujourd'hui un navire de valeur.

L'ANGLETERRE

L'Angleterre, quoique pays essentiellement maritime et comptant d'innombrables constructeurs de navire, est un de ceux qui ont le moins

contribué, relativement, à la solution du problème de la navigation sous-marine.

Ceci n'a rien d'étonnant quand on songe que cette nouvelle arme ne pouvait que lui porter préjudice. On compte encore cependant :

JOHNSON qui, au commencement du XIX^e siècle, fit naviguer sous la Tamise un sous-marin qui fut confisqué par le gouvernement anglais.

On prête à **Johnson** d'avoir projeté de délivrer l'empereur Napoléon I^{er}, à l'aide de son bateau

.

Quoi qu'il en soit, le fait de le lui avoir confisqué, laisse libre de lui supposer une certaine valeur pour l'époque.

DAVI qui construisit, en 1883, un sous-marin nommé le *Démon*. Longueur 15^m,50, diamètre 2^m,25, moteur à air comprimé, immersion par gouvernail horizontal, armé d'une torpille automobile.

CAMPBELL ET ASH, 1885. — Sous-marin à deux hélices mues électriquement. Immersion par réduction de volume au moyen de pistons actionnés par des vis.

HAIGHT ET WOOD, 1886. — Sous-marin à flotteur. Longueur 25 mètres, diamètre 1^m,75. Mû par une hélice actionnée par un moteur à acide

carbonique liquéfié. Immersion par introduction d'eau. Armé de torpilles.

WADDINGTON, 1886. — Sous-marin électrique de 11^m,30 et 1^m,85 de diamètre (*fig. 8*). L'immersion et l'assiette s'obtiennent par le jeu d'hélices verticales placées dans des puits. L'avant, muni d'un cône éperon comme le *Peral* espagnol, et tout aussi illusoire comme emploi. Armé de torpilles automobiles placées extérieurement au bateau.

L'ITALIE

DONATO TOMASSI, 1876. — Nous croyons que son navire est toujours resté à l'état de projet, fort heureusement. Il s'agit ici d'un sous-marin relié à un énorme flotteur par deux grosses colonnes verticales en fonte creuse. On voit tous les inconvénients d'un semblable système sans saisir aucun des avantages.

PIATTI DEL POZZO, 1894. — Son navire se composait de 7 sphères creuses enveloppées par une coque en fuseau. Au milieu, la plus grosse des sphères, puis trois autres de rayon décroissant venant occuper la partie avant, et autant à l'arrière. La sphère centrale pouvait se déta-

cher, en cas de besoin, pour remonter à la surface en abandonnant le navire bien entendu.

Tout ceci n'avait absolument rien de pratique ni de sérieux. Longueur 22^m,50, diamètre 3^m,50. Une hélice mue par un moteur indéterminé.

M. Piatti del Pozzo construisit encore, en France, un autre sous-marin complètement sphérique qu'il baptisait le *Travailleur des Mers*. L'idée première était assurément fort intéressante, mais n'a rien de nouveau. La réalisation ne correspondit pas, croyons-nous, aux espérances de l'inventeur.

Ce bateau avait principalement pour but d'effectuer des travaux sous mer; de là la forme sphérique qui résiste le mieux aux pressions et donne aussi une évolution instantanée, mais ne convient nullement à la vitesse, d'ailleurs inutile en l'occurrence.

PULLINO. — M. Pullino, directeur des constructions navales italiennes, s'attaqua au problème dont la solution intéressait la marine nationale.

Le *Pullino* a 12 mètres de longueur et marche par accumulateurs. C'était un type d'étude comme le *Gymnote* en France. Les essais ayant été bons, on construisit le *Delfino* qui marche à 10 nœuds avec accumulateurs Julien.

Longueur 24 mètres. La plongée se fait par gouvernails horizontaux et 2 hélices à axes verticaux placées au quart de la longueur, à chaque extrémité du bateau. Armé de torpilles. En 1895, le *Delfino* ayant donné de bons résultats, la marine italienne décida la construction de l'*Audace*. En somme, tout porte à croire qu'on est dans la bonne voie de l'autre côté des Alpes.

LA SUÈDE

NORDENFELT. — Cet ingénieur construisit plusieurs sous-marins à vapeur avec réserve d'eau surchauffée pour la plongée.

Il expérimenta en 1885 son premier navire armé d'un tube lance-torpilles (*fig. 9*). Il fut livré à la Grèce, en 1886, après des essais retentissants. Une commission française alla assister aux expériences. Ses principales critiques furent : les difficultés de fermeture de la cheminée, la longueur de cette opération préliminaire à la plongée, la chaleur intense développée par la machine, la chaudière, et le réservoir d'eau surchauffée servant à alimenter la machine durant la plongée.

Ce bateau, qui était du prix de 225 000 francs,

n'a jamais été payé complètement à Nordenfelt qui a renoncé à parfaire son contrat.

Ce même constructeur mit en chantier, livrables en 1888 et 1890, deux autres bâtiments commandés par la Turquie : l'*Abd-ul-Hamid* et l'*Abd-ul-Medjid*. Un de ces bateaux fit des essais à Wilhemshaven et à Portsmouth en 1887.

Enfin un quatrième type, toujours du même constructeur, fit, en 1897, des essais entre Stockholm et Gottenbourg. Nous ignorons ce qu'il est devenu.

L'appareil moteur de tous ces navires était analogue à celui des tramways Lamm et Franek. Une chaudière avec cheminée à télescope, un réservoir d'eau chaude d'une capacité de 8 tonnes pour le sous-marin destiné à la Grèce et de 15 tonnes pour les deux autres destinés à la Turquie. Ces énormes masses d'eau chauffées à 150° rendaient la chaleur insupportable pendant la plongée. Celle-ci s'obtenait au moyen d'hélices à axes verticaux et de *gouvernails horizontaux placés à l'avant du navire*. Nous croyons que personne avant Nordenfelt n'avait réalisé cette bonne disposition des gouvernails de plongée que nous retrouverons par la suite, mais très perfectionnée sur tous les plongeurs français et qui est la seule pouvant donner de

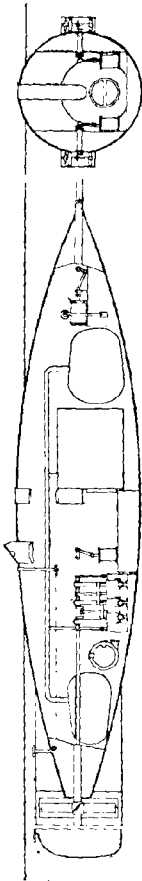


Fig. 9. — Sous-marin de Nordensfeldt.

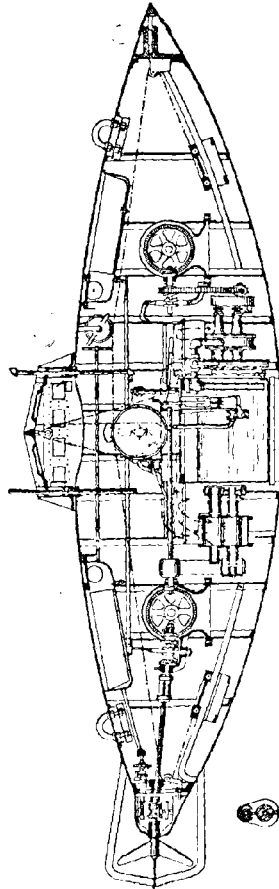


Fig. 10. — Sous-marin de Drzewiecki.

bons résultats, à l'inverse des torpilles automobiles qui, elles, réclament, pour d'autres motifs, leur gouvernail horizontal à l'arrière. Cependant, les sous-marins de Nordenfelt avaient une mauvaise *stabilité de profondeur* en marche.

Ce défaut doit être en partie attribué à la grande masse d'eau qui formait un lest liquide très défavorable au maintien de l'assiette. En revanche, il y avait là une sécurité pour remonter à la surface de l'eau en allégeant le navire par une extraction d'eau.

En émergence, les navires de Nordenfelt donnèrent de bons résultats. Ils avaient 150 milles de rayon d'action.

En résumé, ce constructeur n'a pas été sans mérite et il n'est pas prouvé que le système moteur qu'il préconise ne puisse encore, repris sur d'autres bases, donner de bons résultats.

LA RUSSIE

DRZEWIECKY. — Cet ingénieur, comme Holland et Nordenfelt, construisit plusieurs sous-marins. Les uns actionnés par des rames, les autres par hélice mue par des pédales, enfin les derniers, électriques. Ces petits bâtiments furent livrés de 1877 à 1884.

L'idée était de régler l'assiette longitudinale en immersion par un déplacement de poids en longueur. C'est possible, le sous-marin étant immobile en eau dormante ; mais en marche, c'est une utopie, car les efforts hydrodynamiques qui tendent à faire varier l'assiette du sous-marin ont des valeurs telles, fût-ce à très petite vitesse, qu'il faudrait déplacer un poids gigantesque pour les combattre. Et même y arriverait-on, qu'on ne pourrait jamais trouver le point exact d'équilibre ; autant vaudrait chercher à se servir d'une balance de précision au milieu des efforts de la tempête.

Sur le premier sous-marin de M. Drzewiecky (*fig. 10*) le poids était entraîné par un écrou commandé par une vis.

Les expériences eurent lieu à Odessa en 1877 devant le tzarewitch (plus tard, empereur Alexandre III) et aboutirent à la commande de cinquante petits navires dont la plupart des pièces furent exécutées à Paris chez Piat, constructeur, rue Saint-Maur, qui employait à l'époque un dessinateur du nom de Goubet : c'était le frère de M. Clovis Goubet qui, depuis, fit tant de bruit dans la navigation sous-marine.

Des cinquante sous-marins minuscules de M. Drzewiecky, vingt-cinq sont à Cronstadt et

vingt-cinq à Sébastopol, tous hors d'usage. Dans les derniers construits, le poids était remplacé par l'eau des ballasts, ce qui était encore pis à cause des déplacements du liquide. Dans une expérience, l'amiral Pilkine voulut se rendre compte du fonctionnement de ces engins. Le sous-marin alla au fond sans pouvoir remonter, sans doute à cause de la pression que les pompes ne pouvaient plus vaincre. On ne le retrouva que plusieurs heures après, grâce à quelques bulles d'air. Ce fut le dernier essai des « Drzewiecky ». Il prouvait une fois de plus le danger de la plongée sans *flottabilité restante*. Cela n'empêcha pas M. Goubet de reprendre le système en France et de passer par des émotions analogues en rade de Cherbourg.

Ce fut aussi sur un sous-marin de Drzewiecky que fut appliquée, pour la première fois, l'hélice mobile remplaçant le gouvernail. Il était facile, d'après ce que nous savons de la sensibilité des torpilles automobiles, de prévoir qu'avec le jeu du joint de l'arbre (genre double cardan), le sous-marin n'aurait plus aucune stabilité de route. C'est ce qui arriva.

M. Drzewiecky présenta, en 1897, au concours de la marine, un projet de navire mixte. Appareil moteur composé de deux turbines Laval de

300 chevaux actionnant à 600 tours deux arbres portant chacun douze ailes d'hélices. Chaudière du Temple chauffée au pétrole, vitesse maxima 15 nœuds et rayon d'action de 720 milles. Pour la plongée, une batterie d'accumulateurs alimentant des moteurs électriques de 150 chevaux. Vitesse correspondante : 10 nœuds.

Ce projet fut primé 3 000 francs.

La Marine n'en retint que le système d'armement composé de deux appareils à pointage variable placés dans la région inférieure du sous-marin et permettant de tirer les torpilles par le travers.

L'un de ces appareils a été expérimenté à Cherbourg et arme le *Narval*, après nombreuses modifications, bien entendu.

Depuis le concours de 1897, M. Drzewiecky renonçant aux sous-marins proprement dits, présenta à la Marine un projet de semi-submersible dit *torpilleur aquablindé*. C'est un peu l'idée d'un vieux projet de M. Laganne, ancien ingénieur de la Marine et directeur des Forges et Chantiers de la Méditerranée.

Le torpilleur de M. Drzewiecky conserve toujours hors de l'eau sa cheminée, un block-house et quelques manches à air. C'est donc une sorte de *monitor* torpilleur. Les parties vitales sont

recouvertes, au combat, de 2 mètres d'eau. La vitesse serait de 30 nœuds.

Armé de 6 tubes-carcasses orientables, pour torpilles automobiles.

LA FRANCE

Les Pères MARSENNE et FOURNIER firent des essais en 1660.

DAY, en 1660, en fit d'autres et resta au fond de l'eau.

OLIVIER RIOU, 1861. — Sous-marin de 12^m,50 et 3^m,20 de diamètre. Hélice actionnée par un moteur à vapeur avec éther comme combustible. Immersion par introduction d'eau.

TOUREAU, 1886. — Construisit l'*Hyponéon* de 7^m,25 de longueur et 1^m,80 de diamètre. L'immersion par introduction d'eau et la propulsion par réaction.

BOUCHER, 1885. — Sous-marin de 15 mètres de longueur et 4^m,50 de diamètre. Propulsion par hélice. Le bateau devait être muni de tampons pour le préserver des chocs qui, d'ailleurs, n'existaient que dans l'imagination de l'inventeur.

D'ALLEST, 1886. — Sous-marin chauffé au pétrole. Longueur, 19 mètres. Diamètre au fort,

2 mètres. Immersion par introduction d'eau et plongée par gouvernail placé à l'arrière.

Goubet, 1889. — M. Goubet, élève de l'école de M. Drzewiecky, renouvela toutes ses erreurs. Le *Goubet n° 1* avait environ 5 mètres de longueur sur 1^m,60 de diamètre. Propulsion par hélice orientable servant aussi à la direction. Pour permettre l'orientabilité de l'hélice, l'arbre est muni à sa sortie du navire d'un joint sphérique étudié par M. Resal, de l'Institut, et qui revient à un double joint à la Cardan, où les axes sont remplacés par des rotules, et ayant pour but de compenser les variations de vitesse angulaire dans une même révolution des arbres.

Le *Goubet n° 1*, actionné par l'électricité, avec des piles comme source d'énergie, fit à Cherbourg des expériences qui firent beaucoup de bruit, grâce à la presse. Dans l'une d'elles, M. Goubet faillit rester au fond de la rade en compagnie d'un publiciste connu, M. Émile Gautier.

C'était une fois encore la démonstration des graves dangers de l'immersion par introduction d'eau sans flottabilité restante. Heureusement que M. Goubet avait tout particulièrement soigné le système de déclanchement du poids de sécurité placé sous la coque : ce fut le salut.

Le *Goubet n° 2*, pareil au précédent, mais un peu plus grand, est muni d'accumulateurs Laurent-Cély et d'un moteur de quatre chevaux. Ici c'est le pilote qui, étant assis sur un tabouret à coulisses, joue le rôle du poids mobile des bateaux de Drzewiecky..

Ce navire fut commandé par M. l'amiral Proença représentant le gouvernement brésilien en Europe. Il ne fut pas entièrement payé à son auteur qui ne le présenta jamais en recette officielle au gouvernement brésilien. M. Goubet l'a offert, en 1899, à la Marine française qui l'a autorisé à se rendre à Toulon pour y procéder à des essais qui durèrent deux ans et n'aboutirent pas plus que ceux de Cherbourg en 1889.

Le *Goubet n° 2* était armé, *en principe*, de deux tubes-carcasses pour torpilles automobiles, placés sur ses flancs et tirant dans l'axe. Cet armement n'a jamais fonctionné. Il devait présenter un progrès sur son devancier, par l'emploi d'un régulateur automatique.

Voici en quoi consistait cet appareil qui n'a d'ailleurs jamais pu fonctionner, et même, l'aurait-il fait, que son action eût été nulle comme il est facile de s'en rendre compte :

Un manomètre de profondeur, donne par contact électrique de l'aiguille pour une profondeur

donnée, l'embrayage d'un piston qui se déplace dans un corps de pompe d'un volume de 5 à 6 litres. L'appareil était placé dans la région arrière du navire. C'était le moteur principal qui actionnait le tout. L'inventeur espérait donc obtenir la stabilité de profondeur en marche, en admettant ou expulsant 6 litres d'eau de la région arrière ! Ceci prouve bien qu'il ne se rendait nullement compte des efforts hydrodynamiques qui agissent extérieurement sur la coque, le navire en marche. Ces efforts sont tels qu'ils ne peuvent être combattus que par eux-mêmes, c'est-à-dire par leur action sur des gouvernails ou ailerons.

La coque des deux *Goubet n° 1* et *2* absorbe les deux tiers du déplacement total. Ces sous-marins, s'il est permis de leur donner ce nom, n'ont aucune *stabilité de route* et ne peuvent pas se tenir *en marche* à une profondeur donnée, n'étant pourvus d'aucun aileron ni organe de plongée permettant de rester maître de leur assiette.

Leur vitesse est insignifiante : le n° 1 a un cheval de force et le n° 2 en a quatre. Ce sont là les principales causes de leur double échec auprès de la Marine française, sans compter l'absence d'appareil militaire sérieux.

BARON ET FOREST. — Vers 1891, M. Baron, dentiste à Montpellier, étudia avec M. Forest, ingénieur civil, un projet de sous-marin.

Déplacement 80 tonneaux. Moteur de 80 chevaux à pétrole pour la marche émergée et moteur électrique de 30 chevaux pour l'immersion avec des vitesses correspondantes de 7 nœuds et demi et 4 nœuds et demi. Rayon d'action de 800 milles. Ce projet fut présenté à la Marine et reçut l'objection du danger que présente l'emploi dans un sous-marin d'un hydrocarbure de 0,7 de densité.

Cette objection était-elle bien justifiée ? MM. Baron et Forest reçurent cependant la commande de deux moteurs de leur système, un pour canot et l'autre destiné à un phare.

FOREST. — Lors du concours ouvert par la Marine en 1897, M. Forest reprit seul l'étude d'un projet à moteur mixte.

C'est à beaucoup près le travail le plus sérieux présenté en France par une personne étrangère à la Marine.

Aussi son projet fut-il primé 3 000 francs par la commission et on engagea l'auteur à étudier un moteur à pétrole lourd pour torpilleur.

Le sous-marin de M. Forest devait être muni d'un moteur à pétrole lourd de 500 chevaux

pesant 12 tonnes et d'une dynamo de 200 chevaux avec accumulateurs électriques.

Déplacement 136 tonneaux. Rayon d'action de 630 milles. Longueur 33 mètres, diamètre 2^m,80. Immersion par introduction d'eau, plongée avec flottabilité restante par gouvernails horizontaux placés à l'arrière. Armé de tubes lance-torpilles.

LA MARINE FRANÇAISE

BRUNET BOURGOIS, 1865. — *Le Plongeur* (fig. 11) construit sur les plans de M. Brun, ingénieur de 1^{re} classe de la Marine et de l'amiral Bourgois, était mû par l'air comprimé et armé d'une torpille portée au bout d'une hampe. C'est la première tentative de la marine française dans la nouvelle voie. Ce bateau ne réussit pas, à cause de sa coque construite comme celle des bateaux ordinaires, du choix de l'air comprimé comme puissance motrice, de ses appareils de plongée mal compris, etc. Toutefois il contenait quelques dispositions de détail intéressantes.

Ce sous-marin était trop grand pour une première étude et il était venu trop tôt, la torpille automobile n'existant pas encore.



Fig. 11. — Le *Plongeur* de Brun et Bourgeois.

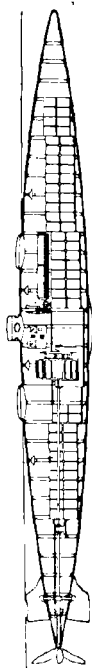


Fig. 12. — Le *Gigante* de Gustave Zédé.

CLÉMENT et JUHEL. — Dès 1876, MM. Clément, ingénieur de la marine et Jubel, mécanicien principal, présentèrent un projet de sous marin autonome. Vapeur en éersion et air comprimé en immersion. Le bateau devait plonger par le jeu de gouvernails horizontaux, avec une certaine flottabilité restante. Longueur, 27 mètres; déplacement total, 94 tonnes; vitesse maxima, 7^{n^{ds}}, 15. Ce projet n'eut pas de suite, on doit le regretter car il était fort intéressant pour l'époque.

DUPUY DE LÔME. — Vers 1883, Dupuy de Lôme et Gustave Zédé envisagèrent la possibilité d'un sous-marin. Ces ingénieurs célèbres se rendant compte de l'insuffisance des moteurs de l'époque ne crurent la réussite possible qu'à la suite des essais de moteur du capitaine Krebs, faits en vue de la direction des ballons. La mort empêcha Dupuy de Lôme de réaliser ses projets.

GUSTAVE ZÉDÉ, 1885. — M. Gustave Zédé continua seul l'œuvre ébauchée en compagnie de l'illustre constructeur.

Il était alors en retraite et dirigeait les Forges et Chantiers de la Méditerranée.

M. Gustave Zédé présenta son premier projet à l'amiral Peyron, Ministre de la Marine, qui n'y donna pas suite.

L'amiral Aube étant devenu ministre reprit

l'idée et lui demanda à nouveau ses plans. Il lui fut présenté une nouvelle étude, ressemblant d'ailleurs beaucoup à la première : ce fut le *Gymnote*.

Le *Gymnote* (fig. 12), 17^m,20 de longueur, 1^m,80 de diamètre maximum et déplaçant 29^{ts},30. La coque en acier avec virures assemblées à francs bords.

Moteur Krebs de 55 chevaux. Les premiers essais eurent lieu en 1888 et furent suffisamment satisfaisants pour autoriser la mise en chantier de la *Sirène*, baptisée depuis *Gustave Zédé* (fig. 13).

M. ROMAZZOTTI, ingénieur de la Marine, en fut chargé. Le *Gustave Zédé* a 48^m,50 de longueur et 3^m,20 de diamètre au fort et 267 tonnes de déplacement, ce qui laissait des craintes assez justifiées pour sa facilité d'évolution. Mais étant donnée la vitesse de 15 nœuds demandée par le grand État-Major et la capacité des accumulateurs électriques de l'époque, il n'était pas possible de réduire ces dimensions.

Toutefois, il faut reconnaître que, dès ce moment, M. Romazzotti préconisait la mise en chantier d'un type plus court ne filant que 13 nœuds, ce qui lui semblait, avec raison, bien suffisant pour la période de tâtonnement dans laquelle on

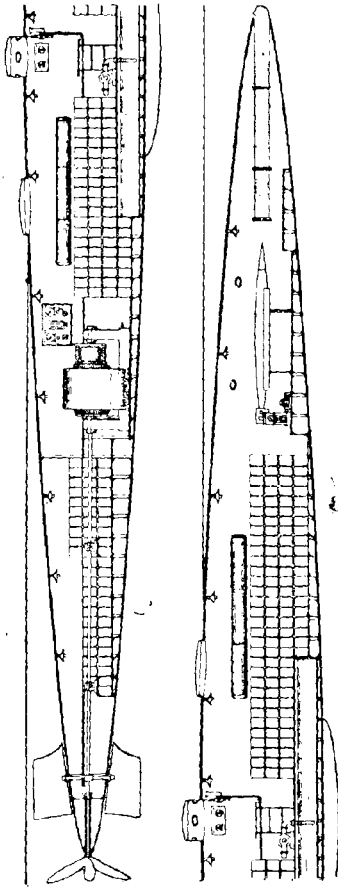


Fig. 13. — Le *Gustave Zédé* de Rouzzotti.

se trouvait encore. Son projet finit d'ailleurs par aboutir sous le nom de *Morse*.

Le *Morse* n'est donc qu'une réduction du *Gustave Zédé*, il a 35 mètres de longueur et 140 tonneaux de déplacement.

Sa plus grande particularité réside dans l'emploi de deux hélices latérales dites *évolueurs* placées à l'arrière du navire et montées sur un arbre horizontal transversal à la coque.

A la suite des brillants essais du *Gustave Zédé* devant M. Lockroy, Ministre de la Marine, le journal le *Matin* ouvrit une souscription pour un sous-marin.

Elle produisit environ 500 000 francs qui furent versés à la Marine ; celle-ci mit aussitôt en chantier le *Français* et l'*Algérien*, du type *Morse* mais avec coque en acier au lieu de bronze Roma, ce qui constitue une très notable économie et est d'un usage fort satisfaisant ainsi que le prouve le *Gymnote* qui compte déjà treize années d'existence.

C'était la crainte de l'acide des accumulateurs au plomb qui avait fait adopter le bronze pour la construction du *Zédé* et du *Morse*.

M. TERRÉ, ingénieur de la Marine, proposa, en 1890, un submersible genre Nordenfelt ayant un tiers de flottabilité en émergence. Il pouvait par-

courir 10 milles à 8 nœuds en immersion. Le conseil des travaux rejeta cet intéressant projet lui objectant les mauvais résultats des Nordenfelt.

M. MAUGAS, ingénieur de la Marine, très au courant des questions de sous-marins pour avoir été longtemps attaché au *Zédé* et au *Gymnote*, présenta, vers 1895, un projet caractérisé par l'emploi d'une sorte

de double coque et d'un poids considérable de lest (eau et plomb) représentant 15 % du déplacement total (fig. 14). L'avantage du système réside en ce que le sous-marin

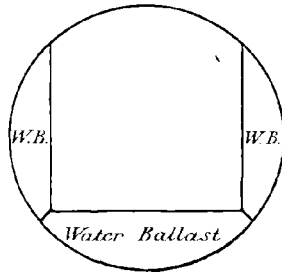


Fig. 14. — Coupe schématique des sous-marins Maugas.

pourrait encore remonter à la surface dans le cas où il aurait un compartiment latéral d'envahi. De plus, la navigation en émergence est améliorée par la grande flottabilité de la coque, lorsque les ballasts sont vides.

Longueur, 36 mètres; puissance électrique, 200 chevaux; déplacement, 180 tonnes; hélice réversible Maugas.

Ce projet a été l'objet de conclusions favorables au concours de 1897 et il fut décidé que, si on remettait encore des sous-marins électriques en chantier, on lui accorderait la préférence. C'est ce qui arriva en 1899. M. Maugas vit mettre en chantier à Rochefort, sur ses plans, les sous-marins *Gnome*, *Korrigan*, *Farfadet* et *Lutin*.

M. LAUBEUF. — Son projet de *submersible* à moteur mixte fut l'objet des préférences de la com-

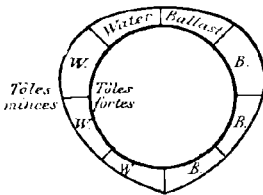


Fig. 15.

Coupe schématique du *Narval*.

mission d'examen au concours de 1897, qui décida immédiatement la mise en chantier du *Narval*.

Ce bateau *submersible* est caractérisé par l'emploi d'une double coque. Celle extérieure ressemble comme forme, aux torpilleurs ordinaires, et est en tôles légères.

Elle en contient une seconde à sections circulaires en tôles robustes destinée à supporter les pressions extérieures durant la plongée. L'espace entre les deux, forme de grands water-ballasts (fig. 15) qui, pendant l'immersion, restent constamment en communication avec l'extérieur afin que les pressions s'équilibrent sur les deux

faces du bordé enveloppe. En vidant les ballasts, le navire émerge suffisamment pour assurer une bonne navigabilité de surface. Le $r - a$ du navire en émerision se change en $r + a$ en immersion.

C'est une solution très élégante du sous-marin mixte et qui justifie bien le nouveau qualificatif de *submersible*. Cinq navires ont été construits jusqu'à ce jour sur ce type : *Narval*, *Espadon*, *Sirène*, *Silure*, *Triton*.

M. MAURICE, ingénieur de la Marine, a étudié une vedette à vapeur submersible sur un programme dressé par M. Romazzotti ; nous ignorons le sort qui a été fait à cette étude fort intéressante.

CHAPITRE II

—

HABITABILITÉ

L'habitabilité des sous-marins est le premier point du problème qui ait préoccupé les chercheurs. Nombreux sont les moyens prévus dans les anciens projets pour l'assurer.

En réalité, ils sont presque tous inutiles et un sous-marin, dès qu'il est assez grand pour que les hommes puissent s'y tenir, contient une provision d'air suffisante pour longtemps.

D'ailleurs, la plupart de ces navires ont des réservoirs d'air comprimé servant à la recharge des torpilles. Ceci permet de prolonger les plongées aussi longtemps qu'on le désire.

Quelques petits navires tels que les Drzewiecky russes ont des bouteilles d'acier contenant un ou 2 mètres cubes d'oxygène à 100 atmosphères. C'est un système de régénération de l'air dont il ne conviendrait pas d'abuser.

On a proposé divers moyens pour épurer l'air. En réalité, l'acide carbonique qui se forme ne gêne pas pratiquement la respiration et pourvu qu'on prenne la précaution de débarrasser l'atmosphère du sous-marin de la vapeur d'eau expirée des poumons de l'équipage, le séjour n'y a absolument rien d'incommodant.

Dans les bâtiments électriques, l'assèchement de l'air est encore nécessaire pour éviter les pertes de fluide qui se produisent lorsque les isolants sont recouverts de buées. C'est d'ailleurs l'humidité qui oblige à ne pas dépasser pour l'appareil moteur des tensions supérieures à 120 volts.

Le problème de l'habitabilité n'existe donc pour ainsi dire pas, sauf dans les types à vapeur, où il est d'ailleurs fort mal résolu et laisse encore le champ libre à toutes les recherches. Les expériences de Nordenfelt l'ont prouvé.

Toutefois, dans de très petits navires, il pourrait être bon de prévoir en cas de longue plongée, ou simplement, dans le cas où l'état de la mer ne permettrait pas d'ouvrir de longtemps le capot, un appareil d'épuration d'air, permettant de supprimer tout au moins l'acide carbonique et la vapeur d'eau. Pour atteindre ce résultat, il suffit de chasser l'air à travers un récipient

contenant un carbonate quelconque qui, au contact de l'acide carbonique, se transforme en bicarbonate.

L'excès de vapeur d'eau peut être absorbé par de l'acide sulfurique.

Il serait également possible de se débarrasser de l'hydrogène sulfuré venant des accumulateurs.

En résumé, l'habitabilité est de beaucoup la qualité la plus facile à atteindre.

CHAPITRE III

LA VUE

Durant longtemps, le problème de la navigation sous-marine sembla subordonné à celui de la vision à travers l'opacité des eaux qui, lui, est très vraisemblablement insoluble.

L'expérience prouve que, par un beau soleil de midi, dans les eaux les plus claires et par dix mètres de profondeur environ, notre œil n'aperçoit plus que des formes vagues dans le cas d'un objet volumineux, telle une patte d'ancre, dès que la distance atteint une quinzaine de mètres. Si l'eau devient plus trouble, cette distance diminue énormément et sitôt que le soleil baisse sur l'horizon ou que la profondeur augmente, il en est de même.

Un éclairage électrique puissant pourrait, dans une certaine mesure, remédier à cette dernière difficulté, mais non à la première qui, ne se rencontre d'ailleurs que dans les rades, ports et rivières et presque jamais au large.

L'œil du poisson est-il fait d'une façon spéciale lui permettant de voir à travers l'eau plus loin que le nôtre ? Tout porte à croire que non, et que les poissons n'ont jamais qu'un faible champ de vue, et même pas du tout, pour les espèces vivant par les très grandes profondeurs où la lumière n'arrive pas, ou dans certains lacs souterrains.

L'œil finit, dans certains cas, par disparaître faute d'utilité. En revanche, les poissons semblent doués de facultés instinctives spéciales, telles que le sens de la direction ou orientation, l'odorat ou goût, une sensibilité de toucher extraordinaire, etc.

Lorsqu'on est au fond de l'eau ou simplement à une profondeur de quelques mètres au sein de la masse liquide, l'éclairage, par beau soleil, ne peut être mieux comparé qu'à celui d'une vaste salle circulaire recevant sa clarté exclusivement par en haut.

La réfraction de la lumière dans l'eau est la cause de ce phénomène. Si on regarde par un hublot supérieur, en sous-marin, ou par la vitre frontale si on est dans l'appareil scaphandre, on voit alors un vaste cercle lumineux dont le diamètre sous-tend dans l'œil de l'observateur un angle d'environ 60°. Passé ce cercle d'eau lumi-

neuse, le restant du liquide est obscur. La limite entre la région lumineuse et celle non éclairée n'est jamais très régulière à cause de l'agitation de la surface de la mer. Plus celle-ci est agitée, plus le cercle lumineux se déforme et se reforme.

Les rayons solaires pâlissent très rapidement à mesure qu'augmente la profondeur. Ils varient d'ailleurs à chaque instant d'intensité lorsque la surface de l'eau est en mouvement. Si la profondeur dépasse une douzaine de mètres, dès que le soleil baisse sur l'horizon, l'obliquité des rayons les empêche, à cause de la réfraction, de pénétrer jusqu'à ces profondeurs relativement faibles et la nuit sous-marine précède de longtemps le coucher de l'astre.

Le long des côtes, la couleur de l'eau varie beaucoup, non seulement d'un endroit à un autre, mais même dans une même place, suivant que les courants viennent du large apportant des eaux claires, ou de terre apportant des eaux chargées de matières étrangères.

D'une façon générale, l'eau, vue du sein de la masse, a une couleur bleu verdâtre qui se communique à tous les objets, d'autant plus que l'on plonge plus bas et que la distance entre l'œil et ces derniers est plus grande.

Les animaux et tous les corps ayant des teintes

rouges, semblent noirs par vingt mètres de profondeur, alors qu'au contraire ceux dont la couleur est verdâtre comme les algues, conservent leurs teintes relativement claires. Les yeux s'habituent vite à la clarté bleuâtre sous-marine et lorsqu'ils revoient la lumière du plein jour les objets leur semblent durant quelques instants tous teintés de rouge. La conclusion de ces observations est que les rayons rouges sont très absorbés par l'eau, tandis que les bleus le sont beaucoup moins. Ceci nous explique pourquoi l'éclairage électrique à arc convient si bien aux travaux sous l'eau. En mettant à l'avant d'un sous-marin un très puissant foyer électrique on pourrait voir suffisamment la route à cinquante mètres devant le navire.

Quoi qu'il en soit, le faible champ de vue sous-marin est encore suffisant pour les travaux des scaphandriers et le serait aussi pour permettre à un sous-marin construit dans ce but de se livrer à la reconnaissance des épaves. Ce côté de la navigation sous-marine a été bien trop négligé jusqu'à présent, mais sera sûrement repris un jour. Il sera sans doute la source de forts beaux bénéfices pour les industriels qui seront assez hardis pour l'entreprendre.

La grande utilité du sous-marin, quant à présent, est militaire. Le navire marchant à 10 centimètres au-dessous de l'eau est invisible et invulnérable, comme l'ont prouvé, dès 1890, les essais du *Gymnote*.

Mais à cette très faible profondeur qui peut même être portée à 40 ou 50 centimètres pour plus de sécurité, on peut encore découvrir tout l'horizon, grâce à des appareils optiques, qui, quoique émergeant au-dessus des flots, sont quasi impossibles à voir, même lorsqu'on est averti de la présence de l'engin, ce qui, dans la pratique de la guerre, ne serait pas.

La **lunette de Drzewiecky** se compose d'un tube ayant à chaque extrémité un prisme droit à réflexion totale. La lunette coulisse dans un presse-étoupe. On peut donc la faire rentrer ou sortir du navire et, de plus, en la faisant tourner, autour de son axe, on parcourt tout l'horizon.

Ce système, d'une grande simplicité, est peut-être le meilleur. Le champ de vue est trop petit dans les appareils construits par Drzewiecky, le tube n'ayant que 50 millimètres de diamètre, environ. On ne peut donc y regarder que d'un œil ce qui est très insuffisant et ne permet pas

d'évaluer les distances, sauf avec une très grande habitude.

Mais, construit avec un diamètre de 300 millimètres comme la plupart des appareils de la Marine, ou même seulement de 200 millimètres, nous ne doutons pas qu'il puisse rendre d'excellents services. Les images sont vues, à travers cette lunette, droites, non déformées, en vraie grandeur et insensiblement affaiblies, au point qu'on croit voir les objets directement. Ce sont là des qualités très précieuses qui compensent largement le peu d'étendue du champ de vue.

Périscope du colonel Mangin (fig. 16). —

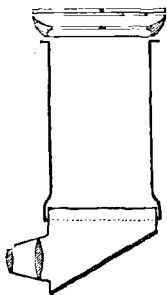


Fig. 16. — Périscope du colonel Mangin.

Il se compose d'une couronne circulaire en cristal dont la section à une forme triangulaire limitée par des courbes.

L'image de l'horizon vient se former sur un petit miroir que l'on regarde à l'aide d'un microscope. Les objets sont déformés, affaiblis et pas en vraie grandeur. Ça n'est, en somme, pas pratique.

L'appareil a 300 millimètres de diamètre et

1 mètre de hauteur. Il coulisse dans un presse-étoupe.

Périscopé du commandant Darrieus (*fig. 17*). — M. Darrieus, capitaine de frégate, qui commanda dans le grade de lieutenant de vaisseau plusieurs sous-marins, est l'inventeur d'un périscopé qui se compose de deux anneaux en cristal à profil triangulaire.

L'un au-dessus de l'horizon reflète les images sur l'autre placé en-dessous. Le petit miroir placé au centre du prisme circulaire inférieur, reçoit à son tour l'image et la renvoie sur un second et dernier miroir où l'œil la voit. C'est, en somme, l'appareil de Drzewiecky, mais les petits prismes droits sont remplacés ici par

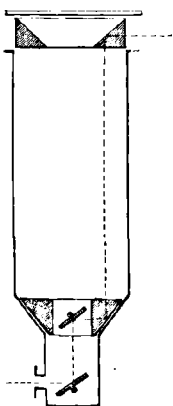


Fig. 17. — Périscopé du commandant Darrieus.

des anneaux qui embrassent tout l'horizon. Le champ en hauteur reste de 4° seulement, ce qui est à la rigueur suffisant. Quant au champ en largeur, pour le parcourir, il faut faire tourner les miroirs; autant vaut donc faire tourner tout le tube comme dans la lunette à prismes droits.

De plus, les images sont affaiblies par la quadruple réflexion qu'elles subissent. Le périscope de M. Darricus a 1 mètre de hauteur et 30 centimètres de diamètre et coulisse dans un presse-étoupe.

Lunette de M. Romazzotti. — C'est un tube de 1 mètre de hauteur sur 30 centimètres de diamètre. La partie haute est formée par une glace cylindrique sans tain qui laisse entrer les rayons. Ceux-ci tombent sur un miroir incliné qui les renvoie sur un autre placé au-dessous où une loupe permet de les lire facilement. Un mécanisme permet de faire varier l'inclinaison du miroir supérieur et de la lentille de lecture ce qui augmente d'autant le champ en hauteur. Celui-ci est de 25° . Le champ horizontal est de 40° et, en faisant tourner l'appareil, on parcourt tout l'horizon.

Lunette de MM. Garnier et Romazzotti (*fig.* 18). — Le tube a toujours les mêmes dimensions, 1 mètre de longueur et 300 millimètres de diamètre.

Les rayons entrent par une lentille convergente placée debout, sont réfléchis à 90° par un prisme à réflexion totale, puis déviés par une

lentille horizontale qui les fait tomber sur un deuxième prisme d'où ils ressortent à 90° pour traverser une troisième lentille devant laquelle se trouve l'œil de l'observateur.

C'est, en somme, l'appareil à prismes déjà décrit avec le progrès des lentilles qui donnent un champ de vue de près de 50° tant en hauteur qu'horizontalement, sans toucher à l'appareil. De plus en le faisant tourner on voit tout l'horizon. Malheureusement les trois lentilles diminuent la clarté.

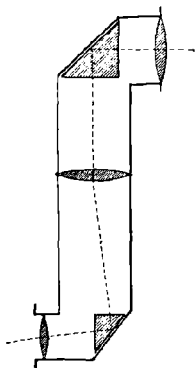


Fig. 18. — Lunette périscopique de MM. Garnier et Romazzotti.

MM. **Daveling** et **Violette** ont construit sur le même système que l'appareil Garnier et Romazzotti, un périscope de $3^m,50$ de longueur et de 50 millimètres de diamètre. Le malheur est que les images sont très petites et nous croyons qu'il serait impossible de diriger, dans une manœuvre, un sous-marin avec de semblables images devant les yeux. Le tube de cette grande lunette se rabat sur le pont du sous-marin.

En résumé, nous croyons que l'appareil vraiment pratique est celui à deux prismes droits employé par M. Drzewiecky, mais à la condition de donner au moins 150 millimètres de diamètre au tube pour une longueur de 0^m,50. Le champ en hauteur aura alors 18° environ, ce qui est suffisant. Horizontalement, il aura la même valeur et, en faisant tourner l'appareil, on pourrait voir tout l'horizon. Dans un semblable instrument, on regarderait *avec les deux yeux* et on y verrait *des images droites, en vraie grandeur, non déformées et d'une clarté parfaite.*

CHAPITRE IV

INSTRUMENTS DE ROUTE

La navigation sous-marine nécessite, en plus d'un appareil de vision extérieure, des dispositifs spéciaux pour permettre de s'orienter sous l'eau.

Compas. — La boussole exige à bord des sous-marins de très sérieuses études de compensation.

Les causes perturbatrices qui agissent sont le voisinage immédiat de la coque métallique (sauf pour les navires en bronze) et l'influence des courants électriques.

La meilleure position pour le compas est de le renverser sur le pont de façon à ce qu'il soit extérieur à la coque. Une glace épaisse permet la lecture de l'intérieur. On cherchera aussi à l'éloigner le plus possible du moteur électrique.

Grâce à ces précautions, cet instrument rendra

de très réels services, tout en restant un peu paresseux.

Gyroscope. — On connaît la propriété de cet appareil. Son axe cherche toujours à conserver sa direction primitive, une fois le volant lancé.

L'instrument se compose donc, en principe, d'un lourd volant actionné par un petit moteur électrique, tournant très vite. Le tout est monté sur pivot aussi sensible que possible. Le rôle est absolument le même que celui de la boussole, mais ici l'effort de rappel étant purement mécanique, les causes perturbatrices, qui agissent sur l'aiguille aimantée, restent sans effet sur le gyroscope.

Malheureusement, d'autres forces (les frottements) interviennent, qui font que l'appareil se dérègle vite. Pourtant les derniers gyroscopes construits, qui diffèrent sensiblement du premier du *Gymnote*, se comportent incomparablement mieux. Le progrès aidant, nos constructeurs d'appareils de précision finiront par nous doter du gyroscope presque parfait, la perfection n'étant pas de ce monde.

Le premier instrument employé était dû au capitaine Krebs.

Plomb-sonde. — Cet appareil est une sonde sous-marine destinée à plusieurs usages. Il se compose d'un treuil dans un puits étanche en communication, par en bas, avec la mer. L'axe du treuil entre dans le navire par un presse-étoupe. Une manivelle permet d'enrouler ou de dérouler le fil de sonde au bout duquel est fixé un plomb assez lourd. Des repères permettent de savoir de combien on a laissé courir de fil.

Le plomb-sonde sert non seulement à mesurer le fond, mais surtout à permettre au sous-marin de se tenir facilement immobile entre deux eaux. Le plomb-sonde est aussi l'ancre du sous-marin. C'est, en somme, un appareil très simple, très particulier et qui est d'une incontestable utilité.

Manomètres. — La navigation sous-marine nécessite, bien entendu, des manomètres indiquant toujours la pression extérieure et, par conséquent, la profondeur à laquelle se trouve le navire. Il y a toujours plusieurs manomètres. Les uns à l'avant, les autres à l'arrière. Les uns gradués en mètres d'eau et d'autres plus sensibles en décimètres d'eau.

CHAPITRE V

—

SÉCURITÉ ET APPAREILS DE SÛRETÉ

La sécurité du sous-marin et du submersible dépend d'un ensemble de mesures de prévoyance qui diffère complètement de celles employées à bord des navires ordinaires.

Cloisons étanches. — En effet, il ne faut pas espérer utiliser sérieusement des cloisons étanches à part la cloison d'abordage. Le seul essai de cloisonnement multiple est dû à M. Maugas à bord des *Gnome*, *Lutin*, *Farfadet* et *Korrigan*. Les compartiments en abord sont séparés du reste de la coque par des cloisons étanches.

La précaution n'a guère de valeur que lorsque le navire navigue en émergence, car, pour l'immersion, il est obligé de remplir ces compartiments. En un mot, on peut dire que toute voie d'eau

un peu sérieuse qui se produirait à un sous-marin immergé serait fatale.

Les submersibles du type *Narval* sont dans de meilleures conditions de sécurité, la coque sous-marine proprement dite étant entourée complètement par la coque mince de navigation en émerision qui, elle, est divisée en un grand nombre de compartiments.

Il est cependant bon de remarquer ici que l'absence de cloisons étanches dans un sous-marin constitue un danger moins grave qu'il ne paraît *a priori*. En effet, quelles sont les causes ordinaires des voies d'eau graves ? L'échouage sur des récifs, l'abordage par un autre navire et les coups' de l'artillerie ou des torpilles ennemies.

Or, pour les sous-marins, les chances de voir se produire de pareilles éventualités sont presque nulles lorsqu'ils naviguent immergés. En effet, dans le cas de l'immersion totale, sauf une très faible flottabilité restante, le sous-marin est en équilibre de poids, dans l'eau, c'est-à-dire qu'un très faible effort suffit pour le faire monter ou descendre : vient-il alors à rencontrer une roche, à peine l'a-t-il touchée qu'il bondit par dessus sans aucun dommage, alors qu'au contraire, un navire ordinaire *touchant* aurait déjaugeé d'une

certaine quantité, étant soulevé par la composante verticale de réaction sur la roche et pesant alors de tout le poids de la déjauge en un seul point de sa coque, l'aurait crevée.

La même observation s'applique à l'abordage : les navires ordinaires sont maintenus par leur flottabilité dans un même plan qui est celui de la surface de l'eau. Viennent-ils à se rencontrer, ils se brisent ne pouvant quitter ce plan, alors qu'au contraire, des sous-marins passeront dès le premier effort dans des plans différents, sauf le cas d'une attaque normale de la surface de l'un d'eux, cas d'une rareté plus qu'extraordinaire.

De plus, leurs chances de rencontre sont évidemment beaucoup plus rares que celles des navires ordinaires, puisqu'il faut qu'ils se rencontrent dans l'espace au lieu de se rencontrer dans un plan. Ceci dit pour les sous-marins naviguant en immersion totale.

Les dernières causes de voie d'eau, celles venant du tir de l'artillerie ennemie et de ses torpilles sont encore beaucoup plus improbables. On remarquera, au Chapitre de la *Tactique*, qu'elles sont considérées comme nulles à la Marine française, depuis les essais de tir dirigés contre les sous-marins, faits en 1891 par la *Couronne*, et

de beaucoup d'autres depuis, qui ont toujours invariablement prouvé l'invulnérabilité absolue des sous-marins.

On voit, par cette très rapide étude, basée sur des expériences pratiques, que si ces navires n'ont pas de cloisons étanches qui, d'ailleurs, ne les sauveraient pas en cas de voie d'eau, ils échappent, au contraire, à la plupart des causes de danger qui menacent les autres bâtiments de guerre.

En revanche, ils ont les leurs propres : nous allons indiquer quelles sont les mesures qui servent à les écarter.

Flottabilité restante. — Évidemment le péril le plus grave qui menace toujours le sous-marin est de ne pas pouvoir remonter.

Ce danger est presque supprimé dans les sous-marins de la Marine française par le fait de ne plonger qu'avec de la *flottabilité restante*, c'est-à-dire toujours avec une certaine force ascensionnelle. Au point de vue du coefficient d'utilisation du navire, il y a intérêt à réduire beaucoup cette force, mais même ainsi (200 ou 300 kilogrammes pour un navire de 200 tonnes), elle reste encore sa première et meilleure sécurilé.

Chasses d'air comprimé. — L'immersion est obtenue toujours par l'introduction d'une certaine quantité d'eau, quelquefois très considérable (types *Lutin* et *Narval*) dans les waterballasts prévus à cet effet. L'épuisement de ces réservoirs, pour provoquer l'émersion, s'opère par les pompes ou, instantanément, par des chasses d'air comprimé. Il suffit d'ouvrir la communication qui va des ballasts aux réservoirs d'air comprimé, pour que le navire soit presque immédiatement délesté. Ces réserves d'air servent également à la recharge des torpilles et, au besoin, à la ventilation.

Poids de sécurité. — Malgré l'efficacité et la rapidité des deux premiers moyens, il existe sur tous les sous-marins une troisième façon d'assurer au navire la possibilité de remonter à la surface. Un poids, plus ou moins lourd suivant les types, est placé sous la quille et tenu par un enclenchement pouvant se manœuvrer de l'intérieur. Un simple mouvement de déclic suffit pour se délester du poids.

Ce procédé est aussi sûr que les précédents à la condition que le déclenchement soit bien étudié.

Pompes d'épuisement. — Elles sont, en général, de deux types principaux. Les unes à piston et faible débit pour vaincre les grandes pressions, les autres centrifuges à grand débit pour épuiser rapidement les ballasts lorsque le navire est remonté à la surface.

Ces pompes sont actionnées tantôt par la machine principale, tantôt par des moteurs indépendants et au besoin à bras.

Gouvernails de plongée. — Ils peuvent être considérés comme une des sécurités du sous-marin, car, en effet, par leur jeu et aidés par la machine, ils pourraient encore remonter le sous-marin à la surface de l'eau, même si son poids était supérieur à celui de l'eau déplacée. Plus loin, nous en étudierons l'action.

Canots de sauvetage sous-marins. — Cette sécurité très peu pratique, mais séduisante à première vue, a été employée par plusieurs inventeurs du début de la navigation sous-marine. Il a principalement été appliqué sur le *Plongeur* de l'amiral Bourgois et Brun. Ce système est complètement abandonné.

CHAPITRE VI

APPAREILS LANCE-TORPILLES

Tubes d'étrave. — On verra, au Chapitre de la *Tactique*, que la torpille automobile est la seule arme possible du sous-marin.

La voie était déjà toute préparée pour l'armement de ces navires car, en effet, depuis longtemps déjà, les marines de guerre emploient des tubes lance-torpilles sous-marins à bord des croiseurs, des cuirassés, etc.

Les premiers construits étaient toujours placés dans l'étrave. Il en est de même à bord des sous-marins existant actuellement, où les dimensions transversales ne permettent jamais l'installation de tubes tirant par le travers. D'ailleurs cette disposition ne donne pas d'aussi bons résultats, le navire en marche, que celle permettant le tir dans l'axe.

Il n'y a donc rien de bien particulier à signaler pour les tubes d'étrave tels qu'ils sont em-

ployés à bord du *Zédé*, du *Morse*, etc. Leur fonctionnement est très bon.

Tubes-griffes. — Le *Gymnote* avait été prévu par M. le Directeur des Constructions navales *Zédé* pour être un simple navire d'étude, dépourvu d'appareils militaires. Depuis, ses diverses transformations en ayant fait un excellent bâtiment, il était naturel de chercher à le doter d'un armement. Le premier essai fut tenté par M. le commandant Darrieus. Il s'agissait d'une torpille dirigeable précédant le navire. Les résultats furent mauvais et on abandonna l'idée.

Depuis on eut recours à un système de griffes qui retiennent une torpille de chaque côté du navire et qui, manœuvrées de l'intérieur, s'ouvrent pour laisser partir l'engin au moment opportun. Ce dispositif a donné de très bons résultats et est considéré comme convenant bien aux sous-marins de faible tonnage ne permettant pas le logement d'un tube intérieur.

Tubes carcasses orientables. — Au concours de 1897, fut présenté par M. l'ingénieur Drzewiecky, dont nous avons déjà signalé les travaux, un système de tube-carcasse orientable.

Le projet sembla intéressant et fut primé par

la Commission du concours. De plus, on décida d'en faire l'essai à bord du *Narval*. Six de ces appareils sont montés sur le pont de ce navire. Ils ne peuvent tirer leurs torpilles qu'autant que le pont est immergé. Il nous semble qu'il y a là un point critiquable.

Le principal avantage de ce dispositif est son orientabilité ; en revanche, il est compliqué, fragile, en un mot, peu pratique. La nature confidentielle de tous ces armements nous empêche de nous étendre davantage à leur sujet, ainsi que sur leur résultat.

CHAPITRE VII

—

APERÇUS THÉORIQUES

La théorie du navire tout entière s'applique aux sous-marins et submersibles. Toutefois il faut remarquer qu'alors que, dans les navires ordinaires, on se préoccupe surtout de la stabilité transversale ou latitudinale, au contraire, dans les autres, la stabilité longitudinale doit être l'objet de très sérieuses études. Mais, avant d'aller plus loin, nous croyons devoir essayer de définir les expressions de *sous-marin*, *sous-marin autonome* et *submersible*.

Sous-marins. — On désigne sous ce nom les bâtiments construits surtout en vue de la navigation sous-marine, la navigabilité en émergence étant souvent très sacrifiée aux qualités d'immersion. Dans ces navires, on a fait choix d'un appareil moteur s'appropriant parfaitement à la

marche en plongée et ceci au détriment du rayon d'action.

La puissance est aujourd'hui toujours électrique, mais on s'est servi dans les premières études de l'air comprimé, de l'acide carbonique liquéfié, etc. En résumé, ces bâtiments dépendent toujours de postes de ravitaillement d'énergie et n'ont, par conséquent, pas d'autonomie.

Sous-marins autonomes. — Ce qualificatif s'applique aux navires ayant un appareil moteur qui les rend indépendant de postes spéciaux de chargement. Ils sont souvent à moteur mixte. On distingue principalement les systèmes suivants :

Vapeur en émergence et	électricité	en immersion
Pétrole	" "	" "
Pétrole	" et air comprimé	" "
Vapeur	" et air comprimé réchauffé	en immersion.
Vapeur en émergence et	eau surchauffée	en immersion.
Vapeur	" et air comprimé pour continuer la chauffe	en immersion.

Nous examinerons ces divers moyens au Chapitre des *Moteurs*.

Submersibles. — Ces bâtiments ont, comme les précédents, des appareils moteurs souvent

mixtes, mais ils doivent leur nom à l'emploi d'une double coque dont l'une, extérieure et légère, est étudiée en vue d'une bonne navigabilité en émergence et en contient une seconde à sections circulaires, très robuste pour résister aux pressions pendant la plongée, qui n'a lieu qu'au combat.

Dans les *submersibles*, le centre de gravité est au-dessus du centre de carène en émergence et s'abaisse au-dessous de ce dernier en immersion, alors qu'au contraire, il occupe toujours cette position dans les *sous-marins* autonomes ou non. Ces simples particularités relatives à la stabilité suffisent à motiver les diverses appellations employées.

Immersion. — On appelle ainsi l'action pendant laquelle le navire, augmentant de poids spécifique, s'enfonce dans l'eau jusqu'à y disparaître complètement quand son poids devient supérieur à celui de l'eau déplacée. On dit alors que l'immersion est totale ou complète.

Il y a là un point d'équilibre qui est tout mathématique et nullement pratique. On sait que l'eau n'est pas théoriquement, rigoureusement incompressible. Il semblerait donc qu'un sous-marin pourrait se tenir en équilibre immo-

bile entre deux eaux. En réalité, il n'en est rien et, de deux choses l'une : ou il est trop léger et il reste à la surface n'émergeant au besoin que d'une quantité infime, ou bien il est trop lourd, même d'une quantité non moins infime et il va au fond. Si l'excès de poids est très faible, la descente se fera très lentement, puisqu'il n'y aura qu'un très faible poids, celui en excès, pour mettre en mouvement une masse qui lui serait même des millions de fois supérieure.

Et cependant, la pratique le prouve, la descente commencera, puis les pressions intervenant comprimeront la coque dont le poids spécifique se trouvera augmenter d'autant, et la descente s'accélérera, puis deviendra presque synchrone et continuera jusqu'au fond. Si la profondeur est trop grande pour leur force, les pompes ne pourront plus vaincre la pression pour expulser l'eau des ballasts et si la coque n'est pas assez forte, elle sera écrasée par la pression. Beaucoup d'inventeurs ont péri avec leur œuvre, par imprévoyance, ignorance ou oubli de ces phénomènes.

Cependant un sous-marin peut rester entre deux eaux, mais en admettant et expulsant constamment de très faibles quantités d'eau qui font qu'à chaque instant la force verticale qui sollicite le navire, change de signe. Il n'est donc pas en

équilibre de poids mais oscille autour de ce point insaisissable.

L'immersion s'obtient de deux façons :

1° Par réduction du volume de la coque, à l'aide d'un piston qui avance ou recule (*Plongeur* de l'amiral Bourgois et plusieurs autres sous-marins), c'est, en somme, ce que font les poissons en comprimant leur vessie natatoire.

2° Par introduction d'eau dans un réservoir avec une pompe d'épuisement pour l'expulser. Ce système, qui revient d'ailleurs au même que le précédent, est le seul qui ait prévalu parce qu'il est plus pratique et mécanique et ne nécessite que de petits pistons.

Émersion. — C'est le phénomène inverse de l'immersion. On le provoque en expulsant l'eau introduite pendant cette dernière.

Ces deux manœuvres agissent sur la stabilité du navire. Tout ce que nous dirons de l'un s'applique inversement à l'autre.

Remarques sur la stabilité pendant l'immersion. — La principale condition de bonne stabilité d'un navire sous-marin qui n'a, en général, pas de *stabilité de formes*, est d'avoir son centre de gravité au-dessous de son centre de

carène qui, lui, est presque toujours facile à calculer, la plupart des carènes de sous-marins étant des solides de révolution, symétriques par rapport au plan transversal milieu.

Cette valeur de la distance du centre de gravité au centre de carène doit être suffisante pour ne pas s'annuler ou même changer de signe dans le cas où le navire débarquerait son lest, son poids de sécurité, ses accumulateurs, etc. Ou bien encore, dans le cas de l'embarquement d'un lest liquide quelquefois considérable qui peut, s'il est insuffisamment arrêté par des *chicanes*, diminuer la stabilité. Il y a donc là des études sérieuses à faire pour éviter de graves *mécomptes*.

Mais si la valeur de $r + a$ doit être suffisante, encore ne faut-il pas qu'elle soit exagérée sous peine de donner des roulis très pénibles pour l'équipage et nuisibles aux accumulateurs.

Ceci a été confirmé par la pratique à bord du *Zédé* où, au début, la valeur de $r + a$ atteignait près de 40 centimètres. Le navire roulait beaucoup. On la réduisit au-dessous de 20 centimètres et la tenue du navire s'en trouva considérablement améliorée.

Dans le cas des submersibles, le problème est encore plus intéressant. Lorsque ces navires naviguent en émergence, leur centre de gravité

est au-dessus du centre de carène, d'une certaine quantité $r - a$, comme dans les navires ordinaires. Au contraire, lorsqu'ils naviguent en immersion, le $r - a$ devient $r + a$ comme dans tous les sous-marins, c'est-à-dire que l'introduction du lest liquide a suffisamment abaissé le centre de gravité et élevé le centre de carène pour faire passer le premier au-dessous du second. Il existe évidemment un moment pendant lequel ces deux points se confondent.

Nous avons dit que ces changements de position des centres s'obtenaient par l'introduction ou l'expulsion d'un lest d'eau. Or un lest liquide diminue, dans certaines conditions, la stabilité au lieu de l'augmenter (sauf lorsque les ballasts sont pleins et, par conséquent, le liquide immobilisé, ce qui n'est pas pendant la manœuvre). Il faut donc que, pendant le remplissage des ballasts, le submersible ait une bonne *stabilité de formes* pour résister aux couples de chavirement qui agissent à ce moment sur lui, jusqu'à l'instant où le $r - a$ qui s'est changé en $r + a$ par le passage du centre de gravité au-dessous du centre de carène ait pris à son tour une valeur suffisante pour assurer au navire la *stabilité de poids* suffisante pour la navigation sous-marine.

On se rend facilement compte qu'il y a là une

étude fort intéressante, mais délicate, de la stabilité du bâtiment.

En effet, pendant la manœuvre d'eau, il y a des variations incessantes de la valeur des couples de redressement, ainsi que de ceux de chavirement, qui prennent naissance par l'introduction du lest liquide dans les ballasts.

La solution pratique de ce problème ne peut plus être mise en doute depuis les bons résultats du *Narval*.

La Marine aurait eu, paraît-il, l'intention de mettre, dès le début de l'étude, plusieurs submersibles du type *Narval*, en chantier. Ce serait l'auteur même du projet, M. Laubeuf qui s'y serait opposé, voulant d'abord se rendre compte de la tenue du premier navire construit.

Cette prudence l'honore autant que son succès et on comprend facilement qu'une légère appréhension ait pu exister chez cet ingénieur lors des premiers essais d'un engin aussi nouveau, quels que soient d'ailleurs les soins apportés aux études. Aux difficultés de la coque, venaient encore s'ajouter celles des moteurs mixtes et de l'armement aussi tout nouveau. •

Plongée. — On entend par *plongée* la disparition du navire sous les flots, sous l'action de

forces autres que la pesanteur. Certains sous-marins plongent sur place à l'aide d'hélices à axes verticaux (*Plongeur*, les Nordenfelt, les premiers Holland, etc.). Ce système commence à être abandonné et la marine française ne l'emploie pas. La raison de cette défaveur est dans l'action trop brutale des hélices qui font plonger le navire brusquement et, dans le cas où elles sont placées vers les extrémités, lui impriment des changements d'assiette désordonnés.

Actuellement, la plongée ne se fait plus qu'en marche par le jeu de gouvernails horizontaux, le sous-marin étant toujours sollicité à remonter à la surface de l'eau par une flottabilité d'environ $\frac{1}{2}$ à 2 % de son déplacement. C'est le principe des torpilles automobiles.

Ces gouvernails placés sur les flancs du navire rappellent beaucoup les nageoires de poisson. On les désigne souvent sous le nom d'ailerons.

Gouvernails horizontaux *R* (*fig. 19*). — Prenant modèle sur les torpilles automobiles, qui sont de petits sous-marins automatiques, Zédé plaça les gouvernails horizontaux du *Gymnote* à l'arrière du navire, devant l'hélice.

Étudions l'action d'un semblable gouvernail :
Considérons le navire marchant à la surface

de l'eau avec une certaine flottabilité. Pour le faire plonger, il faut incliner les gouvernails, (il y en a un de chaque bord), comme l'indique la *fig. 19*. Les poussées du liquide sur les safrans peuvent être ramenées à deux composantes :

- 1° Une horizontale de résistance à la marche.
- 2° Une verticale dirigée *de bas en haut*, dont l'action est de faire lever l'arrière jusqu'à ce que l'arbre de l'hélice ait pris une inclinaison suffisante pour faire plonger le navire en vainquant



Fig. 19. — Gouvernail horizontal arrière.

la flottabilité du sous-marin, *plus* la composante ascensionnelle des gouvernails horizontaux. Il en résulte que le sous-marin prend une inclinaison assez forte, comme le font, du reste, les torpilles automobiles. Cette inclinaison, sans inconvénient dans une torpille, en présente de sérieux dans un sous-marin où il y a le personnel, des accumulateurs électriques, etc. Pour la diminuer on réduit la flottabilité, ce qui est une réduction de sécurité. La plongée est même impossible dans le cas où l'inclinaison fait

émerger l'hélice, ce qui est souvent arrivé. Ces inconvénients furent reconnus sur le *Gymnote*.

Gouvernails horizontaux milieu (*fig. 20*).

— Si nous examinons maintenant l'action de gouvernails horizontaux placés à mi-longueur du sous-marin, nous voyons que leur inclinaison est l'inverse de ce qu'elle était précédemment pour obtenir également un effort de plongée.

La composante horizontale reste dirigée en sens inverse de celui de la marche mais la com-

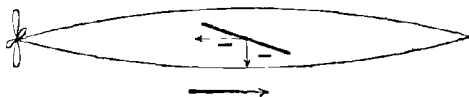


Fig. 20. — Gouvernail horizontal milieu.

posante verticale a changé de signe. Pour plonger, le navire n'aura plus qu'à vaincre sa flottabilité par la composante verticale. Il pourrait donc plonger sans changer d'assiette et disparaîtrait quand, par l'inclinaison convenable du gouvernail correspondante à la vitesse du navire, la composante verticale dirigée vers le bas serait plus grande que l'effort de flottabilité dirigé vers le haut.

Cette solution serait bonne si le sous-marin restait horizontal. En réalité, il n'en est pas ainsi

et le navire en marche cherche toujours à changer d'assiette (inclinaison longitudinale). Les raisons de ce phénomène sont les déplacements du centre de gravité en longueur du navire par les mouvements de l'équipage et surtout le poids de l'eau qui, par l'effet de la marche, monte sur l'avant du navire et le fait piquer du nez. Les différences d'immersions entre le haut et le bas de l'hélice interviennent sans doute aussi. Les gouvernails horizontaux placés au milieu de la longueur, ne peuvent naturellement pas servir à lutter contre ces efforts.

On arrive alors tout naturellement à l'emploi des gouvernails placés à l'avant du navire et dont nous allons examiner l'action.

Gouvernails horizontaux *N* (fig. 21). — Les composantes pour provoquer la plongée ont les mêmes signes que dans le cas du gouvernail milieu. Mais ici nous tenons en main l'avant du navire et nous sommes maîtres de son assiette. De sorte que, pour disparaître sous l'eau, nous n'avons qu'un faible coup de barre à donner, pour incliner l'axe du navire et, par conséquent, de l'hélice qui force la plongée à se produire, aidée dans son effet par les composantes verticales des gouvernails, qui sont dirigées *vers le*

bas. Aussi, à égalité de flottabilité à vaincre, l'inclinaison du navire est bien moins grande que dans le cas des gouvernails arrière.

L'inclinaison des gouvernails est aussi bien moins grande, ce qui diminue la valeur de la

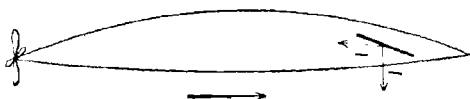


Fig. 21. — Gouvernail horizontal avant.

composante horizontale, dirigée en sens inverse de la marche, ce qui est encore un avantage de plus à l'actif des ailerons avant.

Plans minces horizontaux de dérive verticale (fig. 22). — Cependant on ne serait pas encore complètement maître de l'assiette du

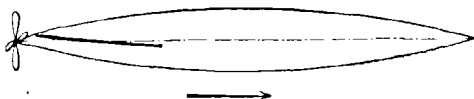


Fig. 22. — Plan mince horizontal de dérive verticale.

navire avec les seuls gouvernails de l'avant, parce que l'arrière du sous-marin n'est pas maintenu et tend toujours à remonter pour les raisons citées précédemment.

Ces écarts en hauteur de la partie arrière du navire ne peuvent être combattus que par des *plans minces horizontaux*, ou plus exactement, un peu inclinés de façon à donner naissance à une composante verticale dirigée vers le bas ayant pour but d'équilibrer la tendance de l'arrière à sortir de l'eau. Cette inclinaison a des valeurs différentes suivant les navires. L'expérience seule a pu la déterminer et la pratique acquise en ces sortes d'études est déjà suffisante pour permettre de tomber juste dans le choix de l'inclinaison par simple comparaison avec les navires déjà existants.

Tous les sous-marins de la Marine française sont construits dans l'ordre d'idées que nous venons d'indiquer.

Nous avons dit que Zédé avait prévu les gouvernails de plongée du *Gymnote* à l'arrière de ce navire, ce qui était donc insuffisant.

Par la suite, on adopta, pour ce même bâtiment, un système de plongée composé de plans minces horizontaux à l'arrière, de gouvernails horizontaux à mi-longueur du navire et de deux autres gouvernails placés à l'avant : ceux de l'arrière subsistant toujours.

Les résultats furent extrêmement satisfaisants.

Nous croyons toutefois que les gouvernails

arrière et milieu ne sont pas du tout indispensables et qu'on peut les supprimer au moins sur les petits sous-marins comme le *Gymnote*.

Le *Zédé*, comme le *Gymnote*, n'avait aussi, au début, que les gouvernails arrière.

L'hélice sortait de l'eau lorsqu'on voulait plonger. On a ajouté des plans minces horizontaux à l'arrière et deux gouvernails milieu. Depuis, le navire peut plonger avec une tonne de flottabilité.

Le *Morse* est muni en plus des plans minces horizontaux arrière, d'un double jeu de gouvernails, l'un placé à l'avant, l'autre à l'arrière. Le gouvernail arrière se règle une fois pour toutes pour permettre la plongée avec une flottabilité donnée : celui de l'avant se manœuvre, au contraire, constamment suivant qu'on veut faire monter ou descendre le navire ou simplement le tenir à une certaine profondeur.

Comme les torpilles, les sous-marins oscillent toujours autour de la profondeur choisie sans jamais s'y maintenir : ils décrivent une sinusoïde très allongée, cela dépend d'ailleurs beaucoup du timonier chargé de la manœuvre des gouvernails de profondeur, qui, l'œil fixé sur l'aiguille du manomètre de pression, agit sur la barre pour ramener constamment le navire au

niveau voulu. Cette manœuvre est devenue tout à fait courante, depuis longtemps, dans la Marine française.

Le timonier remplace donc le régulateur des torpilles Whitehead.

Hélices à axe vertical. — Presque tous les constructeurs ou inventeurs de sous-marins, sauf le Génie Maritime français, ont employé l'hélice à axe vertical pour provoquer l'immersion ou la plongée. On trouve, en effet, ce système appliqué par Brun et Bourgois, Holland, Nordenfelt, Waddington, Pullino, etc.

Il semblait avoir pour lui de présenter une grande sécurité, le navire devant disparaître sous l'eau par l'action des hélices à axe vertical et, en cas d'arrêt accidentel de celles-ci, remonter tout de suite sous l'action de sa flottabilité restante. En réalité, l'action des hélices est irrégulière et brutale et imprime au navire des changements d'assiette désordonnés qui peuvent constituer un vrai danger.

Le Génie Maritime français n'a jamais employé ce système et les constructeurs expérimentés comme Holland y ont renoncé.

Stabilité de route. — On dit qu'un navire

a de la *stabilité de route* lorsque, la barre étant droite, le navire file en ligne droite. Il est dit instable sur sa route si, au contraire, la barre étant dans la même position, il cherche à venir d'un bord ou de l'autre, c'est-à-dire à tourner, même dans un cercle de grand rayon. Dans ce cas, il faut que, chaque fois que le besoin s'en fait sentir, le timonier le rappelle d'un coup de barre. C'est un défaut pour tout navire et surtout pour un sous-marin ; très nombreux sont les inventeurs ou constructeurs qui n'ont pu l'éviter.

Les sous-marins de la Marine française sont stables sur leur route. Ils font des plongées de plusieurs milles de longueur et se relèvent hors de l'eau absolument dans le même cap que celui dans lequel ils avaient plongé. C'est une qualité indispensable ; le sous-marin étant aveugle sous plusieurs mètres d'eau, il a besoin d'être au moins sûr de marcher en ligne droite. L'instabilité de route est un vice qui suffirait à lui seul pour rendre inutilisable le meilleur sous-marin qui en serait affligé. La stabilité de route dépend beaucoup de la longueur du navire et de la finesse des formes de l'arrière, mais pas de celles de l'avant qu'il semble, au contraire, avoir intérêt à laisser sensiblement plus pleines

que les premières. C'est, du reste, l'exemple que nous donnent les poissons. Tous les sous-marins courts et ayant l'avant et l'arrière symétriques sont instables sur leur route; on peut remédier plus ou moins à ce défaut par de grands gouvernails et des plans minces verticaux placés à l'arrière.

Instabilité de route des sous-marins à hélices orientables. — Nous devons encore une remarque aux bâtiments où l'action du gouvernail est remplacée par l'inclinaison de l'axe d'hélice. Ce système qui a principalement été essayé par Baker, Drzewiecky et Goubet est très mauvais. L'articulation de l'arbre a toujours forcément un peu de jeu. Si minime soit-il, l'axe de l'hélice n'est plus rigoureusement parallèle (Baker) ou en prolongement de celui du navire (Drzewiecky, Goubet), ce qui est suffisant pour faire virer ce dernier.

Les sous-marins sont, en effet, d'une sensibilité très grande à la barre, bien plus que les navires ordinaires, et un très faible effort suffit pour les faire dévier de leur route. Les torpilles, avec leurs difficultés de réglage, nous avaient depuis longtemps renseignés à ce sujet.

CHAPITRE VIII

—

CONSTRUCTION

La construction des sous-marins a bien des points communs avec celle des autres navires. Nous ne pourrions naturellement signaler ici que ceux qui leur sont spéciaux.

Formes des coques. — Sauf quelques tentatives tombées dans l'oubli, les sections transversales sont toujours circulaires : toute autre forme résiste, en effet, beaucoup moins bien aux pressions.

La plupart des navires français sont calculés pour résister aux pressions extérieures correspondantes à 100 mètres de profondeur, c'est-à-dire environ 10 atmosphères.

En longueur, les coques affectent des formes de fuseau. Souvent, elles ont une partie cylindrique au milieu. Il est préférable de n'en pas

avoir car, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse ou, pour mieux dire, le coefficient d'utilisation s'en trouve légèrement augmenté.

La longueur d'un sous-marin dépend d'une foule de facteurs contradictoires. Il y a intérêt à allonger le navire pour la vitesse (il y a cependant une limite) et la stabilité de route. En revanche, on diminue la facilité d'évolution et on rend, d'une façon générale, le navire moins maniable. L'expérience acquise sur le *Zédé* conduisit à l'emploi des *évolueurs* à bord du *Morse* pourtant plus court de quatorze mètres.

Choix des matériaux employés pour la construction des coques. — Beaucoup de constructeurs ont employé le bronze et encore plus nombreux sont ceux qui ont pris tout simplement la tôle d'acier ou de fer.

La Marine française employa l'acier pour la construction du *Gymnote*. Ce navire reçut une batterie d'accumulateurs Commelin-Desmazures (sans acides). Dès qu'on adopta les accumulateurs au plomb et à l'acide sulfurique, on se crut obligé (*Gustave Zédé* et *Morse*) de construire les coques en bronze dans la crainte que les émanations, ou même du liquide répandu accidentellement, ne rongeassent la coque. Cette

crainte n'était pas fondée et M. le capitaine de frégate Darrieus, ancien commandant du *Gymnote*, proposait, dès le début de l'emploi des accumulateurs au plomb, de mettre à fond de cale une couche d'un sel quelconque, tel que du carbonate de soude, afin de neutraliser l'acide si, par hasard, il venait à s'en répandre.

En réalité, rien de tout cela n'était nécessaire et les coques d'acier ont prévalu (*Français, Algérien, Narval, Lutin, etc.*).

La tôle d'acier peinte ne subit qu'une attaque relativement lente de la part de l'eau acidulée au dixième, contenue dans les accumulateurs, et elle a pour elle les avantages très réels de l'économie et de la légèreté, c'est ce qui l'a fait adopter définitivement.

Il faut encore remarquer que, dans le cas d'un sous-marin non électrique, le bronze aurait sur l'acier l'avantage de ne pas influencer les compas. Dans les navires employant l'électricité comme force motrice, les perturbations qui en résultent sont autrement graves que celles résultant de la coque, et peut-être y a-t-il même avantage à employer l'acier qui joue un certain rôle compensateur dans ce cas.

Coques en acier. — L'épaisseur des tôles du bordé est calculée par les formules empiriques indiquées par la résistance des matériaux pour les cylindres ou sections cylindriques soumis à des pressions extérieures.

On se donne la profondeur maxima, c'est-à-dire la pression extérieure. Le diamètre est aussi connu, ainsi que le coefficient de résistance à l'écrasement du métal choisi pour la construction.

On en déduit l'épaisseur par la formule

$$p = 377\,000 \frac{e^2}{ld} + 1\,160 \frac{e^2}{d} - 93 \frac{e}{d}$$

dans laquelle :

p est la pression en kilogrammes par centimètre carré ;

e , l'épaisseur de l'acier en millimètres ;

l , la longueur du cercle développé en centimètres ;

d , le diamètre extérieur en centimètres.

Le rapport $\frac{e}{d}$ varie entre $\frac{1}{250}$ et $\frac{1}{300}$ pour les sous-marins construits pour des plongées allant jusqu'à 100 mètres de profondeur.

Le calcul ne se fait, bien entendu, que pour la section maîtresse. On donne ensuite des épais-

seurs décroissantes jusqu'aux extrémités, tout en laissant à celles-ci assez de force pour résister aux chocs accidentels.

Les tôles sont assemblées à francs bords avec couvre-joints intérieurs. Leur travail est assez coûteux, puisqu'il s'agit de surfaces à double courbure non développables. C'est affaire aux chaudronniers en fer.

Membrure. — Les couples ou membrures transversales sont constitués par des fers profilés quelconques.

Leur utilité n'est rien moins que démontrée, et ils diminuent très sensiblement le volume disponible, déjà si restreint dans tous les sous-marins.

De plus, la coque présente alors des points de faiblesse entre les couples et des points de force par le travers des mêmes, ce qui est évidemment antirationnel. Il ne viendrait à aucun constructeur l'idée de mettre des couples dans une chaudière cylindrique à haute pression. Le cas du sous-marin est identique, sauf que les pressions s'exercent de dehors en dedans au lieu de dedans en dehors.

Les lisses (membrure longitudinale) ont été aussi fréquemment employées dans la construc-

tion des sous-marins, par analogie avec les navires ordinaires.

L'erreur ici n'est pas moindre que dans le cas des couples, les coques en fuseau de ces navires étant de vraies poutres creuses s'approchant de la forme d'égalé résistance.

Toutes les consolidations inutiles dans une construction sont nuisibles, puisqu'elles tendent à localiser les efforts. Le *Zédé* et le *Morse* sont construits sans membrure. Le *Gymnote* en a reçu une qui n'est sans doute qu'une erreur de cette toute première étude.

Le rivetage du bordé de carène doit être très soigné et à plusieurs rangs de rivets, afin de ne pas affaiblir les tôles aux coutures. Les têtes des rivets sont fraisées extérieurement comme dans tous les navires.

Coques en bronze. — La Marine a construit le *Zédé* et le *Morse* en bronze Roma. Ce sont des tôles de bronze assemblées comme celles d'acier, sauf quelques petits détails d'exécution. Leur recette a donné souvent lieu à des difficultés, le métal n'étant pas toujours d'une homogénéité suffisante. Le système est d'ailleurs abandonné.

Coques coulées ou fondues. — Beaucoup de petits sous-marins construits par différents inventeurs l'ont été en métal fondu (bronze ou fonte), tantôt en une seule pièce, tantôt en plusieurs, assemblées par des joints boulonnés. Ce système ne peut s'appliquer qu'à de tout petits bâtiments d'étude. Ses graves inconvénients sont : coques très lourdes parce qu'on ne peut pas couler au-dessous d'une certaine épaisseur, poids impossible à prévoir avant la coulée, épaisseur variable du métal souvent trop forte dans une place et trop faible en d'autres, danger de défauts cachés, etc.

On a revendiqué, pour les coques fondues, l'avantage de l'absence de rivets qui, disait-on, fatiguent beaucoup par suite des brusques variations de pression auxquelles sont soumises les coques des sous-marins.

Ces fatigues n'ont pu exister que sur les navires mal construits, mal rivés, avec des rivets trop faibles ou d'autres défauts qui ne dépendent pas du système lui-même. Les chaudières à hautes pressions ne fatiguent nullement et pourtant leurs tôles sont assemblées à clins, c'est-à-dire que les rivets portent tout l'effort. De plus, elles sont soumises aux variations de température. Dans un sous-marin, les rivets

fatiguent bien moins, les tôles étant assemblées à francs bords et les pressions étant extérieures.

Coques des submersibles. — Ce type de navire comporte une double coque. Une de sous-marin ordinaire à laquelle s'applique ce qui a été dit plus haut, l'autre analogue à celle des torpilleurs, en tôle mince. Des lisses et des couples consolident celle-ci et servent à la relier à l'autre. Cette dernière est construite à peu près comme toutes les coques de torpilleurs.

Water-ballasts. — L'espace compris entre les deux bordés est divisé par les lisses (en longueur) et les couples (en travers) en un grand nombre de compartiments qui forment les water-ballasts du navire (compartiments à lest liquide).

Dans les sous-marins proprement dits, ces water-ballasts occupent, en général, le fond de la cale du navire. Ils sont fermés complètement et construits solidement afin de pouvoir résister à la pression de l'air comprimé qui sert à chasser rapidement l'eau de ces compartiments, pour alléger le navire. La division en plusieurs compartiments a pour but la solidité et aussi d'empêcher de trop grands déplacements de liquide, c'est-à-dire de lest.

Panneaux d'accès.—Pour pénétrer dans l'intérieur des sous-marins, sont pratiquées des ouvertures ou panneaux fermés par des capots. Il y a intérêt à ne leur donner que les dimensions strictement nécessaires pour permettre le passage facile d'un homme, ceci afin de ne pas leur donner des poids exagérés, ni affaiblir inutilement la coque. Cependant lorsque leur poids est trop considérable, on les équilibre.

Plusieurs systèmes de panneaux ont été employés ; ce sont les mêmes ou à peu près, que ceux qui sont en usage sur tous les navires lorsqu'on traverse un pont étanche.

La Marine française se sert pourtant d'un dispositif nouveau. Le couvercle-panneau étant desserré, tourne autour d'un axe vertical placé en côté. Il n'y a donc pas d'effort à faire pour le soulever puisqu'il reste toujours dans le même plan.

La fermeture étant toujours *autoclave*, l'étanchéité ne présente pas de difficulté.

Block-house ou kiosque. — C'est le poste du commandant qui, dans les grands bâtiments, a un timonier avec lui. Lorsque le tonnage du navire le permet, on donne au bordé du kiosque une assez forte épaisseur pour consti-

tuer une protection contre la mousqueterie, c'est-à-dire qu'il forme alors block-house.

Il serait peut-être intéressant d'étendre à peu près cette protection jusqu'aux projectiles de 37 millimètres.

Dans les petits sous-marins, le kiosque ne contient plus que le haut du corps du commandant. C'est presque un casque qui surmonte la coque.

Sur le *Gymnote*, on a essayé d'un système à coulisse entouré d'une enveloppe à soufflet en cuir ou caoutchouc. Le soufflet étant bien entendu fermé pendant la plongée. On ne le développe que dans la navigation en émergence pour augmenter le champ de vue du commandant. Ce système original a contre lui le grave défaut d'être peu solide comme construction.

Gardes de protection.— Toutes les saillies de la coque d'un sous-marin telles que le kiosque, les appareils de vision, les gouvernails de plongée ou de direction et au besoin l'hélice, doivent être protégées par des gardes disposées de façon à présenter le moins de danger possible au navire de s'accrocher contre les objets qu'il peut quelquefois rencontrer dans sa course aveugle. Cette éventualité pourrait surtout se produire

lorsqu'après un lancement de torpilles, le sous-marin plonge pour disparaître en passant, sous la quille du navire attaqué.

Si les gardes sont bien disposées, ce risque est complètement écarté.



CHAPITRE IX

—

LES MOTEURS

Notre étude des moteurs se bornera à examiner leurs avantages et leurs inconvénients au point de vue de leur application à la navigation sous-marine.

Voici les principaux systèmes employés :

- 1° Vapeur et eau surchauffée ;
- 2° Vapeur et air comprimé pour continuer la combustion en immersion ;
- 3° Air comprimé réchauffé par la vapeur ;
- 4° Air comprimé seul ;
- 5° Pétrole, essence, etc., et air comprimé ;
- 6° Électricité ;
- 7° Pétrole et électricité ;
- 8° Vapeur et électricité.

Vapeur et eau surchauffée. — Le combustible est, en général, le pétrole qui a l'avan-

tage de ne pas donner de fumée ni de suie, lorsque la chauffe est bien conduite. On se rend compte que ceci a son importance tant pour dissimuler le navire naviguant à fleur d'eau, que pour ne pas nuire au bon fonctionnement de la cheminée à coulisse lors de sa manœuvre au moment de la plongée. Le pétrole a encore l'avantage de l'extinction et du rallumage rapide des feux.

Prenons comme type d'étude un sous-marin de 200 tonneaux consommant 600 grammes de combustible par cheval-heure. L'appareil moteur pèse environ 80 kilogrammes par cheval (chaudière et machine). Soient 12 nœuds, la vitesse maxima, à la surface, et 8 nœuds, la vitesse en immersion, avec des puissances correspondantes de 275 chevaux et de 80 chevaux.

La coque d'un semblable sous-marin, avec son armement et tous ses accessoires, lest, etc., pèse environ 110 tonnes. Il ne reste que 90 tonnes pour l'appareil moteur et les approvisionnements d'énergie.

L'appareil moteur pèse

$$275^{\text{chx}} \times 80^{\text{kg}} = 22 \text{ tonnes.}$$

Il y a donc $90 - 22 = 88$ tonnes de combustible.

Le bateau aura, à la vitesse réduite de 8 nœuds, marchant à la surface, un rayon d'action de

$$\frac{88\ 000^{\text{kg}}}{75 \times 0,6} \times 8 = 12\ 088 \text{ milles,}$$

ce qui est très satisfaisant.

Examinons maintenant comment le système se comporte sous l'eau.

La chaudière étant à 15 kilogrammes de pression, peut encore, après l'extinction des feux pour la plongée, fournir environ le huitième du poids d'eau en vapeur à 3 kilogrammes. En voici le calcul :

La température de l'eau à 15 kilogrammes est de 202°, à 3 kilogrammes, elle est de 142°. C'est un écart de 60°. Le nombre des calories restituées par la chaudière sera donc de 60° × p_c , poids de l'eau contenue dans la chaudière.

La production d'un kilogramme de vapeur à 3 kilogrammes de pression ou 142° nécessite un nombre de calories données par

$$C = 606,5 + (0,305 \times 142) - t = 478.$$

t est la température moyenne de l'eau

$$\frac{202 + 142}{2} = 172^{\circ}.$$

La chaudière d'une contenance de 5 500 litres peut donc dégager

$$\frac{60 \times p_e}{478} = \frac{60 \times 5\,500}{478} = 690 \text{ kilogrammes}$$

de vapeur à 3 kilogrammes, c'est-à-dire un huitième du poids de l'eau y contenue.

A cette pression de 3 kilogrammes, la machine développe 80 chevaux et le navire file 8 nœuds. En admettant une consommation de 8 kilogrammes de vapeur par cheval-heure, nous avons pour 80 chevaux une dépense de 640 kilogrammes. C'est-à-dire que le navire peut marcher sous l'eau pendant environ une heure à 8 nœuds.

En diminuant la vitesse, on augmenterait le rayon d'action en immersion. En tout cas, on peut admettre 10 milles à environ 8 nœuds, ce qui est déjà suffisant. Nordenfelt voulant marcher deux heures à 8 nœuds en immersion, dut adjoindre à sa chaudière un réservoir d'eau chaude. En réalité, il est possible de s'en dispenser en prenant une chaudière à plus grand volume d'eau.

En résumé, on voit que cette solution du problème du moteur sous-marin est bonne, tant au point de vue du rendement que du rayon d'action. De plus, le navire est autonome et la ma-

chine à vapeur étant un appareil sans aléas, il y a, de ce fait, une grande sécurité de marche.

La principale objection du système est la haute température (on peut dire insupportable) qui règne dans le sous-marin. La manœuvre de la cheminée avant la plongée, est longue. Toutefois nous croyons que ce système de moteur n'a pas dit son dernier mot: Les navires de Nordenfelt avaient des défauts qui, quoique complètement indépendants du système moteur, firent rejaillir le discrédit sur lui.

Étant donnés ses grands avantages, il est regrettable qu'on ne l'ait pas encore repris, les difficultés de manœuvre de la cheminée et d'élévation de température intérieure n'étant assurément pas insurmontables.

Ce procédé a l'avantage de ne pas faire varier le poids du navire pendant la plongée. Cette qualité est malheureusement combattue par l'inconvénient d'un grand lest liquide.

Entre le commencement et la fin de la plongée, un poids considérable d'eau est sorti de la chaudière pour aller au condenseur ce qui constitue un appréciable déplacement du centre de gravité du bâtiment.

Mais aucune de ces difficultés n'est invincible.

M. Maurice, ingénieur de la Marine, a étudié une vedette sous-marine à vapeur sur un programme de M. l'ingénieur Romazzotti.

Vapeur et air comprimé. — Si on ajoute des réservoirs d'air comprimé au système précédent, afin de pouvoir continuer la combustion en immersion, on se trouve en présence d'une nouvelle solution du problème. Examinons-la.

Il faut environ 20 mètres cubes d'air pour entretenir la combustion nécessaire à un cheval-heure. En continuant avec les mêmes chiffres que ceux de l'exemple, nous aurons donc :

$$80 \times 20 = 1600 \text{ mètres cubes d'air.}$$

En supposant des réservoirs ou accumulateurs d'air timbré à 100 kilogrammes, il leur faudrait une capacité de 16 mètres cubes. De semblables accumulateurs pèseraient au moins 2 500 kilogrammes par mètre cube, c'est-à-dire environ 40 tonnes pour une marche d'une heure. On voit tout de suite l'importance de ce poids mort et son encombrement. De plus, la compression de l'air dans les réservoirs constitue un assez grand travail perdu. Toutes ces raisons font que ce système n'est absolument pas pratique.

Air comprimé réchauffé par la vapeur.

— Si, au lieu d'insuffler l'air des réservoirs dans le foyer pour continuer la combustion, on l'introduit directement dans les cylindres du moteur en le mélangeant de vapeur pour le réchauffer et s'approcher de la détente isothermique du gaz, on a encore une nouvelle solution.

Elle a été étudiée par M. Mékarsky, ingénieur civil, constructeur de tramways à traction mécanique basée sur ce principe. Si on fait le calcul, on trouve qu'à égalité de réservoirs d'air comprimé, le rayon d'action est bien plus considérable que dans le cas précédent. Cependant, ce système reste encore bien insuffisant. Comme dans tous les autres nécessitant l'échappement des gaz hors du navire, la puissance et le rendement du moteur sont considérablement influencés par les variations de contre-pressions dépendant des profondeurs auxquelles le sous-marin navigue et qui varient à chaque instant.

Air comprimé seul. — Dans le cas d'un appareil moteur de 90 tonnes, nous avons environ 12 tonnes pour la machine, l'arbre et l'hélice. Il reste 78 tonnes d'accumulateurs d'air, c'est-à-dire environ 35 mètres cubes d'air à 100 atmosphères qui, étant employés sans re-

chauffage, donnent environ 2 heures de marche à 8 nœuds, soit 16 milles de rayon d'action. Ce sont bien là d'ailleurs les chiffres du *Plongeur* de l'Amiral Bourgois et Brun. Ceux-ci étaient encore en dessous de ceux que nous indiquons.

L'air comprimé avait pour lui d'assurer une meilleure habitabilité au sous-marin et c'est certainement ce qui, au début, milita beaucoup en sa faveur, alors qu'on croyait cette qualité difficile à réaliser.

De plus, les premiers inventeurs étaient peu familiarisés avec les calculs de compresseurs et moteurs à air comprimé et certainement ils s'attendaient peu à des résultats qui semblent aujourd'hui si simples à prévoir.

L'air comprimé, réchauffé ou non, a encore l'inconvénient de l'échappement extérieur trahissant, par son bouillonnement, la présence du sous-marin. En outre, le poids varie sensiblement suivant que les réservoirs d'air sont pleins ou vides.

Bref, autant l'air comprimé convient pour la torpille qui ne demande qu'un gigantesque effort pendant un temps très court, autant son emploi s'applique peu aux sous-marins qui ont un programme tout autre à remplir.

Pétrole, essence, alcool, etc. — Les moteurs à explosions employant ces divers combustibles pèsent, en moyenne, 50 kilogrammes par cheval. Nous ne parlons naturellement pas des moteurs extra-légers appliqués à l'automobilisme ou aux essais de direction des ballons. Ceux-ci descendent, en effet, à environ 4 à 5 kilogrammes par cheval, sans accessoires tels que carburateurs, appareils d'allumage, etc. De plus, ils sont d'une durée très limitée. Donc pour 275 chevaux, dans le cas de notre exemple, nous voyons que l'appareil moteur ne pèse que 13^h,750 et qu'il nous reste 67^h,500 pour le combustible. Ces moteurs consomment à peine 500 grammes par cheval-heure. Il en résulte un rayon d'action à 8 milles d'environ 15 000 milles.

Mais, tandis que tous les moteurs précédents pouvaient s'appliquer directement à la navigation sous-marine, ceux à explosion ne peuvent y servir qu'avec l'addition de réservoir d'air (et nous retombons dans les mêmes inconvénients de poids et d'encombrement déjà signalés) ou bien d'un autre jeu de moteurs tels que des électriques.

Toutefois, l'avenir nous réserve peut-être des surprises avec le moteur à pétrole aidé de l'air

ou même de l'*oxygène liquide* dont les fabrications sont devenues courantes.

Électricité. — N'était le rayon d'action encore trop faible et les ennuis des accumulateurs électriques, ce mode d'appareil moteur serait parfait. Cependant il lui manquerait encore l'autonomie.

M. le commandant Darrieus n'a pas craint de dire : « le sous-marin sera électrique ou ne sera pas », tellement le problème lui semblait ardu, pour ne pas dire insoluble en dehors de l'emploi de l'électricité.

Voici les immenses avantages de l'électricité :

Le poids du sous-marin, ni son centre de gravité ne varient que la batterie soit chargée ou vidée.

Il n'y a pas d'échappement extérieur, révélant la présence du bateau.

Le moteur électrique est de beaucoup le plus silencieux, ce qui est une qualité précieuse.

Le moteur électrique est souple et maniable et peut-être commandé à distance. Il est toujours prêt pour la plongée. Il ne vicie pas l'air.

En regard de tous ces précieux avantages, il y a ses inconvénients. La plupart, pour ne pas dire tous, viennent des accumulateurs.

Les accumulateurs sont lourds, encombrants, fragiles, donnent des émanations d'hydrogène sulfuré très pénibles pendant la charge et encore gênantes pendant la décharge. Leur usure est très rapide quelqu'en soit la construction. L'acide est dangereux. Les courts-circuits peuvent causer des incendies. Nous les étudierons plus en détail au Chap. X, étant donnée l'importance de leur rôle dans la navigation sous-marine actuelle.

Pour un appareil moteur de 80 tonnes, il y a environ 10 tonnes pour la machine électrique, l'hélice et son arbre. Il reste 70 tonnes d'accumulateurs. Une tonne d'accumulateurs représente 17 chevaux-heures, ce qui, pour une batterie de 70 tonnes, donne 15 heures de marche à huit milles et 80 chevaux, c'est-à-dire environ 120 milles de rayon d'action à vitesse réduite. C'est peu.

Pétrole et électricité. — Devant tous les avantages et les inconvénients propres à chaque système, on s'est demandé s'il n'y aurait pas intérêt à choisir un moyen terme, c'est-à-dire à mettre à bord des sous-marins double jeu de moteur, l'un électrique, convenant admirablement à la navigation sous-marine et l'autre permettant d'avoir l'autonomie et un grand rayon d'action en marchant à la surface de l'eau.

Ce dernier pouvait être à pétrole ou à vapeur. De là, les appareils moteurs mixtes des sous-marins *autonomes*.

C'est une solution très élégante et satisfaisante. En donnant plus ou moins d'importance à la partie électrique ou à la partie pétrole, on augmente le rayon d'action sous-marin au détriment du rayon d'action total ou inversement.

La machine électrique complète très heureusement le moteur à pétrole. En effet, elle sert à le mettre en route, ce qui serait très pénible à faire à la main. L'induit sert aussi de volant au moteur à pétrole (voir le *Holland n° 4*).

Sur le même arbre viennent en se suivant : L'hélice, l'induit, un manchon d'embrayage, le moteur à pétrole. On débraye ce dernier dans la marche électrique. Si, au contraire, on veut marcher au pétrole, il n'y a qu'à embrayer le moteur, lancer le courant des accumulateurs dans la dynamo qui met tout de suite en route le moteur à pétrole. Celui-ci étant en marche, on peut, par une simple manœuvre de commutateur, déconnecter la machine électrique, dont l'induit ne sert plus alors que de volant au moteur à pétrole. Si les accumulateurs ont besoin d'être rechargés, on fait alors travailler la dynamo en génératrice.

Pour pouvoir faire les manœuvres avec le moteur à pétrole sans avoir recours à l'électricité, il faut employer une hélice à ailes réversible. Il y a d'ailleurs toujours avantage à le faire afin de pouvoir conserver au moteur électrique la vitesse angulaire qui lui convient, quelle que soit la vitesse du navire et, par conséquent, la puissance développée. Le rendement s'en trouve augmenté.

L'hélice réversible sert aussi à faire diminuer le couple de résistance lorsque le couple moteur du moteur à pétrole vient à faiblir, ce qui peut se produire quand un ou plusieurs cylindres ne travaillent pas par défaut d'allumage ou de carburation.

Il y a toujours avantage à mettre plusieurs cylindres, pour régulariser l'effort du moteur à explosions, toujours à quatre temps, chaque cylindre ne donnant une explosion que tous les deux tours. Quatre cylindres ne correspondent donc qu'à une explosion à chaque demi-tour. C'est le minimum qui convient, six ou huit pistons restant bien préférables avec un débrayage entre chaque groupe de trois ou quatre, ce qui constituerait un moteur de réserve et permettrait de faire davantage varier la puissance suivant les besoins.

Depuis les progrès de l'automobilisme, certaines maisons de constructions mécaniques sont passées maîtresses dans l'étude de ces sortes de moteurs. Toutefois, pour leur application à la navigation, il y aura toujours intérêt à ce que les études soient faites par un ingénieur maritime ou avec son concours.

Vapeur et électricité. — C'est le système du *Narval*. La chaudière système Seigle, chauffée au pétrole, assure l'autonomie et un rayon d'action suffisant.

Le moteur à deux cylindres occupe la même place sur la ligne d'arbre que dans le type précédent.

La solution est moins bonne que celle que nous venons d'envisager pour les raisons suivantes :

1° Le rayon d'action est diminué, toutes choses égales d'ailleurs, du poids de combustible représenté par celui de la chaudière.

2° Il est encore diminué d'environ 20 % par le fait que l'appareil moteur consomme ici 600 grammes par cheval-heure au lieu de 450 à 500, quand la combustion se fait directement dans les cylindres.

3° Nous retrouvons l'inconvénient de la manœuvre de la cheminée.

4° La température dans le sous-marin est très élevée, sans pourtant atteindre celle des bateaux de Nordenfelt, qui, eux, avaient une énorme réserve d'eau chaude.

Le seul avantage de ce système réside dans la souplesse du moteur à vapeur. Ce n'est pas une compensation suffisante, puisque, pour les manœuvres, on a la marche électrique à sa disposition.

Ce qui a conduit la Marine française à l'employer, c'est qu'à l'époque de l'étude du *Narval*, il n'existait encore aucun moteur à explosion ayant fait ses preuves avec l'emploi de pétroles lourds. Or la Marine reculait devant l'emploi des moteurs à essence de pétrole, présentant évidemment de graves dangers au moins tel qu'on en concevait l'emploi et de la façon très mal étudiée dont étaient disposés les réservoirs, dans les différents projets présentés dans cet ordre d'idées.

Du reste, la Marine est déjà revenue aux études du système moteur à pétrole et électrique, ce qui est la meilleure preuve de ce que nous avançons.

Résumé. — Les rayons d'action comparatifs des différents systèmes moteurs sont :

à vapeur	12 000 milles
à pétrole	15 000
à air comprimé	16
à électricité	135
à pétrole et électricité	11 000
à vapeur et électricité	7 000

En comparant ces chiffres et en se reportant aux observations précédentes sur les avantages et les inconvénients des différents systèmes, on voit nettement que l'avenir du sous-marin *de haute mer* ou autonome est à l'emploi mixte du moteur à pétrole et du moteur électrique.

Cependant, les essais de tactique déjà faits avec les sous-marins ont prouvé l'importance de leur rôle comme garde-côtes. Dans ce cas, l'autonomie et le grand rayon d'action n'ont plus la même importance et le sous-marin purement électrique est très suffisant. Il a pour lui la simplicité d'organes. Les progrès constants des accumulateurs électriques, tant au point de vue de la capacité que de la durée de la batterie, lui conserveront sans doute sa place de garde-côtes, dans la constitution des flottes.

EXTRAITS D'UN RAPPORT DE L'INSPECTION
GÉNÉRALE DU GÉNIE MARITIME

Pour terminer cette étude sommaire des différents appareils moteurs et montrer, dans un intérêt historique, combien les rôles des différents modes de réserve d'énergie ont souvent été méconnus, nous donnerons quelques extraits d'un rapport de M. l'Inspecteur général du Génie maritime en date du 8 avril 1893, rédigé à la suite des difficultés éprouvées avec la seconde batterie électrique du *Gymnote*.

.

« Il conviendrait de tirer des faits signalés (les avaries de la batterie du *Gymnote*) tous les enseignements qu'ils peuvent fournir, et de constater la faible endurance des éléments Laurent-Cély du *Gymnote*. L'expérience acquise sur ce sous-marin n'est pas encourageante pour l'emploi exclusif des accumulateurs électriques (au moins du système précité) dans la navigation sous-marine.

« Ces résultats sont dus en grande partie aux exigences du programme, et à l'exagération du régime électrique imposé à la décharge. Ce n'est pas impunément, au point de vue de la conser-

vation des électrodes, que l'on atteint des débits spécifiques trois ou quatre fois supérieurs à ceux admis dans les installations à terre, et que l'on réduit à l'extrême limite l'épaisseur des plaques, les espaces libres ménagés entre elles, ainsi que ceux qui les séparent du fond des vases, etc.

« Je ne suis pas sans appréhension relativement à la durée des services que pourra fournir, sur le *Gustave Zédé*, l'importante batterie composée d'éléments ne différant de ceux du *Gymnote* que par des améliorations de détail...

.
« Les difficultés que l'on rencontre dans l'emménagement, à bord des bateaux sous-marins, de l'énergie électrique nécessaire pour obtenir des vitesses et des distances franchissables qui n'ont rien d'excessif, et celles que présenteront, à divers titres, les opérations de chargement des batteries, m'incitent à penser qu'il serait opportun de ne pas recourir dans l'avenir exclusivement à l'électricité pour réaliser la propulsion des sous-marins, et qu'il y aurait un sérieux intérêt à provoquer les recherches dans des voies différentes. La navigation à fleur d'eau doit être le régime normal, pendant lequel il n'est pas besoin de dépenser de l'énergie accumulée, et les plongées ne de-

vant avoir qu'une durée très limitée, il ne serait pas illogique de s'adresser, pour la propulsion entre deux eaux, à d'autres agents emmagasinant l'énergie, susceptibles d'une décharge beaucoup plus rapide que celle des accumulateurs électriques, tels que l'air comprimé, l'eau surchauffée, etc. »

Ce rapport de M. l'Inspecteur général du Génie maritime contenait, ainsi qu'on a pu le remarquer, les premiers germes de l'idée du concours des sous-marins qui ne fut d'ailleurs institué que trois années plus tard, en 1896. Il est intéressant de remarquer qu'en 1893, date du rapport, les vues régnantes dans les hautes sphères du Génie maritime français, pourtant de beaucoup le plus avancé, n'étaient pas bien nettes, pour ne pas dire inexactes sur la valeur des différents modes d'emmagasinement de l'énergie. Nous avons, en effet, démontré plus haut, et tout le monde est aujourd'hui d'accord avec nous sur ce point, l'infériorité considérable de l'air comprimé sur l'électricité, à cause du poids et de l'encombrement des réservoirs d'air, sans compter l'inconvénient de l'échappement des gaz révélant la présence du sous-marin. L'erreur venait sans doute encore d'une comparaison superficielle avec la torpille comme pour

la question déjà examinée des gouvernails de plongée.

La deuxième solution indiquée par M. l'Inspecteur général du Génie maritime est celle préconisée par Nordenfeldt et a déjà été détaillée avec ses inconvénients de haute température et de déplacement du centre de gravité.

Toutefois, l'idée dominante du rapport, celle qui a trait à l'emploi d'appareils moteurs mixtes, quel qu'en soit d'ailleurs le genre, était parfaitement juste et a depuis fait son chemin, en France avec le type *Narval* et en Amérique avec le type *Holland*.

Quant aux accumulateurs électriques, leurs progrès, dus en grande partie à la traction sur terre, principalement en ce qui concerne la capacité et la rapidité de chargement et de déchargement, diminuent un peu l'importance des défauts qui leur étaient reprochés en 1893. Mais leur rôle futur est surtout assuré par le classement des sous-marins, au point de vue tactique, en torpilleurs garde-côtes à faible rayon d'action et en torpilleurs offensifs de haute mer, ceux-ci nécessitant seuls la dualité de l'appareil moteur.

CHAPITRE X

ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

Depuis la découverte des accumulateurs ou piles secondaires par Gaston Planté en 1858, ces appareils ont fait quelques progrès, mais encore bien insuffisants.

C'est en étudiant l'histoire des accumulateurs à bord des sous-marins de la Marine française que nous pouvons nous éclairer sur l'état de la question. En effet, nulle autre Marine ni constructeur ne l'a suivie d'aussi près et n'a fait autant d'essais comparatifs.

Une dépêche ministérielle datée du 22 novembre 1896, signée de l'amiral Aube, ayant décidé la mise en chantier du *Gymnote* à une époque où les accumulateurs au plomb n'avaient encore presque fait aucun progrès depuis Planté et Faure-Sellon-Volekmar, on s'adressa à un type tout nouveau qui semblait plein d'avenir : les accumulateurs Commelin-Desmazures.

Accumulateur Commelin-Desmazures.

— Ils sont à liquide alcalin et c'est ce qui contribua beaucoup à les faire adopter pour le *Gymnote*. On redoutait, en effet, la présence d'une grande masse d'acide sulfurique à l'intérieur d'un navire dont on ne pouvait que très imparfaitement prévoir la tenue à la mer ou en plongée. L'importance des émanations était exagérée, faute de données, et on comprend parfaitement que tous ces aléas n'existant pas dans les accumulateurs Commelin-Desmazures, leur firent accorder la préférence.

Ce premier succès leur fut d'ailleurs fatal et ils ne furent plus employés depuis.

Il semble pourtant que leur principe était bon et réellement intéressant dans son application aux sous-marins. Le malheur fut pour eux d'arriver à l'arsenal de Toulon à une époque où il n'existait encore aucun personnel formé à l'entretien des batteries d'accumulateurs. Ils servirent d'études à tous ceux qui les approchèrent, sans que personne ne s'occupât de les ménager et de les entourer des soins que nécessitent toujours ce genre d'appareils. Longtemps, ils restèrent abandonnés sans charge. On leur attribua bien des défauts dont n'auraient dû être rendus responsables que ceux qui avaient le soin de la batterie.

Il faut pourtant reconnaître que celle-ci n'était pas la perfection et avait forcément les tares inhérentes à un premier essai. On dut changer les bacs en fer étamé pour les remplacer par des bacs en ébonite. L'isolement défectueux entre les plaques fut aussi amélioré beaucoup par l'interposition de quadrillages d'ébonite. La batterie se comporta tout de suite mieux, n'ayant plus toutes les pertes intérieures et à la masse, du début, mais elle était déjà usée autant par manque de soins que par ses propres défauts, auxquels on ne porta que trop tard remède. On ne lui pardonna rien d'autant plus que les essais du *Gymnote*, péchant par bien d'autres points, avaient été peu en faveur dans la marine malgré tous les louables efforts de M. Baudry-Lacantinerie, premier commandant du navire.

Les accumulateurs Commelin-Desmazures furent donc abandonnés et on doit regretter qu'ils n'aient pas été exploités par une société plus puissante qui aurait pu résister à ces premiers déboires et quand même les faire aboutir.

M. le commandant Darrieus, successeur de M. Baudry-Lacantinerie étudia la question de la batterie du *Gymnote*, fit plusieurs rapports et études comparatives et conclut à l'adoption

des accumulateurs au plomb du système Laurent-Cély.

Accumulateur Laurent-Cély. — Ce système a les défauts de tous les accumulateurs au plomb. On appréhendait les moins graves : l'acide et les émanations. Les autres sont pourtant autrement redoutables : détérioration rapide des plaques positives, qui se déforment en donnant des courts circuits intérieurs. Capacité électrique faible.

Les nouveaux essais du *Gymnote* avec sa batterie neuve, système Laurent-Cély furent assez satisfaisants pour décider la commande de celle du *Gustave-Zédé*. Celle-ci eut des mésaventures. Elle comportait environ 40 000 contacts, les oreilles des plaques étant réunies entre elles par une tige filetée et serrée entre deux écrous. Les mauvais contacts furent cause d'étincelles qui, jaillissant dans la partie haute des bacs, contenant de l'air et de l'hydrogène sulfuré firent exploser ce mélange dans plusieurs accumulateurs. Le feu se communiqua à la mousse de valvoline, qui recouvrait le liquide des bacs pour diminuer le dégagement gazeux. Ce commencement d'incendie fut vite éteint. Le navire était dans l'arsenal, mais on se rendit compte

du danger d'un semblable accident à la mer. On finit par où on aurait dû commencer, c'est-à-dire par supprimer cette armée de contacts impossibles à vérifier. On les remplaça par des soudures hétérogènes qu'il suffit de couper et de refaire pour changer une plaque ce qui n'est pas un bien grave défaut comparé à l'autre.

Les accumulateurs Laurent-Cély ont presque exclusivement prévalu dans la marine pour les sous-marins.

Accumulateur Fulmen. — Ce sont ceux du *Narval*. Ils ont une capacité plus grande que les Laurent-Cély et admettent un régime de décharge bien plus rapide, ce qui est précieux. Il ne reste donc à voir que la durée de la batterie. L'expérience en décidera.

Accumulateur Jullien. — Ce sont ceux qu'emploie la marine italienne. Ils furent examinés parallèlement avec les Laurent-Cély et furent trouvés aussi bons, mais, étant fabriqués en Belgique, les préférences de la Marine allèrent à la Société française des Métaux.

Accumulateur Dinin. — Ce sont ceux qui furent reconnus de beaucoup les meilleurs au Laboratoire central de la Marine dans un con-

cours destiné à approvisionner les postes d'inflammation des torpilles. Il est vrai qu'il s'agissait de petits éléments.

Précautions à prendre dans l'installation des batteries à bord des sous-marins.

— Ainsi que nous venons de le voir, il faut éviter les contacts qui souvent sont défectueux. Il est bon de recouvrir le liquide des bacs d'une couche de valvoline qui, par sa viscosité, s'oppose en partie au dégagement des bulles d'hydrogène sulfuré.

Il faut autant que possible laisser tous les éléments accessibles pour vérifier leur état. Cette condition n'est presque jamais remplie.

Les plaques doivent être isolées les unes des autres par deux toiles d'amiante et un quadrillage ou grille en ébonite. Cette disposition empêche presque complètement les courts-circuits intérieurs. Elle a l'inconvénient d'augmenter la résistance électrique intérieure de la batterie et, par conséquent, de diminuer un peu sa capacité (environ 8 %). Il faut quand même absolument l'adopter.

L'isolement électrique extérieur des bacs doit être aussi l'objet de toutes les attentions du constructeur et, par la suite, de l'équipage.

Malgré toutes ces précautions, la buée et l'humidité de l'air dans le sous-marin sont encore cause de pertes qui sont d'autant plus importantes que la tension est plus grande, Aussi ne doit-on pas dépasser 100 à 120 volts dans le groupement de la batterie.

On devra vérifier fréquemment le voltage de chaque élément séparément pour voir s'il tient bien la charge et le visiter dès qu'il semblera défectueux.

Pour le régime de charge et de décharge et les autres soins à prendre pour la conservation des batteries, nous renvoyons aux instructions des constructeurs qui ont chacun leurs usages.

CHAPITRE XI

—

PROPULSEURS

Nous ne citerons que pour mémoire les rames, les voiles et la réaction d'eau, ces moyens péu-rils étant complètement abandonnés.

Tous les sous-marins n'emploient plus que l'hélice presque toujours unique. Le constructeur Holland avait fait un autonome a trois hélices. Il a d'ailleurs abandonné ce système inutilement compliqué.

En effet, les raisons en faveur de l'emploi de plusieurs hélices dans les bateaux ordinaires sont loin d'avoir autant de valeur appliquées aux sous-marins, alors qu'au contraire, la multiplicité des appareils moteurs y présente de graves inconvénients par sa complication et par l'encombrement qui en résulte.

Hélice ordinaire. — Nous ne pouvons que renvoyer aux traités de constructions navales et de machines marines pour l'étude de leurs éléments.

Nous remarquerons seulement ici que l'hélice centrale dans un sous-marin a un rendement supérieur à celui qu'elle a dans les navires ordinaires, l'eau y arrivant librement de tous côtés. Le diamètre peut être accru à volonté, ce qui est encore un des éléments de bonne utilisation.

La théorie indiquait, à première vue, ces avantages ; la pratique les a confirmés d'abord dans les torpilles automobiles, et depuis, dans les sous-marins. Le coefficient *d'utilisation* tel qu'on le définit dans la Marine française atteint, en effet, dans ces engins, des valeurs qui étaient complètement inconnues des constructeurs de vaisseaux avant leur emploi.

Ceci nous autorise à conclure qu'au point de vue de la vitesse, les sous-marins ne sont pas plus disgraciés que les autres navires, au contraire ; aussi les verrons-nous sans doute suivre la marche ascendante des torpilleurs qui ont commencé à filer péniblement 15 nœuds et en filent aujourd'hui plus de 30, tellement les progrès accomplis ont été rapides.

Hélice Maugas — M. Maugas, ingénieur de la Marine, auteur des plans des sous-marins type *Lutin* construits à l'arsenal de Rochefort, a imaginé une hélice à ailes mobiles spécialement construite en vue de son application à la navigation sous marine.

Ce dispositif a pour but de permettre de faire varier le pas de l'hélice et de pouvoir même au besoin changer le sens de la marche du navire sans changer celui de la rotation de la machine. L'idée n'était pas absolument neuve et avait déjà été appliquée aux navires mus par les moteurs à pétrole, qui n'ont qu'un sens de rotation. Mais M. l'ingénieur Maugas poursuivait, dans ses sous-marins, un autre résultat : celui du bon rendement de la machine électrique aux différentes vitesses du navire. En effet, en faisant varier le pas de l'hélice, on peut faire varier la vitesse du navire tout en conservant à la machine le nombre de tours qui convient à son bon rendement.

Cette hélice est appelée, croyons-nous, à rendre de grands services aux sous-marins mixtes employant le pétrole et l'électricité. Elle permettra, en effet, en plus des avantages résultant de son application au moteur électrique, de faire toutes les manœuvres avec le moteur à pétrole, et faci-

litéra aussi beaucoup la recharge des accumulateurs en cours de route.

On peut reprocher à ce système d'être moins robuste que l'hélice ordinaire. En réalité, c'est une question de grosseur de moyeu permettant de loger des organes d'orientation solides. L'arbre porte-hélice est forcément creux et contient des tringles de commande.

CHAPITRE XII

—

TACTIQUE

Les premiers essais de tactique du sous-marin ont eu lieu avec le *Gymnote*, en 1890, sous la direction de M. Baudry-Lacantinerie, lieutenant de vaisseau, commandant.

Le programme de ces manœuvres avait été remarquablement bien entendu par cet officier et comprenait principalement des attaques sur buts fixes et mobiles, forcement de blocus, visibilité sous l'eau et vulnérabilité dans toutes les conditions.

La conclusion de toutes ces expériences fut la preuve formellement acquise que, malgré les imperfections du *Gymnote*, premier sous-marin d'études, ces bâtiments, bien armés de torpilles automobiles, rendraient, en cas de guerre, d'incontestables services.

La première qualité révélée par les essais du

Gymnote fut sa quasi-invisibilité naviguant à fleur d'eau. La Commission étant en plein jour, à bord d'un navire dont le sous-marin s'approchait ou s'éloignait dans une direction fixée d'avance, condition à sa défaveur, il fut reconnu que, par temps absolument calme, à moins d'un mille, il était déjà complètement invisible. Ceci montre qu'il y aurait un intérêt réel à construire les torpilleurs non sous-marins actionnés par les moteurs sans fumée ni cheminée et naviguant à fleur d'eau.

DEFENSIVE DU SOUS-MARIN

La défensive du sous-marin consiste évidemment et uniquement à s'abriter sous les flots qui par la même occasion le dérobent à la vue de l'ennemi.

Le sous-marin peut d'ailleurs réapparaître à la surface de temps en temps pour observer son ennemi, sans aucun danger, même à très faible portée de lui.

En effet, en 1891, il a été fait, à bord de la *Couronne* (école des canonnières), des essais de tir sur *but fixe à distance connue et hausses parfaitement réglées*. Le but figurait le volume

et la surface émergente du *Gymnote*, lorsque ce sous-marin navigue avec ses ballasts vides. A mille mètres, le tir n'a donné que 8 % de touchés ! Or, dans la pratique, il est impossible d'évaluer avec un peu d'exactitude, la distance d'un sous-marin naviguant à fleur d'eau et, le pourrait-on, le but serait déjà devenu invisible avant même que le réglage des hausses ne soit fait.

Les tirs de la *Couronne* ont encore révélé un fait non moins important : les projectiles de petits calibres (les seuls qu'on puisse espérer avoir le temps de tirer) sont d'effet nul.

La cible figurant le *Gymnote* étant immergée de 10 centimètres seulement, les projectiles n'ont jamais pu l'atteindre. Quand elle était éloignée, les projectiles attaquant l'eau sous un angle trop faible ricochaient, quand, au contraire, elle était rapprochée, les projectiles éclataient au contact du liquide sans endommager la cible.

En résumé, le sous-marin est donc bien en sûreté, naviguant à 10 centimètres d'immersion, ce qui permet de conserver toujours hors de l'eau un appareil de vision ; *il n'est donc pas pratiquement aveugle et, de plus, est absolument invulnérable.*

OFFENSIVE DU SOUS-MARIN

L'éperon. — Beaucoup d'inventeurs (dont le commandant espagnol Peral) avaient songé à utiliser l'éperon. Il est difficile de préjuger de la valeur de cette arme offensive dans un sous-marin. En tout cas, étant donnés les tonnages plutôt faibles de cette catégorie de bâtiments, ils ne pourraient utiliser cette arme que contre des ennemis de dimensions comparables tels que des torpilleurs, des avisos, etc.

Une autre objection, plus grave, se pose contre l'emploi de l'éperon. Souvent, en effet, le sous-marin passerait sous la coque de son ennemi à cause de son extrême facilité à changer de plan, par suite de son absence de flottabilité.

De plus, la moindre avarie à sa coque lui serait fatale pour la même raison. Celle-ci interviendrait encore pour le perdre dans le cas où, ayant réussi à éperonner son ennemi, il ne pourrait pas se dégager à temps et serait entraîné avec lui.

En résumé, l'éperon semble peu pratique et il n'y a là rien de surprenant à en juger par le faible usage qu'en ont jusqu'à présent fait

tous les autres navires de combat qui en étaient munis.

La torpille portée. — Tous les sous-marins venus avant la découverte des torpilles automobiles en étaient armés, y compris celui de Brun et Bourgeois. Ceux qui ont eu l'occasion de s'en servir comme les Phillip et les Davids en ont vu les dangers pourtant faciles à prévoir : le sous-marin est la première victime de l'explosion, dont les pressions, à cause de l'incompressibilité de l'eau, se transmettent en tous sens et écrasent forcément sa coque. Un canot ordinaire qui, lui, est à la surface, ne risque rien d'une torpille qu'il fait éclater à 5 mètres de son avant. Il est soulevé avec la colonne d'eau et retombe sans avarie. L'expérience en a été plusieurs fois faite pendant la guerre du Tonkin.

Un torpilleur sous-marin n'a à redouter l'effet de l'explosion que dans un assez faible rayon. Les expériences très sérieuses faites, à ce sujet, sur le *Gymnote*, après essais sur des bouées, ont prouvé qu'à 75 mètres de distance, l'explosion de 110 kilogrammes de fulmi-coton était sans effet. Ceci nous conduit tout naturellement à la conclusion, qu'autant les torpilles portées étaient dangereuses pour ceux qui en étaient munis,

autant la torpille automobile est, bien au contraire, l'arme qui convient, et dont il n'y a rien à redouter pour soi-même.

C'est d'ailleurs actuellement la seule arme dont soient munis les sous-marins et submersibles de la Marine française.

Torpilles automobiles. — Ces engins sont de vrais petits sous-marins automatiques. C'est eux qui ont préparé les voies aux autres dont ils sont l'arme par excellence. Il n'est pas exagéré de dire que, sans eux, la navigation sous-marine militaire n'existerait pas.

Réciproquement, la torpille automobile n'est une arme sûre qu'autant qu'elle est lancée par le sous-marin qui peut s'approcher assez près du but à atteindre pour être certain de son tir, ce que les torpilleurs ordinaires ne peuvent qu'exceptionnellement faire.

Il existe principalement deux constructeurs de torpilles, Whitehead et Scharzkopf.

Le véritable inventeur de l'engin est le premier. Depuis fort longtemps, nombreuses sont les marines qui fabriquent elles-mêmes leurs torpilles qui ne sont que des reproductions plus ou moins fidèles de la torpille Whitehead.

La Marine française emploie des types variant

de 350 à 600 kilogrammes et portant jusqu'à 100 kilogrammes de fulmi-coton. Les diamètres réglementaires sont 356 millimètres, 381 millimètres et 450 millimètres pour la plupart des modèles récents. La vitesse, pour un tir à 400 mètres, varie entre 28 et 35 nœuds suivant les types. La pression au réservoir d'air comprimé est de 90 kilogrammes par centimètre carré. Le moteur pèse environ 500 grammes par cheval-vapeur.

La torpille automobile est placée, en général, dans un tube d'où on la chasse à la poudre comme un boulet (système du capitaine Cariage). La faible quantité de poudre employée fait que la pression dans le tube ne dépasse pas 4 kilogrammes. Le tube est fermé par une porteculasse légère, à fermeture rapide.

FORCEMENT D'UN BLOCUS

Cette opération militaire de première importance dans la plupart des cas, suffirait à elle seule pour justifier la présence des sous-marins, dans la constitution d'une flotte.

Forcer le blocus pour entrer en communication avec une ville assiégée par terre et par

mer, ou bien de la ville assiégée, forcer la ligne pour venir attaquer les assaillants par le large, ou bien encore entrer dans une rade ennemie sans être vu des navires de grande garde et en évitant les torpilles de fond, telles sont les différentes opérations dans lesquelles les sous-marins sont appelés à jouer dans l'avenir un rôle capital.

Les expériences de 1890 et 1891 du *Gymnote*, ont prouvé que toutes ces opérations étaient non seulement réalisables, mais même qu'elles n'étaient plus qu'un jeu pour ce petit bâtiment. Tous les points du programme très rigoureux dressé à cet effet furent remplis avec une précision et une élégance absolument remarquables.

Depuis, nombreuses sont les expériences qui ont été faites avec le *Zédé*, le *Morse*, le *Narval*, etc. Tous ces bâtiments ont toujours fait preuve, à des degrés divers, des mêmes qualités que leur petit devancier.

UTILITE DE LA NAVIGATION SOUS-MARINE

L'ensemble de notre étude démontre que le problème du sous-marin est entré dans la pratique courante, du moins pour une certaine catégorie de constructeurs navals spécialistes.

Nous avons surtout vu le but militaire des nouveaux engins. En effet, sauf de rares exceptions, presque tous ont été construits exclusivement pour jouer un rôle de combattant. On est cependant en droit de se demander si leur utilité doit s'arrêter là. Pour nous, il nous semble que non, et sans vouloir préjuger l'avenir, il paraît dès maintenant possible de réaliser d'excellents sous-marins en vue des pêcheries sous-marines par grands fonds et de la reconnaissance et peut-être même du renflouement des épaves profondément immergées.

Les grandes vitesses des torpilles, la valeur très élevée de leur coefficient d'utilisation à ces

mêmes allures, ainsi que l'absence de tempêtes sous l'eau, permettent aussi de se demander si un jour la voie sous-marine ne sera pas reconnue comme celle convenant le mieux aux services rapides et comme étant même la plus sûre, les abordages étant presque impossibles entre sous-marins, comme nous l'avons démontré, alors qu'il n'en est malheureusement pas ainsi pour les grands paquebots courant à toute vitesse au milieu du brouillard qui les rend aussi aveugles que les bateaux-poissons.

L'avenir de la navigation sous-marine ne dépend plus que de celui des moteurs, réservoirs et sources d'énergie.

Dans l'état actuel des progrès réalisés, on a vu qu'il y a quatre systèmes moteurs satisfaisants en présence et ayant déjà fait leurs preuves : électricité, vapeur, pétrole et électricité, vapeur et électricité. Ce dernier n'a sans doute qu'une valeur de transition et nous le croyons appelé à disparaître. En revanche, nous verrons peut-être bientôt surgir des appareils-moteurs basés sur l'emploi de l'oxygène liquide qui semble pouvoir assurer *un grand rayon d'action sous-marin*. Mais en sentons-nous déjà le besoin ?

Quoiqu'il arrive maintenant, l'impulsion est donnée ; la navigation sous-marine est sortie du

domaine du rêve et de l'utopie. Les marines militaires et les industriels de tous pays vont entrer en concurrence : de là jailliront de nouveaux progrès et une nouvelle source d'activité pour la métallurgie.

142 FLOTTE SOUS-MARINE FRANÇAISE ACTUELLE

Liste des navires constituant actuellement la flotte
sous-marine française.

Auteur des plans	Noms des navires
Gustave Zédé	Gymnote
Romazzotti	Gustave-Zédé
"	Morse
"	Français
"	Algérien
Laubeuf	Narval
"	Triton
"	Espadon
"	Silure
"	Sirène
Maugas	Lutin
"	Gnome
"	Farfadet
"	Korrigan
Romazzotti	Naiade
"	Protéc
"	Perle
"	Esturgeon
"	Bonite
"	Thon
"	Souffleur
"	Dorade
"	Lynx
"	Ludion
"	Loutre
"	Castor
"	Phoque
"	Otarie
"	Méduse
"	Oursin
"	Grondin
"	Anguille
"	Alose
"	Truite
Bertin	Deux autres types nou-
Maugas	veaux à expérimenter

LES CONCOURS DE SOUS-MARINS

Il est à remarquer que les trois pays qui sont les plus avancés en matière de navigation sous-marine sont la France, l'Amérique et l'Italie qui ont mis la question au concours. Le premier a, jusqu'à présent, gardé pour lui le fruit de ses découvertes, qui se sont trouvées être réalisées par ses officiers du corps du Génie maritime, liés par le secret de la défense nationale et qui sont les seuls détenteurs, en France, de la science navale indispensable pour aborder ces difficiles problèmes. Tout ce qui fut fait en dehors d'eux n'était guère qu'utopie et tâtonnements d'inventeurs mal préparés aux études qu'ils abordaient.

L'Amérique, au contraire, a des ingénieurs maritimes formés aux sources les plus diverses, même en ce qui concerne ceux de l'Amirauté. Chez elle, ce sont presque toujours des ingénieurs civils, mais depuis longtemps familia-

risés avec les choses de la marine, qui ont résolu les problèmes concernant la construction des navires sous-marins.

En Italie, le concours de 1899 resta fermé à toute personne étrangère au Génie maritime italien, organisé à peu près comme le français. Le programme même fut secret. Il conduisit à l'élaboration de divers projets qui, si nous en jugeons par les précédents efforts de la Marine italienne dans cette voie, comme dans d'autres, ont dû être du plus haut intérêt. Ces projets, pourtant, ne dépassèrent pas les nôtres, étant données l'avance considérable, ainsi que l'expérience déjà acquise en France, depuis les études du *Gymnote* en 1885. Des renseignements accidentellement recueillis auprès de divers constructeurs, fournisseurs de la Marine italienne, il ressort que celle-ci est engagée dans des voies analogues à celles suivies par la Marine française, mais avec un retard que nous ne craignons pas d'évaluer à cinq années.

Il semble donc que les trois principaux concours aient porté leurs fruits, aucune autre nation, en dehors des trois citées, n'ayant rien produit jusqu'à présent de réellement pratique.

CONCOURS DE L'AMIRAUTÉ AMÉRICAINE EN 1888

Alors qu'en France on commençait les essais du *Gymnote* qui ne pouvaient pas passer inaperçus de l'autre côté de l'Atlantique, l'Amirauté des États-Unis, manquant complètement d'éléments d'études, mettait très prudemment au concours l'élaboration des projets, d'autant plus qu'elle recevait, vers la même époque, des offres de divers constructeurs ou inventeurs dont les procédés, tous défendus énergiquement quoique complètement en contradiction les uns avec les autres, augmentaient encore, si possible, l'incertitude du jugement à y porter, ainsi que du choix des principes fondamentaux sur lesquels ces nouvelles constructions navales devaient être basées.

Le programme du concours fut élaboré sous la haute direction de Sir William C. Whitney, à l'époque Secrétaire d'État au Navy-Departement, assisté des personnalités les plus compétentes. Le programme fut annoncé le 20 août 1888 et publié le 4 octobre de la même année. Les concurrents n'avaient que jusqu'au 4 janvier 1889 pour transmettre leurs projets et leurs offres. Il est évident que ce délai était fort court et devait

priver le concours de la participation étrangère.

Nous empruntons aux auteurs des *Guerres navales de demain*, MM. les commandants Z. et H. Montéchant, la traduction de ce document qui montre irréfutablement combien, à cette époque, l'Amirauté américaine était encore loin de la netteté de vue que possédait déjà, en France, à lui seul, M. Gustave Zédé sur l'important problème.

« Pour être acceptables, les plans de plongeurs devront indiquer comment devra être gouverné le bâtiment, dans tous les cas qui sont susceptibles de se présenter, et surtout comment il sera conduit dans une action à distance.

« Les qualités primordiales à exiger de pareils navires sont : la vitesse, la sûreté de route, l'invisibilité et la protection contre les feux de l'ennemi. Il est indispensable que les calculs annexés aux plans fassent voir la valeur de chacune de ces forces en même temps que les avantages qui résulteraient de la diminution de l'une d'elle au profit des autres.

« Le département, n'ayant aucune connaissance des moyens les meilleurs pour assurer l'approche d'un objet constamment en mouvement et changeant continuellement de direction, estime que le but ne paraît guère pouvoir

être obtenu que par le maintien d'une visibilité continue, ou encore à intervalles très rapprochés, et il en conclut à la nécessité d'une très grande vitesse, aussi bien au-dessous de l'eau qu'au dessus; si, en dedans de la zone dangereuse, une partie de la vitesse à la surface peut être sacrifiée pour obtenir une protection d'eau, encore faut-il que ce moyen de protection ne fasse point perdre une trop grande part des chances de succès. Pour mieux préciser, le plongeur doit être considéré dans trois positions différentes :

« 1° A flot, naviguant comme un bateau ordinaire ;

« 2° A fleur d'eau, naviguant presque masqué, mais pouvant voir ;

« 3° Sous l'eau, protégé, mais n'y voyant pas.

Condition de vitesse

« Le sous-marin devra fournir quinze nœuds à flot, douze nœuds à fleur d'eau, huit nœuds sous l'eau.

Endurance

« Il devra pouvoir naviguer au moins trente heures à flot ou à fleur d'eau à toute vitesse, et

seulement deux heures sous l'eau, mais la force d'au-dessus de l'eau devra pouvoir, à l'occasion, se transformer en force utilisable sous l'eau.

Manœuvre

« Pour ne pas rester trop longtemps exposé aux coups de l'ennemi, le plongeur devra pouvoir passer en moins de trente secondes de la position à fleur d'eau à la position sous l'eau. Au repos, il devra être capable de se maintenir à une profondeur invariable ; mais ce *desideratum* ne semble pas réalisable par le simple effet d'une variation dans le poids spécifique du navire.

« En marche, l'immersion devra être facile à conserver et le bateau devra pouvoir évoluer très rapidement sans renverser la marche des hélices.

Stabilité

« En quelque position que se trouvera le sous-marin, il devra posséder une bonne stabilité. Celle-ci, dépendant en grande partie de la flottabilité du navire, il ne faudra jamais se débarrasser complètement de cette dernière, à moins

qu'il ne soit nécessaire de reposer sur le fond, dans le but de conserver de la puissance motrice.

Solidité

« La coque du submersible devra être suffisamment forte pour supporter une pression d'eau extérieure correspondante à cent cinquante pieds d'immersion.

Puissance offensive

« Le bâtiment devra être capable de lancer, dans de bonnes conditions d'attaque, contre un navire en marche, des torpilles portant des charges d'au moins 50 kilogrammes de substance explosive.

« Les moyens pour atteindre ce but sont laissés à la disposition des inventeurs, mais il y a lieu d'insister sur ce point, que la méthode qui donnera la plus grande portée sous l'eau, avec justesse, devra être préférée.

« La rapidité de lancement, la grandeur de l'angle dans lequel les torpilles pourront être tirées, le nombre des torpilles que l'on pourra porter seront autant de facteurs à considérer au point de vue de la puissance offensive.

« En dehors de ces principaux *desiderata*, le bateau devra posséder les moyens susceptibles de permettre au commandant de voir et de suivre l'objet attaqué, soit quand il navigue à fleur d'eau, soit quand il marche sous l'eau.

« Une vision circulaire, un instrument remplaçant les compas ordinaires sont à rechercher.

« Il faudra aussi étudier les questions de l'aération intérieure, de la température, de l'échouage, du déséchouage, de l'éclairage, etc.

« La plus grande initiative sera laissée aux constructeurs quant au choix des organes susceptibles de réaliser le but proposé ».

Les auteurs des *Guerres navales de demain*, à qui nous avons emprunté le document ci-dessus du programme de l'Amirauté américaine, jugent qu'elle posait admirablement le problème. Il nous semble, au contraire, qu'il est difficile d'avouer, avec plus de détails, sa parfaite ignorance de la question, tant au point de vue construction qu'au point de vue tactique, abstraction faite des erreurs de vue, surtout en ce qui concerne les vitesses aux différents degrés d'immersion, de l'exigence de grandes vitesses évidemment superflues dans ces premières recherches, des appréciations fausses concernant la stabilité, de

la préoccupation d'objets secondaires déjà suffisamment résolus à l'époque ou même indifférents dans la pratique comme l'échouage et le déséchouage. A ce programme mal défini et confus nous opposerons celui élaboré au ministère français.

CONCOURS OUVERT PAR LE MINISTÈRE DE LA
MARINE FRANÇAISE EN (1896).

Quoique la Marine eût déjà fait de nombreuses études du sujet et déjà construit le *Gymnote*, le *Zédé* et projeté le *Morse*, il lui sembla utile de faire appel aux idées neuves pouvant surgir de n'importe quelles sources ; en conséquence, elle ouvrait, le 26 février 1898, un concours, dont voici le programme publié au *Journal Officiel* de cette date.

Programme du concours d'un torpilleur sous-marin.

I. — Il est ouvert, au Ministère de la Marine, un concours pour l'élaboration d'un projet de torpilleur sous-marin, parmi les constructeurs et les personnes étrangères à la Marine qui s'intéressent à la question.

Les conditions *minima* à remplir sont, comme indications :

Vitesse, douze nœuds.

Distance franchissable, 100 milles à huit nœuds.

Distance franchissable sous l'eau, 10 milles à huit nœuds.

Deux torpilles prêtes à être lancées.

II. — Les concurrents chercheront d'ailleurs à dépasser les conditions ci-dessus, comme vitesse à fleur d'eau et sous l'eau, comme distance franchissable, comme durée de l'immersion possible, comme armement.

Toute latitude est laissée aux concurrents, en ce qui concerne les mécanismes de direction et de plongée, etc.

Le déplacement total du bâtiment ne devra pas dépasser 200 tonneaux.

Chaque concurrent devra remettre une étude complète comprenant :

1^o Une note indiquant les vues d'ensemble, d'après lesquelles son projet a été établi et les conditions qu'il se propose de réaliser ;

2^o Tous les calculs de déplacement de stabilité, de puissance motrice, etc., justifiant les dispositions et les dimensions adoptées ;

3^o Un plan des formes du torpilleur ;

4° Une coupe au maître et des coupes diverses en nombre suffisant pour définir exactement la charpente du navire et permettre au besoin d'entreprendre l'exécution ;

5° Un devis des échantillons ;

6° Des calculs de résistance, justifiant l'indéformabilité de la coque immergée à une profondeur de trente mètres ;

7° Un devis des poids ;

8° Un plan détaillé des emménagements ;

9° Des plans d'ensemble de l'appareil moteur, appuyés du calcul des dimensions principales de cet appareil ;

10° Des plans détaillés des appareils de plongée, des régulateurs d'immersion, des gouvernails de direction, etc. ;

11° Des plans détaillés des appareils militaires ;

12° Des plans détaillés des appareils spéciaux que l'inventeur croira devoir proposer pour atteindre tel ou tel but particulier.

Les plans d'ensemble seront à l'échelle de $1/20$ et les plans de détail au $1/10$.

III. — Les projets présentés au concours devront être adressés à M. le Ministre de la Marine, dans le délai d'un an à compter de ce jour. Ils pourront être signés ou anonymes ; dans ce

cas, les concurrents devront les distinguer par une devise reproduite sur chacun des documents formant l'ensemble du projet. Toutes les pièces constituant un projet seront accompagnées d'un bordereau détaillé indiquant leur nombre et leur désignation.

IV. — Les projets présentés au concours seront soumis à l'examen du Conseil des Travaux qui en établira le classement.

Une prime de 10 000 francs sera attribuée à l'auteur du projet classé avec le n° 1.

Des primes moindres pourront être attribuées aux projets classés à un rang inférieur.

V. — En dehors de ce concours pour l'ensemble du projet, il en est également ouvert un pour les inventions nouvelles et appareils de nature à faire progresser quelque'une des questions accessoires qui se rattachent à l'étude des sous-marins, par exemple :

1° Étude des moteurs permettant la marche réversible, spécialement appropriée à la navigation sous-marine.

Étude des appareils propres à assurer la continuité de l'échelle des vitesses ;

2° Appareils de réglage de l'immersion et de la stabilité de routes verticale et horizontale ;

3° Appareils de sécurité de toute nature ;

4° Appareils de vision ;

5° Appareils militaires, etc.

Cinq primes d'une valeur totale de 10 000 fr. seront décernées s'il y a lieu.

Les projets présentés au concours d'ensemble pourront participer pour leurs diverses parties au concours de détail.

On voit que la Marine française connaissant déjà bien la question, posait avec précision les bases d'un concours d'une ampleur absolue. Sachant les difficultés et le temps que nécessitent des études sérieuses d'un aussi vaste sujet, elle accordait un délai d'un an, alors que le Navy-Departement n'avait donné que trois mois, condition qui, à elle seule, pouvait suffire à faire échouer son concours.

Résultats des concours de 1888 et 1896

Les résultats du concours américain furent à peu près nuls : il aboutit à la construction du *Plunger* sur les plans de Holland, modifiés contre son gré par ses propres juges, loin d'avoir son expérience en la matière. Les résultats de ce navire furent plus que médiocres. Toutefois la *Holland Torpedo boats Co* soutenant Holland lui permit de construire un nouveau type entièrement basé sur ses idées et sa longue expérience.

C'est celui-là, plus ou moins approprié aux vues militaires de chacun, que la susdite compagnie exploite actuellement et vend à toutes les puissances qui le lui demandent, y compris les États-Unis ; il n'était pas besoin d'un concours pour obtenir un pareil résultat. Cependant l'impulsion donnée fut réelle, mais le but atteint est bien différent de celui que se proposait l'Amirauté américaine : elle voulait travailler pour elle, et toutes les marines profitèrent indirectement de son concours, sauf celles qui avaient déjà trouvé mieux, comme la française et l'italienne.

En France, les résultats ont été bien différents quoique également un peu imprévus. On avait espéré faire surgir quelques idées neuves et originales venant de personnes étrangères à l'Amirauté. Il n'en fut rien et les seules dignes d'attention furent les projets de M. Laubœuf, type *Narval*, et de M. Maugas, type *Lutin*, tous deux ingénieurs de la Marine.

Parmi les civils, seul M. Forest présenta un projet bien étudié, mais ne pouvant pas soutenir la comparaison avec le *Narval*. D'une étude présentée par M. Drzewiecky, le Conseil des Travaux retint l'appareil de lancement des torpilles. Et ce fut tout.

Peut-être sont ce ces demi-succès des concours américains et français qui décidèrent la Marine italienne à réserver à ses seuls membres celui qu'elle institua en 1899, sentant parfaitement l'inutilité d'un appel aux personnes étrangères à la marine de guerre qui ne peuvent présenter, malgré la meilleure volonté, que des études sans aucun caractère pratique et même presque toujours utopiques.

CONCLUSION

Depuis quarante années, les flottes de guerre ont subi des transformations profondes.

La lutte entre la cuirasse et le canon se poursuivait sans relâche, lorsque la torpille et le torpilleur apparurent.

Le monde maritime se divisa alors en deux camps : les partisans du cuirassé et ceux du nouveau destructeur.

C'est à ce moment que l'illustre Dupuy de Lôme, prévoyant l'avenir des sous-marins, écrivait : « Nous allons mettre d'accord torpilleur et cuirassé, en supprimant l'un et l'autre ».

Sa prédiction est aujourd'hui en voie de se réaliser. La France qui, la première, a eu une flotte cuirassée, puis une flotte de torpilleurs, reste encore et toujours à la tête du progrès par sa flotte naissante de sous-marins.

La conférence de La Haye avait émis la prétention d'interdire dans les guerres futures, l'usage de ce nouvel engin, et pourtant, il est

bien certain qu'il servira beaucoup plus qu'elle au maintien de la paix. Peut-être n'est-il pas exagéré de dire que son avènement marque la fin des guerres navales.

L'honneur de sa découverte, destinée à faire époque dans l'histoire du monde, revient principalement à la Marine Française et à son corps du Génie Maritime, qui ont toujours su, malgré les critiques injustes, soutenir la gloire de la France et l'honneur du pavillon.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
------------------------	---

CHAPITRE PREMIER

Historique de la question

La Hollande	8
L'Amérique	8
L'Espagne	19
L'Angleterre	21
L'Italie	23
La Suède	25
La Russie	28
La France	32
La Marine française	37

CHAPITRE II

<i>Habitabilité</i>	46
-------------------------------	----

CHAPITRE III

La Vue

Lunette de Drzewiecky.	53
Périscope du colonel Mangin	54
Périscope du commandant Darrieus.	55
Lunette de M. Romazzotti	56
Lunette de MM. Garnier et Romazzotti.	56

D'ÉQUEVILLEY. — Les Bateaux sous-marins 11

	Pages
Appareil de MM. Daveling et Violette . . .	57

CHAPITRE IV

Instruments de route

Compas	59
Gyroscope	60
Plomb-sonde	61
Manomètres	61

CHAPITRE V

Sécurité et appareils de sûreté

Cloisons étanches	62
Flottabilité restante.	65
Chasses d'air comprimé	66
Poids de sécurité	66
Pompes d'épuisement	67
Gouvernails de plongée	67
Canots sous-marins.	67

CHAPITRE VI

Appareils lance-torpilles

Tubes d'étrave.	68
Tubes-griffes	69
Tubes-carcasses orientables.	69

CHAPITRE VII

Aperçus théoriques

Sous-Marins	71
Sous-marins autonomes	72
Submersibles	72
Immersion	73

TABLE DES MATIÈRES

163

	Pages
Émersion	75
Remarques sur la stabilité pendant l'immersion.	75
Plongée	78
Gouvernails horizontaux AR	79
" milieu	81
" AV	82
Plans minces horizontaux de dérive verticale.	83
Hélice à axe vertical	86
Stabilité de route	86
Instabilité de route des sous-marins à hélices orientables	88

CHAPITRE VIII

Construction

Formes des coques	89
Choix des matériaux employés pour la construction des coques	90
Coques en acier	92
Membrure	93
Coques en bronze	94
Coques coulées ou fondues	95
Coques des submersibles	96
Water-ballasts	96
Panneaux d'accès	97
Block-house ou kiosque	97
Gardes de protection	98

CHAPITRE IX

Les Moteurs

Vapeur et eau surchauffée	100
Vapeur et air comprimé	105
Air comprimé réchauffé par la vapeur.	106
Air comprimé seul	106
Pétrole, essence, alcool, etc.	108

	Pages
Électricité	109
Pétrole et électricité	110
Vapeur et électricité	113
Résumé	115

CHAPITRE X

Accumulateurs électriques

Accumulateur Commelin-Desmazures	121
Accumulateur Laurent-Cély	123
Accumulateur Fulmen	124
Accumulateur Jullien	124
Accumulateur Dinia	124
Précautions à prendre dans l'installation des batteries à bord des sous-marins	125

CHAPITRE XI

Propulseurs

Hélice ordinaire	128
Hélice Maugas	129

CHAPITRE XII

Tactique

Défensive du sous-marin	132
Offensive du sous-marin	134
L'éperon	134
La torpille portée	135
Torpilles automobiles	136
Forcement d'un blocus	137
UTILITÉ DE LA NAVIGATION SOUS-MARINE	139
LISTE des navires constituant actuellement la flotte sous-marine française	142
LES CONCOURS DE SOUS-MARINS	143
CONCLUSION	158

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6^e).

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE.

ALHEILIG,
Ingénieur de la Marine.

PAR

Camille ROCHE,
Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : avec 412 figures ; 1895 20 fr.
TOME II : avec 281 figures ; 1895 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

E. DEHARME,
Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

PAR

A. PULIN,
Ing^r Insp^r pal aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche ; 1895 (E. I.). 15 fr.

CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

E. DEHARME,
Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

PAR

A. PULIN,
Ing^r Insp^r pal aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8 de vi-608 p., avec 131 fig. et 2 pl. ; 1900 (E. I.). 15 fr.

TRAITÉ PRATIQUE DES CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DES TRAMWAYS

Par **Pierre GUÉDON,**

Ingénieur, Chef de traction à la C^{ie} générale des Omnibus de Paris.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.) ; 1901 11 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par Lucien GESCHWIND, Ingénieur-Chimiste.

Un volume grand in-8, de viii-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). 10 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par C. BRICKA,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I: avec 326 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 177 fig.; 1894.. 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par J. DENFER,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I: avec 479 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 571 fig.; 1894.. 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par A. GOUILLY,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.)... 12 FR.

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX, Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.)... 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR
Ch.-Er. GUIGNET, | **F. DOMMER,**
Directeur des teintures aux Manufac- | Professeur à l'École de Physique
tures nationales | et de Chimie industrielles
des Gobelins et de Beauvais. | de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1893 (E. I.)..... 30 FR.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

ET

ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE MATHÉMATIQUE DE L'ÉLASTICITÉ

Par **Aug. FÖPPL,**

Professeur à l'Université technique de Munich.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR E. HAHN,

Ingénieur diplômé de l'École Polytechnique de Zurich.

GRAND IN-8, DE 489 PAGES, AVEC 74 FIG.: 1901 (E. I.)... 15 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **A. CRONEAU,**

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.):

TOME I : avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4; 1894..... 18 fr.

TOME II : avec 359 fig.; 1894..... 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY,**

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.).. 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

CHEMINS DE FER.

EXPLOITATION TECHNIQUE

PAR MM.

SCHÖELLER,

Chef adjoint des Services commerciaux
à la Compagnie du Nord.

FLEURQUIN,

Inspecteur des Services commerciaux
à la même Compagnie.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES: 1901 (E. I.)..... 12 FR.

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.
PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 753 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Par **J. HIRSCH,**

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2^e édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **Henri DE LAPPARENT,**

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU
VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCO-
NOMIE, LÉGISLATION.

GR. IN-8 DE XII-533 P., AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES; 1895 (E. I.) 12 FR

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par **A. JOANNIS,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1896 (E. I.).

TOME I: 688 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig.; 1896. 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par **G. LECHALAS**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II: 1^{re} partie; 1893; 10 fr. 2^e partie; 1898; 10 fr.

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR, PAR

P. PETIT,

Prof^r à la Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur de l'École de Brasserie.

J. JAQUET,

Ingénieur civil.

Grand in-8 de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. I.)... 7 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,

Ing^r et Prof^r à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.).... 12 FR.

LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES

ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par **P. HUBERT-VALLEROUX**,

Avocat à la Cour de Paris, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES; 1899 (E. I.)..... 10 FR.

TRAITÉ DES FOURS A GAZ

A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE.

DÉTERMINATION DE LEURS DIMENSIONS.

Par **Friedrich TOLDT**,

Ingénieur, Professeur à l'Académie Impériale des Mines de Leoben.

TRADUIT DE L'ALLEMAND SUR LA 2^e ÉDITION REVUE ET DÉVELOPPÉE PAR L'AUTEUR,

Par **F. DOMMER**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. I.). 11 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

ANALYSE INFINITÉSIMALE

A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par E. ROUCHÉ et L. LÉVY,

2 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES (E. T. P.) :

TOME I : *Calcul différentiel*. VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900..... 15 fr.

TOME II : *Calcul intégral*..... (Sous presse.)

PREMIERS PRINCIPES

D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

FILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS,

Par Paul JANET,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

Quatrième édition conforme à la 3^e — In-8, avec 169 figures; 1901. 6 fr.

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFOUDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et
14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE
COMPLET)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec
150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la cha-
leur*; avec 47 figures..... 5 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures 4 fr.
(*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
3^e fascicule. — *Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.
- TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.
1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.
- TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.
3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.
4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

- 1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur, Acoustique, Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.
2^e SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule.

LEÇONS

D'ÉLECTROTECHNIQUE GÉNÉRALE

PROFESSÉES A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

Par P. JANET,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 307 FIGURES; 1900..... 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.).

Par **Ch. FABRY**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures; 1898..... 7 fr. 50 c.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

MÉTÉOROLOGIE

Par **Alfred ANGOT**,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'École supérieure
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103^e FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

RAPPORTS

PRÉSENTÉS AU

CONGRÈS DE PHYSIQUE

RÉUNI A PARIS EN 1900, SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ
FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

Rassemblés et publiés par

Ch.-Éd. GUILLAUME et L. POINCARÉ,

Secrétaires généraux du Congrès.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1900..... 50 FR.

On vend séparément :

TOME I : *Questions générales. Métrologie, Physique mécanique. Physique moléculaire*..... 18 fr.

TOME II : *Optique. Électricité. Magnétisme*..... 18 fr.

TOME III : *Électro-optique et ionisation. Applications. Physique cosmique. Physique biologique*..... 18 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ
DE LA
FABRICATION DES LIQUEURS
ET DE LA
DISTILLATION DES ALCOOLS,

Par **P. DUPLAIS Aîné**,
SEPTIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFONDUE

PAR
Marcel ARPIN,
Chimiste industriel. | **Ernest PORTIER**,
Répétiteur de Technologie agricole
à l'Institut agronomique.

DEUX VOLUMES IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT; 1900.

TOME I : *Les Alcools*. Volume de VIII-613 pages avec 68 figures..... 8 fr.
TOME II : *Les Liqueurs*. Volume de 606 pages avec 69 figures..... 10 fr.

DE L'OPTIQUE DES RAYONS DE RÖNTGEN
ET DES RAYONS SECONDAIRES QUI EN DÉRIVENT

Par **G. SAGNAC**,
Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Lille.

GRAND IN-8, AVEC 31 FIGURES; 1901..... 4 FR.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ
AVEC LES PRINCIPALES APPLICATIONS,

Par **R. COLSON**,
Commandant du Génie, Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.

3^e édition entièrement refondue. In-18 jésus, avec 91 fig.; 1900. 3 fr. 75 c.

DE PARIS AUX MINES D'OR
DE L'AUSTRALIE OCCIDENTALE,

Par **O. CHEMIN**,
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Volume in-8 de 370 pages, avec 116 figures dont 111 photogravures, 7 cartes
et 2 planches; 1900..... 9 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
annexé à l'Université de Liège,

Par **Eric GÉRARD,**

Directeur de cet Institut.

6^e ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques*; avec 388 figures; 1900..... 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle*; avec 387 figures; 1900..... 12 fr.

TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par **Éric GÉRARD,**

(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)

Volume grand in-8 de vi-136 pages, avec 92 figures; 1900..... 3 fr. 50 c.

MESURES ÉLECTRIQUES,

Par **Éric GÉRARD,**

2^e édition, gr. in-8 de 532 p., avec 217 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... 12 fr.

LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES DANS LES GAZ,

Par **J.-J. THOMSON, D. Sc. F. R. S.**

OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, AVEC DES NOTES; PAR LOUIS BARBILLION,
ET UNE PRÉFACE DE CH.-ED. GUILLAUME.

Volume in-8 de xiv-172 pages, avec 41 figures; 1900..... 5 fr.

TRAITÉ DE MAGNÉTISME TERRESTRE,

Par **E. MASCART,**

Membre de l'Institut.

Volume grand in-8 de vi-441 pages, avec 94 figures; 1900..... 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

Par **Émile PICARD**,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 2^e édition, revue et corrigée; 1901..... **16 fr.**

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... **15 fr.**

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Équations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... **18 fr.**

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (*En préparation.*)

LEÇONS

SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

Par **Émile BOREL**,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

TOME I : *Exposé de la théorie des ensembles et applications*; 1898... **3 fr. 50 c.**

TOME II : *Leçons sur les fonctions entières*; 1900..... **3 fr. 50 c.**

TOME III : *Leçons sur les séries divergentes*; 1901..... **4 fr. 50 c.**

TOME IV : *Leçons sur les séries à termes positifs*, professées au Collège de France..... (*Sous presse.*)

ANNALES CÉLESTES DU XVII^e SIÈCLE

Par **A.-G. PINGRÉ**.

OUVRAGE PUBLIÉ SOUS LES AUSPICES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR **G. BIGOURDAN**, ASTRONOME TITULAIRE A L'OBSERVATOIRE DE PARIS.

In-4 de xi-628 pages; 1901..... **40 fr.**

LE SYSTÈME MÉTRIQUE

DES POIDS ET MESURES

SON ÉTABLISSEMENT ET SA PROPAGATION GRADUELLE

Par **G. BIGOURDAN**,

Astronome titulaire à l'Observatoire de Paris.

Petit in-8 en caractères elzéviens, titre en 2 couleurs, 17 figures et 10 planches ou portraits; 1901..... **10 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

GUIDE PRATIQUE

POUR LES

CALCULS DE RÉSISTANCE

DES

CHAUDIÈRES A VAPEUR ET L'ESSAI DES MATÉRIAUX EMPLOYÉS,

Publié par l'Union Internationale des Associations de surveillance d'Appareils à vapeur,

TRADUIT SUR LA 7^e ÉDITION ALLEMANDE,

Par **G. HUIN**, Ancien Élève de l'École Polytechnique, Capitaine d'Artillerie,

E. MAIRE, Ingénieur E. C. P., Directeur de l'Association des
Propriétaires d'appareils à vapeur du Nord-Est,

Avec la collaboration de **H. WALTHER MEUNIER**, Ingénieur E. C. P.,
Ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur.

Un volume in-12 raisin, avec 40 figures; 1901..... 2 fr. 75 c.

LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FORMES
ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE SUPÉRIEURE,

à l'usage des Étudiants des Facultés des Sciences,

Par **H. ANDOYER**,

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Volume de vi-508 pages; 1900..... 15 fr.

TOME II..... (En préparation.)

COURS D'ÉLECTRICITÉ

Par **H. PELLAT**,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

3 volumes grand in-8, se vendant séparément :

TOME I : *Électrostatique. Loi d'Ohm. Thermo-électricité*, avec 145 figures;
1901..... 10 fr.

TOME II : (Sous presse.) — TOME III : (En préparation.)

ESSAI SUR LES
FONDEMENTS DE LA GÉOMÉTRIE

Par **B.-A.-W. RUSSELL**,

Traduction par **C. CADENAT**, revue et annotée par l'Auteur
et par **Louis COUTURAT**.

Grand in-8, avec 11 figures; 1901..... 9 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

COURS DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES.

THÉORIE ANALYTIQUE DE LA CHALEUR

MISE EN HARMONIE AVEC LA THERMODYNAMIQUE
ET AVEC LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA LUMIÈRE,

Par J. BOUSSINESQ,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Deux volumes grand in-8 se vendant séparément :

TOME I : *Problèmes généraux*. Vol. de xxvii-333 p.; av. 14 fig.; 1901. 10 fr.

TOME II : *Échauffement par contact et échauffement par rayonnement. Conductibilité des aiguilles, lames et masses cristallines. Théorie mécanique de la lumière*..... (Sous presse.)

LES CARBURES D'HYDROGÈNE (1851-1901)

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

Par M. BERTHELOT,

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

3 volumes grand in-8, se vendant ensemble..... 45 fr.

TOME I : *L'Acétylène : synthèse totale des carbures d'hydrogène*. Volume de x-414 pages. — TOME II : *Les Carbures pyrogénés. — Series diverses*. Volume de iv-358 pages. — TOME III : *Combinaison des carbures d'hydrogène avec l'hydrogène, l'oxygène, les éléments de l'eau*. Vol. de iv-459 pages.

GUSTAVE ROBIN,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Paris.

ŒUVRES SCIENTIFIQUES

réunies et publiées sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique,

Par Louis RAFFY,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

MATHÉMATIQUES : *Nouvelle théorie des fonctions exclusivement fondée sur l'idée de nombre*. Un volume grand in-8..... (Sous presse.)

PHYSIQUE : Un volume grand in-8, en deux fascicules :

Physique mathématique. Grand in-8; 1899..... 5 fr.

Thermodynamique générale. Grand in-8; 1901..... 9 fr.

CHIMIE : *Leçons de Chimie physique, professées à la Faculté des Sciences de Paris*. Un volume in-8..... (En préparation.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

A B C DE LA PHOTOGRAPHIE MODERNE,

Par W.-K. BURTON.

5^e édition. Traduction sur la 12^e édition anglaise, par G. HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS,

PAR LA MÉTHODE INTERFÉRENTIELLE DE M. LIPPMANN.

Par A. BERGET.

2^e édition, entièrement refondue. In-18 jésus, avec fig.; 1901... 1 fr. 75 c.

FABRICATION DES PLAQUES AU GÉLATINOBROMURE,

Par BURTON. -- Traduction par HUBERSON.

In-18 jésus, avec figures; 1901..... 0 fr. 50 c.

REPRODUCTION DES GRAVURES, DESSINS, PLANS, MANUSCRITS,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE,

Par A. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.
Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

LES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec 12 figures; 1901..... 2 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... **48 fr.**
Chaque volume se vend séparément **14 fr.**

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892 **14 fr.**

2^e Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. **14 fr.**

Les 6 volumes se vendent ensemble..... **72 fr.**

LA PHOTOGRAPHIE D'ART

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900.

Par C. KLARY.

Grand in-8 de 88 pages, avec nombreuses illustrations et planches; 1901..... **6 fr. 50 c.**

LA PHOTOTYPIC POUR TOUS

ET SES APPLICATIONS DIRECTES

AUX TIRAGES LITHOGRAPHIQUES ET TYPOGRAPHIQUES.

Par L. LAYNAUD.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900..... **2 fr.**

L'OBJECTIF PHOTOGRAPHIQUE,

ÉTUDE PRATIQUE. EXAMEN. ESSAI. CHOIX ET MODE D'EMPLOI.

Par P. MOËSSARD,

Lieutenant-Colonel du Génie,
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

Un volume grand in-8, avec 116 figures et 1 planche; 1899..... **6 fr. 50 c.**

MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine
de Bordeaux.

3^e ÉDITION COMPLÈTEMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... **2 fr. 75 c.**

LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,

Par E. TRUTAT.

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 146 figures et 1 planche; 1899..... **5 fr.**

ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE,

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. **16 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES
A L'USAGE DES AMATEURS,**

Par E. TRUTAT.

2^e édition, revue et augmentée. 2 vol. in-18 jésus..... 5 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : *Obtention des petits clichés*, avec 81 figures; 1900.... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE : *Agrandissements*, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

**TRAITÉ PRATIQUE
DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,**

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de xiv-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900..... 6 fr. 50 c.

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE.

CONFÉRENCES FAITES A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE
EN 1899.

Brochures in-8; 1899. — *On vend séparément :*

LA PHOTOCOLLOGRAPHIE, par G. BALAGNY..... 1 fr. 25 c.

LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE, par R. COLSON.. 1 fr.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE PORTRAIT EN PHOTOGRAPHIE, par Frédéric DILLAYE..... 1 fr. 25 c.

LA MÉTROPHOTOGRAPHIE, avec 17 figures et 2 planches, par le Colonel A. LAUSSE DAT..... 2 fr. 75 c.

LA RADIOGRAPHIE ET SES DIVERSES APPLICATIONS, avec 29 figures, par Albert LONDE..... 1 fr. 50 c.

LA CHRONOPHOTOGRAPHIE, avec 23 fig., par MAREY. 1 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE, avec 19 figures, par H. MEYER-HEINE..... 1 fr. 50 c.

LA MICROPHOTOGRAPHIE, avec 3 planches en couleur, par MONPILLARD..... 2 fr. 50 c.

SUR LES PROGRÈS RÉCENTS ACCOMPLIS AVEC L'AIDE DE LA PHOTOGRAPHIE DANS L'ÉTUDE DU CIEL; avec 2 planches, par P. PUISEUX..... 2 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES MONTAGNES, à l'usage des alpinistes, avec 19 figures, par J. VALLOT..... 1 fr. 75 c.

LES PROGRÈS DE LA PHOTOGRAVURE, avec 21 figures et 2 planches, par Léon VIDAL..... 1 fr. 75 c.

LE RÔLE DES DIVERSES RADIATIONS EN PHOTOGRAPHIE, avec 8 figures, par P. VILLARD..... 1 fr.

LES AGRANDISSEMENTS, avec fig., par E. WALLON. 1 fr. 75 c.

30678. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

MASSON & C^{ie}, Éditeurs
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, Boulevard Saint-Germain, Paris (6^e)
P. n^o 262.

EXTRAIT DU CATALOGUE (1)
(Décembre) 1901)

La Pratique *Dermatologique*

Traité de Dermatologie appliquée

Publié sous la direction de MM

ERNEST BESNIER, L. BROCCQ, L. JACQUET

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BENARD, ERNEST BESNIER
BODIN, BROCCQ, DE BRUN, DU CASTEL, J. DARIER
DEHQ, DOMINICI, W. DUBREUILH, HUDELO, L. JACQUET, J.-B. LAFFITTE
LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN

RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SÉE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES

*4 volumes richement cartonnés toile formant ensemble environ
3.600 pages, très largement illustrés de figures en noir et de planches
en couleurs. En souscription jusqu'à la publication du tome III. 150 fr.
Chaque volume sera vendu séparément.*

TOME PREMIER

1 fort vol. gr. in-8^o avec 230 figures en noir et 24 planches en couleurs.
Richement cartonné toile. . . 36 fr.

**Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la
Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acan-
thosis Nigricans. — Acnés. — Actinomycose. — Adénomes. —
Alopécies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient.
— Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. —
Dermatites polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. —
Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.**

TOME II

1 fort vol. gr. in-8^o avec 163 figures en noir et 21 planches en couleurs.
Richement cartonné toile. . . . 40 fr.

**Eczéma. — Electricité. — Eléphantiasis. — Epithélioma. — Eruptions
artificielles. — Erythème. — Erythrasma. — Erythrodermes. —
Esthionième. — Favus. — Folliculites. — Furunculose. — Gale. —
Gangrène cutanée. — Gerçures. — Greffe. — Hématodermites. —
Herpès. — Hydroa vacciniiforme. — Ichtyose. — Impétigo. —
Kératodermie. — Kératose pileaire. — Langue.**

TOME III (sous presse)

**Lèpre. Lichen. — Lupus. — Lymphangiome. — Mycosis fongioïde.
Œdème. — Ongles. — Pelade. — Pemphigus. — Phtiriase. —
Pityriasis.**

(1) La librairie envoie gratuitement et franco de port les catalogues suivants à toutes
les personnes qui lui en font la demande. — Catalogue général. — Catalogues
de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire : I. Section de l'ingé-
nieur ; II. Section du biologiste. — Catalogue des ouvrages d'enseignement.

Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

Simon DUPLAY

Professeur à la Faculté de médecine
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine

Paul RECLUS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Chirurgien des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE
FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER
KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NELATON, PEYROT
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

8 vol. gr. in-8° avec nombreuses figures dans le texte. 150 fr.

TOME I. — 1 vol. grand in-8° de 912 pages avec 218 figures 18 fr.

RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.

QUÉNU. — Des tumeurs.
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.

TOME II. — 1 vol. grand in-8° de 996 pages avec 361 figures 18 fr.

LEJARS. — Nerfs.
MICHAUX. — Artères.

RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.
PONCET. — Affections non traumatiques des os.

QUÉNU. — Maladies des veines.

TOME III. — 1 vol. grand in-8° de 940 pages avec 285 figures 18 fr.

NELATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.

LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.

QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.

GÉRARD MARCHANT. — Crâne.
KIRMISSON. — Rachis.
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes.

TOME IV. — 1 vol. grand in-8° de 896 pages avec 354 figures 18 fr.

DELENS. — L'œil et ses annexes.
GÉRARD MARCHANT. — Nez, fosses

nasales, pharynx nasal et sinus.
HEYDENREICH. — Mâchoires.

TOME V. — 1 vol. grand in-8° de 948 pages avec 187 figures 20 fr.

BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.

des salivaires, œsophage et pharynx.
WALTHER. — Maladies du cou.
PEYROT. — Poitrine.

HARTMANN. — Plancher buccal, glandes

PIERRE DELBET. — Mamelle.

TOME VI. — 1 vol. grand in-8° de 1127 pages avec 218 figures 20 fr.

MICHAUX. — Parois de l'abdomen.
BERGER. — Hernies.

HARTMANN. — Estomac.
FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.

JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.

HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.

TOME VII. 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pages, 297 fig. dans le texte 25 fr.

WALTHER. — Bassin.
FORGUE. — Urètre et prostate.
RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.

QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.

SEGOND. — Foie.
RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccygienne.

TOME VIII. 1 fort vol. gr. in-8° de 971 pages, 163 fig. dans le texte 20 fr.

MICHAUX. — Vulve et vagin.
PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.
SEGOND. — Annexes de l'utérus,

TUFFIER. — Rein. Vessie. Urètres. Capsules surrénales.
ovaires, trompes, ligaments larges péritoine pévien.
KIRMISSON. — Maladies des membres.

Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

P. POIRIER

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris
Chirurgien des Hôpitaux.

A. CHARPY

Professeur d'anatomie
à la Faculté de Médecine
de Toulouse.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

O. Amoëdo — A. Branca — Cannieu — B. Cunéo — Paul Delbet
P. Fredet — Glantenay — Gosset — P. Jacques — Th. Jonnesco
E. Laguesse — L. Manouvrier — A. Nicolas — Nobécourt — O. Pasteau
M. Picou — A. Prenant — H. Rieffel — Ch. Simon. — A. Soulié

5 volumes grand in-8°. *En souscription* : 450 fr.

Chaque volume est illustré de nombreuses figures en noir et en couleurs.

ÉTAT DE LA PUBLICATION (DÉCEMBRE 1901)

- TOME PREMIER** (*Deuxième édition, revue et augmentée*). — **Embryologie.** Notions d'embryologie. — **Ostéologie.** Considérations générales, des membres, squelette du tronc, squelette de la tête. — **Arthrologie.** Développement des articulations, structure, articulations des membres, articulations du tronc, articulations de la tête. 1 vol. gr. in-8° avec 807 figures. 20 fr.
- TOME II** (*Deuxième édition revue et augmentée*). — 1^{er} Fascicule : **Myologie.** Embryologie, histologie, peauciers et aponévroses. 1 vol. gr. in-8° avec 331 figures. 12 fr.
2^e Fascicule : **Angéiologie.** Cœur et Artères. Histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 143 figures. 8 fr.
3^e Fascicule : **Angéiologie (Capillaires, Veines).** 1 vol. gr. in-8° avec 73 figures. 6 fr.
4^e Fascicule : **Les Lymphatiques** (sous presse).
- TOME III** (*Deuxième édition, revue et augmentée*). — 1^{er} Fascicule : **Système nerveux.** Méninges, moelle, encéphale, embryologie, histologie. 1 vol. gr. in-8° avec 263 figures. 10 fr.
2^e Fascicule (*Deuxième édition, revue et augmentée*) : **Système nerveux.** Encéphale. 1 vol. grand in-8° avec 206 figures. 12 fr.
3^e Fascicule : **Système nerveux.** Les nerfs, nerfs crâniens, nerfs rachidiens. 1 vol. gr. in-8° avec 205 figures. 12 fr.
- TOME IV.** 1^{er} Fascicule (*Deuxième édition, revue et augmentée*) : **Tube digestif.** Développement, bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestins. 1 vol. gr. in-8°, avec 201 figures. 12 fr.
2^e Fascicule : **Appareil respiratoire.** Larynx, trachée, poumons, plèvre, thyroïde, thymus. 1 vol. gr. in-8°, avec 121 figures. 6 fr.
3^e Fascicule : **Annexes du tube digestif.** Dents, glandes salivaires, foie, voies biliaires; pancréas, rate, **Péritoine.** 1 vol. gr. in-8° avec 361 fig. en noir et en couleurs. 16 fr.
- TOME V.** 1^{er} Fascicule : **Organes génito-urinaires.** Reins, uretère, vessie, urètre, prostate, verge, périnée, appareil génital de l'homme, appareil génital de la femme. 1 vol. gr. in-8° avec 431 figures. 20 fr.
2^e Fascicule : **Les Organes des Sens** (sous presse).

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BAILLET, P. BLOCC, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, ÔTTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBERGE, THOINOT, FERNAND VIDAL.

Traité de Médecine

DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

40 vol. gr. in-8°, av. fig. dans le texte. *En souscription.* 150 fr.

TOME I^{er}

1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

Les Bactéries, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte-d'Aubervilliers.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Fièvre typhoïde, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. VIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus oxanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diptérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatisme**, par ÔTTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies cutanées, par G. THIBERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

Maladies de la bouche et du pharynx, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine**, par COURTOIS-SUFFIT.

TOME V

1 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en coul. dans le texte. 18 fr.

Maladies du foie et des voies biliaires, par A. CHAUFFARD, professeur agrégé, médecin des hôpitaux. — **Maladies du rein et des capsules surrénales**, par A. BRAULT, médecin des hôpitaux. — **Pathologie des organes hématopoétiques et des glandes vasculaires sanguines**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte d'Aubervilliers.

TOME VI

1 vol. grand in-8° de 612 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies du nez et du larynx, par A. RUAULT. — **Asthme**, par E. BRISAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. — **Coqueluche**, par P. LE GENDRE, médecin des hôpitaux. — **Maladies des bronches**, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Troubles de la circulation pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies aiguës du poumon**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux.

TOME VII

1 vol. grand in-8° de 550 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

Maladies chroniques du poumon, par A.-B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Phtisie pulmonaire**, par A.-B. MARFAN. — **Maladies de la plèvre**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies du médiastin**, par A.-B. MARFAN.

Sous presse : Tome VIII.

Traité de Physiologie

J.-P. MORAT

Professeur à l'Université de Lyon.

PAR

Maurice DOYON

Professeur agrégé
à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec fig. en noir et en couleurs. En souscription. 50 fr.

- I. — **Fonctions de nutrition** : Circulation, par M. Doyon; Calorification, par P. MORAT. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
II. — **Fonctions de nutrition (suite et fin)** : Respiration, excrétion, par J.-P. MORAT; Digestion, Absorption, par M. Doyon. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. 12 fr.

Sous presse : Système nerveux.

Traité de Chirurgie d'urgence

Par **Félix LEJARS**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris
Chirurgien de l'hôpital Tenon, Membre de la Société de Chirurgie.

TROISIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. gr. in-8° de 1005 pages, avec 751 fig. dont 331 dessinées d'après nature, par le Dr DALEINE, et 472 photogr. origin. Relié toile. 25 fr.

Traité des Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin des hôpitaux.

A.-B. MARFAN

Agrégé, Médecin des hôpitaux

5 vol. grand in-8° avec figures dans le texte. . 90 fr.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

Traité de Pathologie générale

Publié par **Ch. BOUCHARD**

Membre de l'Institut

Professeur de pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **G.-H. ROGER**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

COLLABORATEURS :

MM. ARNOZAN, D'ARSONVAL, BENNI, R. BLANCHARD, BOULAY, BOURCY, BRUN, CADIOT, CHABRIÉ, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURMONT, DEJERINE, PIERRE DELBEI, DEVIG, DUCAMP, MATHIAS DUVAL, FÉRÉ, FRÉMY, GAUCHER, GILBERT, GLEY, GUIGNARD, LOUIS GUINON, J.-F. GUYON, HALLÉ, HÉNOQUE, HUGOUNENQ, LAMBLING, LANDOUZY, LAVERAN, LEBRETON, LE GENDRE, LEJARS, LE NOIR, LERMOYER, LETULLE, LEBET-BARBON, MARFAN, MAYOR, MÉNÉTRIER, NETTER, PIERRET, G.-H. ROGER, GABRIEL ROUX, RUFFER, RAYMOND, TRIPPIER, VUILLEMIN, FERNAND VIDAL.

6 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

Prix en souscription jusqu'à la publication du t. VI. 420 fr.

TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte : 48 fr.

Introduction à l'étude de la pathologie générale. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux. — Considérations générales sur les maladies des végétaux. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie. — L'hérédité et la pathologie générale. — Predisposition et immunité. — La fatigue et le surmenage. — Les Agents mécaniques. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante. — Les Agents chimiques : les caustiques. — Les intoxications.

TOME II

1 vol. grand in-8° de 940 pages avec figures dans le texte : 48 fr.

L'infection. — Notions générales de morphologie bactériologique. — Notions de chimie bactériologique. — Les microbes pathogènes. — Le sol, l'eau et l'air, agents des maladies infectieuses. — Des maladies épidémiques. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes. — Les parasites.

TOME III

1 vol. in-8° de 1400 pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules : 28 fr.

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal. — Les troubles préalables de la nutrition. — Les réactions nerveuses. — Les processus pathogéniques de deuxième ordre.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques. — De la fièvre. — L'hypothermie. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires. — Les désordres de la circulation dans les maladies. — Thrombose et embolie. — De l'inflammation. — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires. — Les altérations anatomiques non inflammatoires. — Les tumeurs.

TOME IV

1 vol. in-8° de 719 pages avec figures dans le texte : 46 fr.

Evolution des maladies. — Sémiologie du sang. — Spectroscopie du sang. Sémiologie. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal. — Sémiologie du larynx. — Sémiologie des voies respiratoires. — Sémiologie générale du tube digestif.

TOME V

1 fort vol. in-8° de 1180 pages avec nombr. figures dans le texte : 28 fr.

Sémiologie du foie. — Pancréas. — Analyse chimique des urines. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologique). — Le rein, l'urine et l'organisme. — Sémiologie des organes génitaux. — Sémiologie du système nerveux.

TOME VI

1 vol. grand in-8° avec figures dans le texte (sous presse)

Les troubles de l'intelligence. — Sémiologie de la peau. — Sémiologie de l'appareil visuel. — Sémiologie de l'appareil auditif. — Considérations sur le diagnostic et le pronostic. — Diagnostic et pronostic. — Radiographie. — Hygiène. — Thérapeutique générale.

Traité de Physique Biologique

publié sous la direction de MM.

D'ARSONVAL

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut et de l'Académie
de médecine.

GARIEL

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
Prof. à la Faculté de médecine de Paris
Membre de l'Académie de médecine.

CHAUVEAU

Profes. au Muséum d'histoire naturelle
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

MAREY

Professeur au Collège de France
Membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

Secrétaire de la rédaction : M. WEISS

Ingénieur des Ponts et Chaussées
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris

3 vol. in-8°. En souscription 60 fr.

TOME PREMIER

1 fort volume in-8°, avec 591 figures dans le texte. . 25 fr.

Sous Presse : Tome II

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

D^r CRITZMAN, directeur

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES

en Médecine, en Chirurgie et en Biologie

Chaque monographie est vendue séparément. 1 fr. 25

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix payable d'avance de 10 fr. pour la France et 12 fr. pour l'étranger (port compris).

DERNIÈRES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 24. **L'Analgésie chirurgicale par voie rachidienne** (*Injections sous-arachnoïdiennes de cocaïne*). Technique, résultats, indications, par le D^r TURPIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux.
- N° 25. **L'Aspsie opératoire**, par PIERRE DELBET, chirurgien des hôpitaux, professeur agrégé à la Faculté de médecine, et BIGEARD, chef de clinique.
- N° 26. **Anatomie chirurgicale et médecine opératoire de l'oreille moyenne**, par AUG. BROCA, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux.
- N° 27. **Traitements modernes de l'Hypertrophie de la Prostata**, par le D^r E. DESNOS, ancien interne des hôpitaux.
- N° 28. **La Gastro-entérostomie**, par MM. ROUX et BOURGET, professeurs de l'Université à Lausanne.

Traité élémentaire de Clinique Thérapeutique

Par le D^r Gaston LYON

Ancien chef de Clinique médicale à la Faculté de Médecine de Paris.

QUATRIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 fort volume in-8° de 1.540 pages, cartonné toile : 25 francs.

Maladies de l'Estomac, *Traité pratique à l'usage des médecins et des étudiants*, par le D^r Max EINHORN, professeur de clinique médicale à l'École de médecine et à l'hôpital post-graduate de New-York, médecin du Dispensaire allemand. Traduit de l'anglais par le D^r FERRÉOL T. LABADIE (de New-York). 1 volume in-8° avec figures dans le texte. 8 fr.

Manuel de Thérapeutique, par Fernand BERLIOZ, professeur à l'École de médecine de Grenoble, directeur du Bureau d'Hygiène et de l'Institut sérothérapique. Avec une introduction de M. Ch. BOUCHARD, professeur de pathologie et de thérapeutique générales, médecin des hôpitaux. *Quatrième édition, revue et augmentée*. 1 vol. in-16 diamant, cartonné toile, tranches rouges. 6 fr.

Précis d'anatomie pathologique, par L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lyon, médecin de l'Hôtel-Dieu. *Deuxième édition, revue et augmentée*, avec 125 figures dans le texte. 1 volume in-16 diamant, de XII-804 pages, cartonné toile, tranches rouges 7 fr. 50

Leçons sur les maladies du sang (*Clinique de l'Hôpital Saint-Antoine*), par Georges HAYEM, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, recueillies par MM. E. PARMENTIER, médecin des hôpitaux, et R. BENSUADE, chef du laboratoire d'anatomie pathologique à l'hôpital Saint-Antoine. 1 vol. in-8°, broché, avec 4 planches en couleurs, par M. KARMAŃSKI 15 fr.

Précis d'Histologie, par Mathias DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine. *Deuxième édition, revue et augmentée*, illustrée de 427 figures dans le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages 12 fr.

Traité de Microbiologie, par E. DUCLAUX, membre de l'Institut de France, directeur de l'Institut Pasteur, professeur à la Sorbonne et à l'Institut national agronomique. 1 vol. gr. in-8°.

I. Microbiologie générale. — II. Diastases, toxines et venins. — III. Fermentation alcoolique. — IV. Fermentations variées des diverses substances ternaires.

Chaque volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . 15 fr.

Manuel de Pathologie externe, par MM. RECLUS, KIR-
 MISSON, PEYROT, BOUILLY, professeurs agrégés à la Faculté de
 médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. Édition complète
 illustrée de 720 figures. 4 volumes in-8°. 40 fr.
Chaque volume est vendu séparément. 10 fr.

Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu, par
 Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté
 de médecine, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de
 l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les D^{rs} M. CAZIN, chef
 de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des tra-
 vaux gynécologiques. *Troisième série.* 4 vol. gr. in-8° avec fig. 8 fr.

Éléments de Chimie physiologique, par Maurice
 ARTHUS, professeur de physiologie et de chimie physiologique à
 l'Université de Fribourg. *Troisième édition revue et augmentée.* 1 vol.
 in-16, avec fig. dans le texte, cartonné toile, tr. rouges . . 4 fr.

Manuel d'Anatomie microscopique et d'Histologie,
 par P.-E. LAUNOIS, professeur agrégé à la Faculté de médecine de
 Paris, médecin de l'hôpital Tenon. Préface de M. Mathias DUVAL,
 professeur d'Histologie à la Faculté de Paris, membre de l'Académie
 de médecine. *Deuxième édition entièrement refondue.* 1 vol. in-16
 diamant, cartonné toile avec 261 figures dans le texte . . . 8 fr.

Manuel de Pathologie interne, par Georges DIEULAFOY,
 professeur de Clinique médicale à la Faculté de médecine de Paris,
 médecin de l'Hôtel-Dieu, membre de l'Académie de médecine. *Trei-
 zième édition entièrement refondue et considérablement augmentée.*
 4 vol. in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs, cartonnés
 à l'anglaise, tranches rouges. 28 fr.

Un progrès de l'Hydrothérapie. *Examen et critique des
 systèmes de Priessnitz et de Kneipp.* Exposé fait pour la première
 fois d'après les documents authentiques, par le D^r Alfred BAUM-
 GARTEN, directeur de l'Établissement de Wœrrihofen. Traduction
 française par le D^r ERNEST BONNAYMÉ, de Lyon. 1 vol. in-8° br. 6 fr.

LES

Maladies Infectieuses

PAR

G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris
 Médecin de l'hôpital de la porte d'Aubervilliers, Membre de la Société de Biologie

1 volume in-8° de 1.480 pages publié en 2 fascicules avec figures
 dans le texte. 28 fr.

Éléments de Physiologie

PAR

Maurice ARTHUS

Chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille.

1 vol. in-16 de la Bibliothèque Diamant, avec figures dans le texte, cartonné toile 8 fr.

LES MALADIES DU CUIR CHEVELU

I. MALADIES SÉBORRHÉIQUES

Séborrhée, Acnés, Calvitie

Par le **D^r R. SABOURAUD**

Chef du laboratoire de la Villa de Paris à l'hôpital Saint Louis
Membre de la Société de Dermatologie.

1 vol. in-8°, avec 91 figures dans le texte dont 40 aquarelles en couleurs 10 fr.

Traité d'Hygiène

PAR

A. PROUST

Professeur d'Hygiène à la Faculté de médecine de l'Université de Paris
Médecin honoraire de l'Hôtel-Dieu
Membre de l'Académie de médecine, du Comité consultatif d'hygiène publique de France et du Conseil supérieur des habitations à bon marché
Inspecteur général des Services sanitaires.

TROISIÈME ÉDITION

revue et considérablement augmentée

AVEC LA COLLABORATION DE

A. NETTER

et

H. BOURGES

Professeur agrégé à la Faculté de médecine
Médecin de l'hôpital Trousseau
Membre du Comité consultatif d'hygiène publique de France.

Chef du laboratoire d'hygiène à la Faculté de médecine
Chef du laboratoire à l'hôpital Trousseau
Auditeur du Comité consultatif d'hygiène publique de France.

Ouvrage couronné par l'Institut et la Faculté de médecine

*1 vol. in-8°, avec figures et cartes dans le texte, publié en 2 fascicules.
En souscription. 18 fr.*

Bibliothèque

d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,
Inspecteur général des Services sanitaires.

Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,
et est vendu séparément : 4 fr.

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

VOLUMES PARUS

L'Hygiène du Goutteux, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène de l'Obèse, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

L'Hygiène des Asthmatiques, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

L'Hygiène du Syphilitique, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.

Hygiène et thérapeutique thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

Les Cures thermales, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

L'Hygiène du Neurasthénique, par le professeur PROUST et G. BALLEZ, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. (Deuxième édition.)

L'Hygiène des Albuminuriques, par le Dr SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.

L'Hygiène du Tuberculeux, par le Dr CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du Dr DAREMBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche, par le Dr CRUET, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur LANNELONGUE, membre de l'Institut.

Hygiène des maladies du Cœur, par le Dr VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIN.

Hygiène du Diabétique, par A. PROUST et A. MATHIEU.

L'Hygiène du Dyspeptique, par le Dr LINOSSIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, membre correspondant de l'Académie de médecine, médecin à Vichy.

Traité

DE

Chimie industrielle

Par R. WAGNER et F. FISCHER

QUATRIÈME ÉDITION FRANÇAISE ENTIÈREMENT REFOUDUE

Rédigée d'après la quinzième édition allemande

par le D^r L. GAUTIER

2 vol. grand in-8° avec de nombreuses figures dans le texte

En souscription. 30 fr.

Dans cette quatrième édition, l'ouvrage a subi un remaniement si complet et si profond qu'on peut le considérer comme un livre nouveau, absolument au niveau des progrès de la science et répondant de la manière la plus complète aux besoins de l'industrie chimique actuelle. Tous les perfectionnements de la chimie technologique y sont exposés avec tous les développements qu'ils comportent et afin de rendre encore plus facile l'intelligence du texte, de nombreuses figures nouvelles ont été introduites.

Ainsi refondue et mise au courant, nous espérons que la nouvelle édition française de la *Chimie industrielle* recevra de la part du public un accueil aussi favorable que celui qui a été fait aux éditions précédentes.

Charles Gerhardt. *Sa vie, son Œuvre, sa Correspondance (1816-1856).* Document d'Histoire de la Chimie, par MM. Édouard Grimaud, de l'Institut et Charles Gerhardt, ingénieur. 1 vol. in-8° de xi-595 p. avec portrait. 15 fr.

Le Constructeur, principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des *projets de machines* à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par F. Reuleaux. *Troisième édition française*, par A. Debize, ingénieur des manufactures de l'Etat. 1 volume in-8° avec 184 figures. 30 fr.

Traité d'analyse chimique qualitative, par R. Fréserius. Traité des opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale. *Nouvelle édition française* d'après la 16^e édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8° avec grav. et un tableau chromolithographique 7 fr.

Traité d'analyse chimique quantitative, par R. Fréserius. Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse par les liqueurs titrées, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sois, des engrais, des minerais métalliques, des fontes, dosage des sucres, alcalimétrie, chlorométric, etc. *Septième édition française*, traduite sur la 6^e édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8° avec 251 grav. dans le texte . . . 16 fr.

- Traité d'Analyse chimique quantitative par Electrolyse*, par **J. RIBAN**, professeur Chargé du cours d'Analyse chimique et maître de Conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. 1 volume grand in-8°, avec 96 figures dans le texte **9 fr.**
- Manuel pratique de l'Analyse des Alcools et des Spiritueux*, par **Charles GIRARD**, directeur du Laboratoire municipal de la Ville de Paris, et **Lucien CUNIASSE**, chimiste-expert de la Ville de Paris. 1 volume in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile **7 fr.**
- Chimie Végétale et Agricole (Station de Chimie végétale de Meudon, 1883-1889)*, par **M. BERTHELOT**, sénateur, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Collège de France. 4 volumes in-8° avec figures dans le texte . . . **36 fr.**
- Précis de Chimie analytique, Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs titrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire, Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minerais*, par **J.-A. MUL-LER**, docteur ès sciences, professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger. 1 volume in-12, broché. **3 fr.**

COURS PRÉPARATOIRE AU CERTIFICAT

D'ÉTUDES PHYSIQUES, CHIMIQUES & NATURELLES (P. C. N.)

- Cours élémentaire de Zoologie*, par **Rémy PERRIER**, maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris, chargé du Cours de Zoologie pour le Certificat d'études P. C. N. *Nouvelle édition*, entièrement revue. 1 volume in-8° avec 693 figures dans le texte, relié toile **10 fr.**
- Traité des Manipulations de Physique*, par **B. C. DAMIEN**, professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Lille, et **R. PAILLOT**, agrégé, chef des Travaux pratiques de physique à la Faculté des Sciences de Lille. 4 vol. in-8° avec 246 fig. **7 fr.**
- Eléments de Chimie organique et de Chimie biologique*, par **W. ŒCHSNER DE CONINCK**, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier. 1 volume in-16. . . **2 fr.**
- Eléments de Chimie des métaux*, par **W. ŒCHSNER DE CONINCK**, professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier. 1 volume in-16 **2 fr.**
- Eléments de Botanique*, par **Ph. VAN TIEGHEM**, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle. *Troisième édition*, revue et augmentée. 2 volumes in-16 de 1.170 pages avec 580 figures, cartonnés toile **12 fr.**

OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

TRAITÉ DE GÉOLOGIE

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFONDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE

3 vol. grand in-8°, avec nomb. fig. cartes et croquis . . . 35 fr.

- Abrégé de géologie.** *Quatrième édition, entièrement refondue.* 1 vol. in-16 de VIII-299 pages avec 141 gravures et une carte géologique de la France en chromolithographie, cartonné toile 3 fr.
- Notions générales sur l'écorce terrestre.** 1 vol. in-16 de 156 pages avec 33 figures, broché. 1 fr. 20
- La géologie en chemin de fer.** Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes (Bretagne aux Vosges. — Belgique à Auvergne). 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. 7 fr. 50
- Cours de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de XX-703 pages avec 619 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée. 15 fr.
- Précis de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-16 de XII-398 pages avec 235 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée, cartonné toile. 5 fr.
- Leçons de géographie physique.** *Deuxième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de XVI-718 pages avec 462 figures dans le texte et une planche en couleurs. 12 fr.
- Le siècle du Fer.** 1 vol. in-18 de 360 pages, broché 2 fr. 50

Guides du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue

publiés sous la direction de M. Marcellin BOULE

- Le Cantal,** par Marcellin BOULE, docteur ès sciences, Louis FARGES, archiviste-paléographe. 1 volume in-16 avec 85 dessins et photographies, et 2 cartes en coul., relié toile anglaise. 4 fr. 50
- La Lozère,** par Ernest CORD, ingénieur-agronome, Gustave CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. Armand VIRÉ, docteur ès sciences. 1 vol. in-16 avec 87 dessins et photographies et cartes en couleurs. 4 fr. 50
- Le Puy-de-Dôme et Vichy,** par Marcellin BOULE, docteur ès sciences, Ph. GLANGEAUD, maître de conférences à l'Université de Clermont, G. ROUCHON, archiviste du Puy-de-Dôme, A. VERNIÈRE, ancien président de l'Académie de Clermont. 1 vol. in-16, avec 109 dessins ou photographies et 3 cartes en couleur. Cartonné toile. 4 fr. 50

Pour paraître en mai 1902 : La Haute-Savoie.

MISSION SAHARIENNE FOUREAU-LAMY

D'Alger au Congo par le Tchad

Par F. FOUREAU

Lauréat de l'Institut.

1 fort volume in-8°, avec 170 figures reproduites directement d'après les photographies de l'auteur, et une carte en couleurs des régions explorées par la Mission.

Broché : 12 francs. — Richement cartonné : 15 francs.

Traité de Zoologie

Par Edmond PERRIER

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,
Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle.

FASCICULE I : Zoologie générale. 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte.	12 fr.
FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires. 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures.	10 fr.
FASCICULE III : Arthropodes. 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures.	8 fr.
Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures.	30 fr.
FASCICULE IV : Vers et Mollusques. 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte.	16 fr.
FASCICULE V : Amphioxus, Tuniciers. 1 vol. gr. in-8° de 921 pages, avec 97 figures dans le texte.	6 fr.
FASCICULE VI : Vertébrés. (Sous presse).	

PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "

Recettes et Procédés utiles, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Neuvième édition.

Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science pratique, par Gaston TISSANDIER. Cinquième édition, avec figures dans le texte.

Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série, par Gaston TISSANDIER. Quatrième édition, avec 91 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Quatrième série, par Gaston TISSANDIER. Troisième édition, avec 38 figures dans le texte.

Recettes et Procédés utiles. Cinquième série, par J. LAFFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément

Broché 2 fr. 25 | Cartonné toile 3 fr.

La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Septième édition des *Récréations scientifiques*. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon). Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

LA GÉOGRAPHIE

BULLETIN

DE LA

Société de Géographie

PUBLIÉ TOUTS LES MOIS PAR

LE BARON HULOT, Secrétaire général de la Société

ET

M. CHARLES RABOT, Secrétaire de la Rédaction

ABONNEMENT ANNUEL : PARIS : 24 fr. — DÉPARTEMENTS : 26 fr.

ÉTRANGER : 28 fr. — Prix du numéro : 2 fr. 50

Chaque numéro, du format grand in-8°, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures nombreuses, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie et le compte rendu des séances de la Société de Géographie. Cette publication n'est pas seulement un recueil de récits de voyages pittoresques, mais d'observations et de renseignements scientifiques.

La chronique, rédigée par des spécialistes pour chaque partie du monde fait connaître, dans le plus bref délai, toutes les nouvelles reçues des voyageurs en mission par la Société de Géographie, et présente un résumé des renseignements fournis par les publications étrangères : elle constitue, en un mot, un résumé du *mouvement géographique* pour chaque mois.

La Nature

REVUE ILLUSTRÉE

des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie

DIRECTEUR : **Henri de PARVILLE**

Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr. —

Union postale : 26 fr.

Abonnement de six mois : Paris : 10 fr. — Départements : 12 fr. 50,

— Union postale : 13 fr.

Fondée en 1873 par GASTON TISSANDIER, la *Nature* est aujourd'hui le plus important des journaux de vulgarisation scientifique par le nombre de ses abonnés, par la valeur de sa rédaction et par la sûreté de ses informations. Elle doit ce succès à la façon dont elle présente la science à ses lecteurs en lui ôtant son côté aride tout en lui laissant son côté exact, à ce qu'elle intéresse les savants et les érudits aussi bien que les jeunes gens et les personnes peu familiarisées avec les ouvrages techniques ; à ce qu'elle ne laisse, enfin, rien échapper de ce qui se fait ou se dit de neuf dans le domaine des découvertes qui trouvent chaque jour des applications nouvelles et modifient sans cesse les conditions de notre vie.

Paris. — L. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 552.