

Auteur ou collectivité : Labrousse, Hippolyte

Auteur : Labrousse, Hippolyte (1807-1871)

Titre : Des propulseurs sous-marins

Adresse : Paris : Aux Bureaux de la Revue Générale de l'Architecture et des Travaux Publics,
1843

Collation : 1 vol. (78 p.-[4] f. de pl.) : ill. ; 35 cm

Cote : CNAM-BIB Pt Fol Sa 1

Sujet(s) : Navires -- Propulsion ; Hélices marines ; Moteurs marins

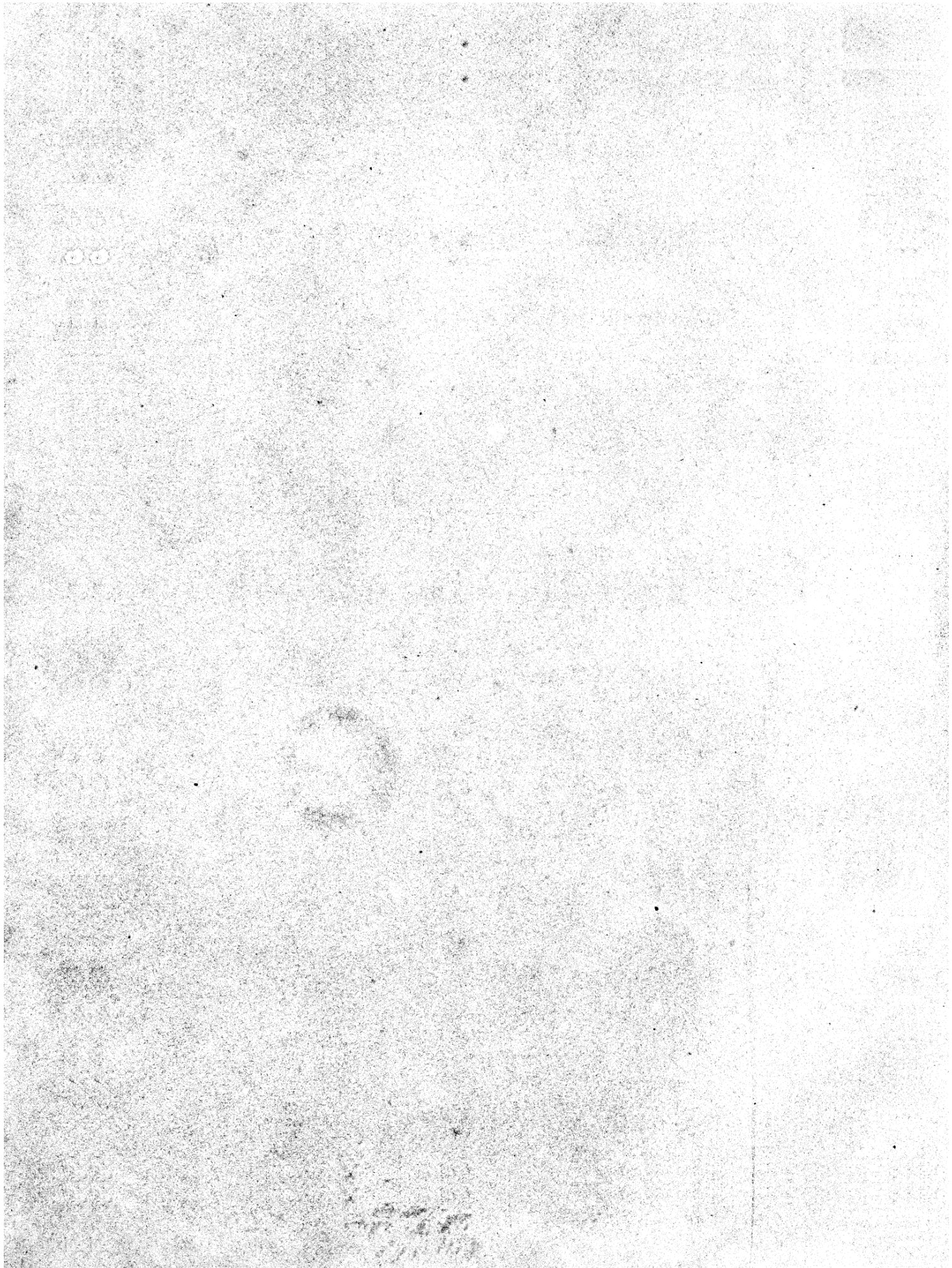
Note : Extrait de la "Revue générale de l'architecture et des travaux publics".

Langue : Français

Date de mise en ligne : 06/04/2018

Date de génération du document : 6/4/2018

Permalien : <http://cnum.cnam.fr/redir?PTFSA1>



DES

PROPULSEURS SOUS-MARINS.



PARIS. — TYPOGRAPHIE LACRAMPE ET COMPAGNIE, RUE DAMIETTE, 2.

pt fo Sa 1

pt fo Sa 1

EXTRAIT

DE LA REVUE GÉNÉRALE

DE

L'ARCHITECTURE ET DES TRAVAUX PUBLICS

PUBLIÉE MENSUELLEMENT

SOUS LA DIRECTION DE M. CÉSAR DALY, ARCHITECTE.



DES

PROPULSEURS SOUS-MARINS

PAR

H. LABROUSSE,

Officier de marine.



PARIS.

AUX BUREAUX DE LA REVUE GÉNÉRALE DE L'ARCHITECTURE ET DES TRAVAUX PUBLICS.

6, RUE DE FURSTENBERG.

1845.

DES PROPULSEURS SOUS-MARINS.

(Extrait de la Revue de l'Architecture et des Travaux Publics, publiée mensuellement sous la direction de M. CÉSAR DALY, Architecte.)

INTRODUCTION GÉNÉRALE.

Nous allions livrer à l'impression notre Mémoire sur les nouveaux moyens de propulsion, lorsque nous eûmes connaissance du supplément D de l'ouvrage de Tredgold. La similitude qui existe sur plusieurs points entre nos appréciations et celles de l'auteur anglais est remarquable; nous avons donc pensé qu'il serait intéressant de faire suivre notre Mémoire de la traduction du travail de M. Galloway; ne voulant pas toutefois tronquer cet ouvrage, nous l'avons traduit pour ainsi dire mot à mot, et nous avons fait porter sur notre propre travail les suppressions de renseignements matériels dont la répétition était inutile. Nous avons reporté dans les notes qui suivent la traduction, les réflexions que nous a suggérées l'examen de quelques parties de l'ouvrage anglais.

Il résulte des expériences du *Bee*, qui ont eu lieu après notre départ d'Angleterre, que nos supputations à l'égard de la perte de force de la vis, comparativement aux roues, se sont parfaitement vérifiées.

Nous sommes heureux de voir que des expériences ultérieures viennent ainsi constater l'exactitude des renseignements que nous avions présentés depuis une année au Gouvernement.

Nous croyons devoir appeler particulièrement l'attention sur le système que nous avons imaginé pour l'embarquement et la mise en place de la vis. M. Galloway reconnaît comme nous l'insuffisance et les inconvénients des moyens employés à bord de l'*Archimède*.

Dans un mémoire relatif à un projet de bâtiment à vapeur, soumis au ministre de la Marine en 1849, nous signalions les

avantages que pourrait présenter dans cette circonstance l'application de la vis d'Archimède comme moyen de propulsion. Dès que le rapport du capitaine Chappell sur les expériences de l'*Archimède* nous parvint, nous en fîmes un extrait que nous présentâmes à M. l'amiral Duperré, dont le jugement est si sûr sur toutes les questions du métier; aussi apprécia-t-il aussitôt l'importance de ce nouveau propulseur. En conséquence, l'amiral se décida spontanément à nous envoyer en Angleterre, afin que nous pussions juger sur les lieux de l'état des choses, et lui en faire notre rapport. Il prit donc personnellement connaissance du Mémoire que nous dûmes lui remettre à notre retour, et que nous publions en partie aujourd'hui, avec son autorisation; nous sommes porté à penser qu'il aurait donné à cette importante question tous les développements désirables, si des difficultés matérielles n'étaient point venues paralyser ses bonnes dispositions. Certes, s'il est une question dans laquelle nous ne devons nous laisser primer par personne, c'est celle de l'application de la vis aux bâtiments à vapeur, si importante pour la France, et que nous pouvons, à meilleur titre que nos voisins, appeler une invention nationale (1).

Il est certain que si on avait donné suite au Mémoire adressé au ministre de la Marine par le capit. du génie Delisle, en 1823, lorsqu'à peine la question de la navigation par la vapeur était résolue, nous aurions joint au mérite de l'invention celui de l'ap-

(1) Voir le travail de M. L. Duparc, inséré dans les *Annales maritimes de 1842*.

plication en temps utile, car nous pouvons apprécier maintenant avec quelle sagacité et quelle exactitude étaient établis les calculs de cet officier (il est inventeur de plusieurs systèmes ingénieux se rattachant à son métier); mais il n'en a pas été ainsi, et ce n'est pas nous qui hésiterons à reconnaître que, sans le zèle, les talents et la persévérance de MM. Smith et Ericson, la question serait peut-être restée longtemps encore à l'état de simple théorie.

La vis évidée, dont il sera question plus loin, proposée par le capitaine Delisle, n'était évidemment à ses yeux qu'un perfectionnement de la vis pleine, puisqu'en expliquant dans son ouvrage l'action de la vis, il dit positivement qu'il supprime la partie la plus rapprochée de l'axe, parce que c'est celle qui déplace l'eau le plus latéralement. Le tambour et les rayons tordus ne sont eux-mêmes qu'un moyen rationnel de rattacher à l'axe la partie du filet conservée. C'est donc à tort évidemment qu'on établirait une distinction fondamentale entre la vis pleine et la vis évidée : ces deux vis, ainsi que tous les autres propulseurs à surfaces hélicoïdes, sont à peine des modifications d'un même système.

Unedeuxième occasion s'était présentée pour la France de faire, la première, l'application de la vis aux bâtiments à vapeur, et ce fut M. Sauvage qui la fit naître. Cet habile mécanicien, constructeur de navires à Boulogne, maniait la godille avec une telle habileté, qu'il imprimait seul par ce moyen, à une embarcation, une vitesse plus grande que celle qu'elle pouvait recevoir de deux rameurs. En réfléchissant aux moyens d'appliquer aux bâtiments à vapeur un système de propulsion analogue, il songea à la vis, et prit, en 1832, un brevet d'invention. Depuis cette époque jusqu'aux essais de l'*Archimède*, M. Sauvage n'avait reculé devant aucune démarche, aucun sacrifice, pour faire prévaloir ses idées auprès du Gouvernement et des particuliers. Les journaux s'en occupèrent, et M. Sauvage prit même en Angleterre un *caveat* qui finit par ne plus être renouvelé.

M. Smith, qui a appliqué la vis pleine sur l'*Archimède*, ne fut breveté qu'en 1836. Nous ne prétendons pas dire que M. Smith, qui a habité Boulogne, se soit emparé des idées de M. Sauvage, bien qu'elles aient été exposées dans plusieurs journaux de Paris et des départements, mais nous devons cependant faire une observation assez curieuse à cet égard : M. Sauvage annonçait que la vis, selon lui la plus avantageuse, devait avoir une longueur égale à son diamètre et un angle de 45°. Or, pour une telle vis, cet angle de 45° n'est ni l'angle extrême, ni l'angle milieu, ni l'angle moyen des efforts; on conçoit bien que M. Sauvage, qui était préoccupé de l'effet de la godille, qui est le plus efficace sous cet angle, se soit servi d'une telle expression sans y réfléchir, mais on est étonné de la retrouver littéralement chez M. Smith. (Voir, dans la *Revue de l'Architecture*, le rapport du capitaine Chappell, col. 237, vol. II, et ci-après, page 14) (1).

(1) Nos lecteurs trouveront dans cette *Revue* (vol. II, c. 237) une traduction du Mémoire du cap. Chappell. M. César Daly, directeur de la *Revue*, et l'auteur de cette traduction, y a même ajouté quelques commentaires. (Note du Tr.)

Nous profitons de cette occasion pour ajouter ici un errata de notre traduction de ce Mémoire. Dans la conversion des mesures anglaises en mesures françaises, on a donné au *næud anglais* une valeur inférieure à celle du *næud fran-*

Quoi qu'il en soit, il nous a semblé de toute justice, en ne considérant même que les dates des brevets de MM. Sauvage et Smith, de donner à la vis pleine le nom de vis Sauvage, comme nous donnerons à la vis évidée celui de vis Delisle. Nous espérons que ces dénominations prévaudront même chez les étrangers, lorsque la vérité des faits sera plus généralement connue.

A l'Angleterre appartient sans contredit l'honneur de l'application en grand de la vis de propulsion; mais c'est là un avantage qu'aura probablement toujours sur nous ce pays, où les esprits sont plus généralement tournés vers la navigation, et où, d'ailleurs, les fortunes étant moins divisées, nombre de particuliers peuvent entreprendre des essais, presque toujours ruineux, qu'en France, le Gouvernement seul pourrait tenter; mais lorsqu'on songe que sur cent inventions nouvelles quatre-vingt-quinze au moins échouent complètement, on comprend que le Gouvernement, qui ne partage pas les illusions des inventeurs, ne puisse agir qu'avec une grande circonspection.

Ce que nous venons de dire ne concerne pas les essais que nous proposons à la fin de notre Mémoire : ceux-ci sont seulement comparatifs, et reposent sur des faits déjà soumis à l'expérience, mais isolément; cependant nous devons faire connaître les raisons qui ont empêché qu'on y donnât suite, afin qu'on ne pense pas que nous reproduisons ici des propositions qui auraient été repoussées déjà comme erronées ou impraticables. La commission chargée de l'examen de notre Mémoire reconnut, dans son rapport, l'utilité des expériences que nous proposons; mais elle fit observer qu'il était inutile que le Gouvernement s'en occupât, puisque M. Cavé avait l'intention d'en faire d'analogues à ses frais. Le talent de cet habile mécanicien nous était trop connu pour que nous eussions aucune objection à faire (1); mais par cela même qu'il devait faire les essais à ses frais, il était seul juge de leur opportunité; aussi ne sont-ils point encore commencés, tandis que les expériences du *Bee* que nous annonçons sont terminées, et peut-être aussi celles du *Rattler*.

Toutefois, M. Cavé ne saurait tarder désormais à procéder à ses expériences, puisqu'il a obtenu la commande d'une paire de machines à vis, de 220 chevaux, qui ne pourra être commencée que lorsque l'expérience aura déterminé le meilleur système de propulsion, qui sera celui adopté pour ces machines. On les montera sur un bâtiment en fer; ce bâtiment servira à faire des expériences comparatives avec un autre navire à roues, et construit en bois, dont les dimensions et les machines seront identi-

gais, tandis que ces deux mesures sont égales. Nous rectifions ici les conséquences de cette erreur; ainsi :

pages, lign.	au lieu de	lisez	pages, lign.	au lieu de	lisez
258 54 7.4	nœuds. 8 1/2	7	246 26 7	nœuds. 8	et de 9 1/4
id. 57 6 1/2 à 7	— 7 1/2 à 8		247 52 7.8 et 8.5	— 9	
id. 45 7.4 à 7.9	— 8 1/2 à 9		id. 55 9.4	— 10 3/4	
259 45 50.5	kil. 55 kil.		id. 57 7.8	— 9	
id. 45 7.8 à 8.5	nœuds 9 à 9 1/2		id. 40 4.6	— 1 3/4	
id. 20 8.7	— 10		251 21 7 à 8	— 9	

(N. de M. César Daly.)

(1) Ce n'est pas que nous prétendions que des essais confiés à nos ingénieurs eussent été dirigés avec moins d'habileté; nous avons toujours pensé, au contraire, que des expériences faites dans un port auraient procuré des résultats plus complets; mais nous avons dû nous arrêter devant une question d'économie, sur laquelle nous n'étions pas appelé à exprimer notre opinion. Cependant nous ne pouvons que regretter qu'on n'ait pas cru devoir donner suite à notre proposition, car nous restons convaincu qu'on aurait obtenu des résultats intéressants et complets sans frais considérables.

ques avec celles du bâtiment en fer. Ces machines sont elles-mêmes une innovation dans la flotte; elles sont à cylindres oscillants, système de M. Cavé : ce seront les plus grandes machines de ce genre qui auront encore été employées; les plus fortes machines oscillantes anglaises, à basse pression, sont de M. Penn; elles sont de 100 chevaux et montées sur le bateau le *Railway*. Celles qui existent en France sont à haute pression. Le bâtiment projeté appelle donc sur lui un grand intérêt, puisqu'il est destiné à introduire dans la flotte trois systèmes nouveaux : la vis, la construction en fer et les machines oscillantes. Il eût peut-être été à désirer que ces divers essais fussent faits sur trois bâtiments différents, car il est évident que dans le cas d'un essai simultané des trois systèmes sur un même bâtiment, si l'un d'eux échoue, même en partie seulement, les deux autres questions se trouveront indéfiniment ajournées. D'ailleurs, la comparaison d'un bâtiment en fer avec un bâtiment en bois présente d'autres inconvénients : le premier étant plus léger, il sera nécessaire de le charger de lest pour le ramener au tirant d'eau du second; dès lors, la vis n'est plus dans les proportions les plus favorables relativement au nouveau tirant d'eau, et on ne la changera probablement pas pour l'expérience, ce qui du reste ne pourrait avoir lieu sans changer la force de la machine; on ne pourrait la lui conserver qu'au moyen d'un engrenage. Les parties supérieures des deux bâtiments ne peuvent non plus être les mêmes, car la hauteur du pont doit être déterminée par la flottaison ordinaire, de sorte que celui du navire en fer, provisoirement enfoncé, sera plus bas que l'autre, ainsi que le reste des œuvres mortes : la résistance à l'air ne sera plus la même. Si l'on songe en outre à la différence de marche qu'on observe souvent entre deux bâtiments identiquement semblables et dans les mêmes conditions apparentes, si on réfléchit aux phénomènes hydrodynamiques par suite desquels un navire perd, reprend et perd de nouveau sa marche, sans qu'on puisse le plus souvent en assigner la raison, on conviendra qu'il peut exister de grandes différences entre les résistances des deux carènes en fer et en bois, sans qu'on puisse se rendre précisément compte du pourquoi.

Les essais comparatifs ordonnés par l'Amirauté en Angleterre, entre le *Rattler* et le *Polyphème*, sont analogues à ceux que nous devons faire; mais les deux bâtiments anglais sont identiquement semblables.

Nous n'admettons pas cependant qu'il soit convenable d'adopter pour les bâtiments à vis la construction des bâtiments à

roues : les premiers utiliseront d'autant mieux l'action de la vis que leurs façons arrière seront plus fines; pourquoi donc, lorsqu'on veut les essayer, les mettre dans des conditions désavantageuses? pourquoi construire le *Rattler* comme le *Polyphème*? Il nous semble qu'il serait rationnel de construire les deux bâtiments d'essais de même tonnage et de même force de machines, mais dans les conditions de formes qui leur seraient respectivement les plus favorables.

Du reste, ces expériences, auxquelles nous reconnaissons une haute utilité, ne nous semblent pas susceptibles de résoudre la question d'une manière complète. On sait, en effet, qu'il arrive souvent que deux locomotives construites par les mêmes ouvriers et dans les mêmes conditions apparentes, ont souvent de notables différences de force entre elles. Puisque de telles anomalies se présentent dans des machines aussi simples, sortant de l'atelier entièrement achevées, à quoi ne doit-on pas s'attendre lorsqu'il s'agit de machines à basse pression montées sur deux bâtiments différents? L'imperfection du vide, les fuites des joints, la facilité plus ou moins grande de l'admission ou de l'émission de la vapeur, la solidité et l'exactitude du montage, les fuites des garnitures des pistons et tiroirs, toutes ces causes enfin qui exercent une si grande influence sur la puissance d'une machine, qu'elle change souvent avec le mécanicien qui la dirige, qui peut assurer qu'elles seront également développées dans les deux systèmes? Nous établirons donc en nous résumant :

1° Qu'on ne peut espérer des résultats exacts sur la valeur comparative des roues et de la vis, ainsi que des diverses vis entre elles, qu'en employant avec un seul et même bâtiment une seule et même machine;

2° Que ces expériences doivent être faites, non-seulement en eau calme, mais encore avec une mer agitée, au moyen d'une machine de 100 chevaux au moins (1);

3° Que, pour les essais en grand, on ne doit considérer que le tonnage et la force des machines, et ne pas s'astreindre à comparer des bâtiments identiquement semblables, mais, au contraire, approprier à chaque navire les formes qui lui conviennent le mieux;

4° Qu'il faut éviter autant que possible de comparer un bâtiment en fer avec un bâtiment en bois.

(1) Le genre de construction de ce bâtiment devra être le plus favorable à la vis, parce qu'il influera bien moins sur l'action des roues que la construction ordinaire sur celle de la vis. Cette dernière construction ne permettrait pas, d'ailleurs, l'essai complet de la vis Delisle.

PREMIÈRE PARTIE.

EXTRAIT

DU RAPPORT ADRESSÉ AU MINISTRE DE LA MARINE

ET NOVEMBRE 1841.

PROPULSEURS A SURFACE HÉLICOÏDE.

SYSTÈME DELISLE (1).

M. Delisle proposait d'adopter, soit deux vis sous les façons arrière tribord et bâbord, soit quatre vis pour les vaisseaux, dont deux à l'arrière et deux à l'avant. Ces vis étaient construites de la manière suivante : sur un arbre *T* (*Fig. 1* et *2. Pl. 1*), qui pénètre dans le navire, étaient fixées, à angles égaux, trois branches *FFF*, en tôle très-épaisse et tordue, comme le serait cette partie de la vis elle-même, si elle était prolongée jusqu'à l'axe. Un cercle *ABCD*, boulonné sur ces branches, reçoit six segments hélicoïdes *EE*... qui forment ensemble presque un tour entier de la vis. L'angle milieu était de 45° (2).

SYSTÈME ÉRICSON.

M. Ericson a pris, en 1838, un brevet d'invention pour un système de vis identiquement semblable à celui proposé par M. Delisle.

La première application en fut faite sur le Robert-Stockton, de 60 chevaux, et en deuxième lieu sur le Clarion, de 70 chevaux ; ce dernier, destiné à faire les traversées de New-York à la Havane. Les vis, au nombre de deux, sont placées de chaque côté de l'étambot, et disposées d'une manière identique avec celle proposée, en 1823, par M. Delisle.

(1) Ce système fut décrit, en 1821, dans les Annales de la Société des amateurs de Lille, — imprimées à Lille.

(2) Nous appelons angle milieu, l'angle formé avec l'axe par la ligne de l'hélice passant par tous les points également distants de l'arbre et du bord extérieur de l'hélice. Dans la vis Delisle, l'angle milieu est déterminé par la ligne située à égale distance des bords intérieurs et extérieurs des palettes.

Nous avons eu occasion d'assister à un essai fait sur la Tamise avec un petit bateau installé d'après le système du capitaine Éricson. Ce bateau était de trop petite dimension pour procurer des résultats sérieux (1).

Longueur extrême,	22'
Largeur,	4' 9"
Diamètre des cylindres,	7' 3"
Course,	6"
Nombre de révolutions par minute,	200
Force en chevaux,	2
Tonnage,	2.06
Machine sans condensation, agissant à la pression de 66 1/2	
pouces.	

La vis avait la même vitesse que la machine ; elle était divisée en huit segments hélicoïdes, formant ensemble un tour entier.

Diamètre de la vis,	21 pouces.
Angle intérieur des segments,	28°
Angle milieu, id.	37°
Angle extérieur, id.	45°
Longueur du pas de la vis,	5 pieds 6"
Multipliée par 200 (nombre de tours de la vis par minute),	1100 pieds.
Valeur correspondante en nœuds,	10.9
Le bateau ne filait que	6.5
Différence,	4.4

L'Archimède, comme on le verra, présente un résultat bien plus avantageux ; mais il faut avoir égard à la différence qui

(1) Dans tout le cours de ce travail, nous avons conservé les mesures anglaises ; les pieds s'indiquent par un accent simple (2' pour 2 pieds), et les pouces par deux accents (2" pour 2 pouces).

existe entre une embarcation dont la vis agit, pour ainsi dire, à la surface de l'eau, et un bâtiment tel que l'Archimède, qui réunit toutes les conditions favorables pour la marche.

SYSTÈME DE M. SMITH.

Ce système, absolument semblable à celui de M. Sauvage, est établi à bord de l'Archimède et de la Princesse-Royale; il est composé de deux segments hélicoïdes, formant ensemble un tour entier, dont l'angle milieu d'inclinaison est d'environ 45°. Ces hélices reposent sur l'arbre lui-même, et, par conséquent, la vis est entièrement pleine.

Archimède.

L'Archimède est un bâtiment extrêmement fin, surtout de l'arrière, qui forme, au-dessus de la vis, une espèce d'allette effleurant à peine l'eau (1).

La vis définitivement adoptée par M. Smith, après divers essais, et dont il fit usage lors du voyage de l'Archimède autour de la Grande-Bretagne, avait 4 pieds de longueur dans le sens de l'axe, étant composée de deux segments, et 5 pieds 9 pouces de diamètre; par conséquent l'angle milieu était plus grand que 45°, puisque la hauteur du pas était de 8 pieds.

Il y a quelques mois que la compagnie de Great-Western loua l'Archimède pour faire différentes expériences, après avoir préalablement chargé M. Brunel de lui faire un rapport sur ce système de propulsion. Ce rapport, qui n'a pas été rendu public, doit avoir été favorable, puisque la compagnie s'est décidée à faire apporter au Mamouth (bateau en fer de 3000 tonneaux, actuellement en construction à Bristol) des modifications qui le rendront susceptible de recevoir un propulseur à vis.

Voici les modifications successivement apportées aux dimensions de la vis Smith par la compagnie de Great-Western, pendant environ cinq mois consacrés aux expériences, ainsi que les résultats obtenus :

Dimensions de la vis adoptées par M. Smith : Longueur, 8'; diamètre, 5' 9"; coups de piston, 26 à 27.

Maximum de vitesse obtenu dans les circonstances les plus favorables, 8.5 nœuds.

Première vis modifiée : Longueur du pas, 7 pieds; diamètre, 6' 9"; coups de piston, 25.

Vitesse maximum, 7.4 nœuds.

Deuxième vis modifiée : Longueur, 6'; diamètre, 7'; coups de piston, 27.

Vitesse maximum, 7.2 nœuds.

Troisième vis modifiée : Longueur, 8', diamètre 7'.

On n'a pu obtenir de renseignements sur le sillage ni sur les coups de piston, mais le nombre de ces derniers devait évidemment être très-réduit.

Quatrième vis modifiée : Longueur de l'arbre, 2' 5"; diamètre, 7' (2).

(1) Nous supprimons ici les dimensions du navire et de la machine, qu'on trouvera ci-après dans notre traduction de l'ouvrage de M. Galloway.

(2) Cette vis était avantageuse dans le mauvais temps.

Cette dernière expérience ayant été faite trop tard, les résultats nous en sont demeurés inconnus.

En résumant les expériences précédentes, on voit que la première modification avait pour but d'augmenter la surface et l'angle d'inclinaison en diminuant la longueur du pas. Résultat : diminution de vitesse.

La deuxième a été faite dans le même sens. Résultat : nouvelle diminution de vitesse.

Dans la troisième, on s'est proposé d'augmenter la surface de la vis en conservant la même longueur de pas. L'angle milieu se trouvait ainsi augmenté, mais proportionnellement moins que dans les cas précédents. On n'a pas eu sur le résultat de données positives, mais il paraît qu'il était peu satisfaisant.

En dernier lieu, l'angle n'ayant pas varié, la longueur du pas est restée la même, mais la surface a été diminuée; il est probable que le résultat en aura été moins défavorable.

On a remarqué cependant que, de mauvais temps, les angles plus ouverts présentent plus d'avantage : ceci est conforme à ce que l'on exposera lorsqu'il sera question des avantages inhérents au système d'engrenage.

Il semble, en résumé, que l'on peut conclure de ces expériences :

1° Que la surface de la vis doit être dans un rapport donné avec la force de la machine, quel que soit d'ailleurs l'angle d'inclinaison de l'hélice;

2° Que l'angle milieu ne doit pas, dans les circonstances ordinaires, excéder beaucoup 45°.

Quelques essais ont, de plus, été faits sur des vis à angles très-ouverts et à moyennes surfaces; le nombre de coups de piston était alors très-grand, mais la force de la machine n'était plus la même. Il aurait fallu, pour obtenir un rapport exact, réduire, au moyen d'un changement d'engrenage, la machine à son nombre de coups de piston normal. Sans cela, il n'y a pas lieu d'espérer une grande exactitude dans les résultats.

Machine de l'Archimède. — La machine et la vis de l'Archimède sont disposées de la manière indiquée par les Fig. 12, 22 et 23, Pl. 1 et 2.

L'engrenage de l'Archimède est disposé comme dans la Fig. 3, Pl. 1. Le bruit désagréable, signalé dans le rapport du capitaine Chappell, est produit par la roue T, Fig. 3. La suppression de cette roue à bord de la Princesse-Royale a fait disparaître cet inconvénient.

Embarquement de la vis, et sa mise en place à la mer. — Nous supprimons les détails de cette manœuvre, parce qu'on les retrouvera dans l'ouvrage anglais, auquel néanmoins nous ajoutons, comme on le verra, quelques observations.

La résistance qu'oppose à l'eau la vis, même désembrayée, n'est pas le seul inconvénient qui résulte de sa position sous la carène du navire : son séjour dans une eau chargée de sels de cuivre qui la corrodent activement, la mettrait bientôt hors de service. Si on la construisait en bronze, comme on l'a proposé, ce serait l'axe et les disques en acier qui seraient attaqués.

Ainsi donc, pour compléter les avantages que présente l'emploi des vis, il faudrait qu'on pût les embarquer ou les mettre à poste avec promptitude et facilité. Il faudrait en outre qu'on pût visiter et changer au besoin les disques et les coussinets,

sans être obligé de faire entrer le navire au bassin, ce qui ne serait pas possible dans la plupart des pays étrangers.

Voici les moyens qu'on pourrait employer : les paliers inférieurs et supérieurs seraient d'une seule pièce, et formeraient ainsi une espèce de boîte qui contiendrait les disques et coussinets ; ceux-ci seraient serrés au moyen de clavettes, comme ceux des balanciers de machines ordinaires. Les tiges qui, dans l'état actuel servent à enlever les paliers supérieurs, enlèveraient tout le système, et, par conséquent, la vis elle-même ; aussi seraient-elles remplacées par deux fortes crémaillères sur lesquelles agirait un engrenage d'une force convenable. Les paliers glisseraient dans des coulisses établis le long de l'établot et du faux établot, et viendraient reposer sur les deux supports qui les terminent.

Le puits établi pour le passage des paliers serait agrandi de manière à permettre celui de la vis elle-même : le système de M. Sauvage serait, sous ce rapport, préférable au système Delisle, parce que la vis Sauvage a moins de diamètre à surfaces égales, et nécessiterait ainsi une ouverture moins large pour son passage. Il suffirait de virer ou de dévirer au guindeau pour embarquer la vis ou la mettre à son poste.

Les Fig. 15 et 16 indiquent la disposition du système appliqué à un vaisseau de 74.

La vis tombera toujours directement vis-à-vis de son embrayage, puisqu'on aura la faculté de serrer les coussinets à leur point.

Si la vis était établie, comme à bord de l'Archimède, dans le massif arrière, il faudrait empêcher l'eau qui s'engouffrerait dans le puits de venir buter sur sa face arrière. A cet effet, un panneau, ayant la courbure de la circonférence de la vis et les dimensions de l'orifice inférieur du puits, serait boulonné sur la vis elle-même, de sorte qu'en faisant faire un demi-tour à cette vis élevée convenablement, le puits serait exactement fermé par une surface courbe et fuyante (1).

A bord de l'Archimède, tous les coussinets qui supportent l'arbre sont en cuivre, à l'exception des deux dernières paires de coussinets placées à l'avant et à l'arrière de la vis, qui sont en acier. L'axe de la vis est lui-même revêtu, dans cette partie, d'une virole de même métal. On a mis ces coussinets en acier, afin de diminuer autant que possible l'action galvanique produite sur la vis. Le palier antérieur de la vis, moins exposé à cette action, puisqu'il est abrité en partie, est bien moins dégradé que le palier postérieur.

Dans le principe, on avait essayé de lubrifier les coussinets à la manière ordinaire, avec de l'huile d'olive. Ils s'échauffèrent immédiatement et furent horriblement grippés : c'est alors qu'on essaya de se servir d'un filet d'eau courante pour chaque palier : ce procédé a parfaitement réussi, et désormais les coussinets, loin de s'échauffer, perdent peu à peu leurs traces de grippures et se rodent parfaitement.

Ne pourrait-on pas utiliser cet effet, et substituer l'eau à

l'huile pour lubrifier les coussinets des arbres des bateaux à roues ? Dans ce cas, les coussinets seraient en acier, et les arbres seraient munis d'une rondelle de même métal, comme à bord de l'Archimède. Le frottement ne serait guère plus grand, et il en résulterait une assez grande économie.

Princesse-Royale.

Ce bâtiment a été construit pour servir de remorqueur au port de Shoreham :

Longueur de tête en tête.	86 pieds 3/10
Largeur prise en dedans	16 7/10
Creux,	9 6/10
Tonnage de la chambre des machines.	61 tonn. 6/94
Idem du navire.	39 7/35
Tonnage total.	101
Tirant d'eau moyen.	6 pieds 3 pouces.
Diamètre des cylindres.	33
Course des pistons.	3 8
Force accusée.	40 chevaux.
Force réelle.	70 (1)

Vis : longueur de l'axe, 3 pieds ; du pas, 6 pieds ; diamètre 5 pieds ; diamètre de l'arbre, 5".

L'angle milieu est donc de 55°.

Largeur du gouvernail, 2 pieds 8 pouces.

Grande roue dentée : diamètre, 10 pieds ; épaisseur, 15 pouces.

Double rang de dents égales, se chevauchant.

Nombre de dents du pignon, 27.

La vitesse de la vis est 5 fois celle de la machine.

Consommation du combustible, 735 liv. ang. par heure.

Expériences faites à bord de la Princesse-Royale.

N. B. Les nœuds n'étant que de 13^m 64 au lieu de 14^m 61, longueur généralement adoptée dans la pratique, on a diminué de 1/15 le sillage trouvé. Les ampoulettes avaient été préalablement réglées.

Première Expérience : Faible brise debout, mer un peu houleuse ; sillage, 6.7 nœuds ; coups de piston, 32.

Faible brise du travers, mer un peu houleuse, misaine goëlette, et deux focs établis : sillage, 8 nœuds ; coups de piston, 33.2.

Mêmes circonstances, sans voiles : sillage, 7.9 nœuds ; coups de piston, 33.

La soupape de sûreté était surchargée.

Deuxième Expérience : Calme plat, mer très-belle : sillage, 7.2 nœuds ; coups de piston, 32.

(1) M. Galloway ne porte cette force qu'à 46 ch.; cependant il résulte des calculs ordinaires qu'à 33 coups de piston, vitesse ordinaire de cette machine, ou 242 pieds par minute, la force serait de 88 ch.; mais la vitesse attribuée par Watt à la course de 3 3/4 n'étant que de 190, cette machine ne devrait être que de 69 ch.; en la portant à 70 ch., à la vitesse de 242, nous sommes donc certainement au-dessous de la vérité. Il se peut cependant que les dimensions des cylindres qui nous ont été communiquées ne soient pas exactes.

Mêmes circonstances, la soupape surchargée : sillage, 7.4 nœuds; coups de piston, 32. 5.

Troisième Expérience (1) : Parti de Brighton à 10 h. 30 m., et arrivé à Ryde à 4 h.; intervalle de temps, 5 h. 30 m., et distance parcourue, 50 milles.

Vent arrière et large, modéré en partant, devenu très-frais vers midi. Vitesse moyenne, 7.9 nœuds.

Avant que le vent n'eût atteint toute sa force, la misaine goëlette et deux focs établis, la soupape surchargée : sillage, 7.3 nœuds; coups de piston, 31.5.

La brise ayant atteint toute sa force : sillage, 8 nœuds; coups de piston, 32.

On avait, pour ces deux dernières expériences, embarqué 9 tonneaux de lest en fer, placés dans la machine et sur l'arrière, afin de faire agir la vis à une plus grande profondeur. A la première expérience elle n'était recouverte que de 1 pied d'eau, et les résultats obtenus démontrent que ce lest a été nuisible à la marche.

Observations sur le Rapport relatif à l'Archimède.

Il convient de signaler ici quelques différences existant entre les appréciations de ce rapport et les nôtres.

Marche. Vitesse. Bien que la vitesse de l'Archimède ait été portée jusqu'à 9 1/4 nœuds dans le rapport, nous ne l'avons estimée que de 8.5, d'après les renseignements à nous fournis par des personnes qui ont assisté aux essais faits sur la Tamise, où la vitesse était estimée à l'aide de points pris à terre, ce qui, sans contredit, est bien plus certain que le lock. D'ailleurs il est dit, dans le rapport, que l'Archimède, allant de Douvres à Calais, filait de 8.5 nœuds à 9 par un calme parfait, et qu'il a mis 2 h. 9 m. 30 s. à faire les 19 milles marins qui séparent ces deux villes : ce qui ne donnerait, pour vitesse moyenne, que 8.8; mais on peut supposer, en outre, soit dans l'appréciation du temps, soit sur tout autre point, quelques erreurs si faciles à commettre lorsqu'il s'agit d'une aussi courte distance. On voit en outre dans le tableau extrait du journal du bord, que par un temps calme, mer plate et avec les courants favorables, l'Archimède a mis 10 h. pour faire 87 milles marins, ce qui établit son sillage moyen à 8.7; peut-être cependant, en réduisant à 8.5 la vitesse de ce bâtiment, toutes circonstances favorables, sommes-nous restés un peu en dessous de la vérité; mais nous avons surtout voulu éviter de tomber dans l'excès contraire (2).

Tonnage.—La construction particulière de l'Archimède l'a fait (par suite de la manière de calculer le tonnage en Angleterre) estimer à un tonnage trop élevé.

Forme de la Vis. — Le capitaine Chappell dit que l'opinion de M. Smith, opinion résultant de ses expériences, est que la vis doit faire, avec l'axe, un angle de 45°, et qu'elle doit avoir un diamètre égal à sa longueur. En supposant qu'il soit ici

question de l'angle milieu, il est impossible que le diamètre de la vis soit égal à sa longueur; en ce cas, il ne peut être que les 2/3 de la longueur du pas environ.

Aire ou Surface de la Vis.—M. Smith ayant été obligé de diminuer la surface de la vis, parce qu'il ne trouvait pas la machine assez puissante, on ne peut savoir précisément si le 1/4 de la surface de la section immergée du milieu du navire (surface de la vis de l'Archimède) est réellement la proportion la plus convenable.

Perte de Force.—M. Chappell, en calculant que la perte de force d'un bâtiment à roues est de 1/4 de la force totale, n'évalue qu'à 1/6 celle du bâtiment à vis. Cependant, d'après les données mêmes de son rapport, on trouve que la perte varie de 25 à 35 centièmes, suivant le temps.

Dans les meilleurs bateaux à roues, et dans les circonstances les plus favorables, cette perte peut être réduite de 15 à 20 centièmes; dans les circonstances défavorables, la perte des bâtiments à roues est si grande, qu'on ne peut songer à l'apprécier exactement. Il en résulte que les meilleurs bâtiments à roues auraient un avantage d'environ 12 centièmes sur la vitesse, dans les circonstances les plus favorables pour eux, comparativement à l'Archimède. Cependant, si on considère : que la vis de l'Archimède a dû subir plusieurs modifications commandées par la machine; qu'elle a, pour ainsi dire, été faite pour la machine et non la machine pour elle; que ce n'est en outre qu'un premier essai, il est permis d'espérer que cette perte comparative sera réduite, par la suite, à 8 centièmes, et peut-être à 6 centièmes, ce qui permettra d'obtenir des résultats égaux à ceux procurés par les bâtiments à aubes dans les circonstances les plus favorables, et très-supérieurs dans toutes les autres, en augmentant seulement un peu la force de la machine. On arrive par le calcul, en donnant à la vis des dimensions différentes, à des résultats plus favorables; mais il repose sur des éléments trop incertains, comme le frottement de la vis dans l'eau, la quantité de déplacement du fluide, etc., etc., pour que, dans notre opinion, on puisse y ajouter foi.

Quant à la faculté de bien gouverner, signalée dans les bâtiments à vis, on remarquera que le gouvernail de l'Archimède, égal à environ 1/5 du bau (celui de la Princesse-Royale est aussi très-grand), doit beaucoup favoriser les évolutions. Cependant, dans les essais que nous avons faits, nous n'avons pu parvenir, par une belle mer et une brise légère, à virer vent devant en marchant en arrière, manœuvre dont le succès serait d'une grande importance. Dans la marche en avant, le navire gouverne en effet très-bien; il obéit réellement à son gouvernail au départ, par l'action seule du courant que produit la vis avant d'avoir commencé à prendre de l'aire.

PROPULSEUR DE M. HUNT.

Le propulseur de M. Hunt est composé de 4 lames presque triangulaires, dont les sommets sont fixés à l'axe; ces lames ont les courbures hélicoïdes convenables. L'angle extrême est de 59° environ. Ce propulseur est un terme moyen entre les systèmes précédents. (Voy. Fig. 4, Pl. 1.)

(1) On ne peut garantir l'exactitude de cette dernière expérience, à cause des temps d'arrêt aux stations intermédiaires qu'il a fallu déduire.

(2) Il est évident que nous parlons de la vitesse du bâtiment à la vapeur seulement.

Le but que s'est particulièrement proposé M. Hunt est de gouverner au moyen de la vis elle-même. A cet effet, l'arbre principal communique à un arbre vertical, au moyen d'un engrenage à angle, le mouvement imprimé par la machine. Un 2^e engrenage à angle fait tourner l'arbre horizontal, qui porte la vis.

L'arbre vertical passe à travers un manchon qui renferme le 2^e engrenage à angle et supporte la vis. Ce manchon tourne sur un pivot qui repose sur une ferrure fixée à l'étambot ; il porte à sa partie supérieure un secteur de cercle denté, engrenant avec une vis sans fin, sur laquelle agit un pignon adapté au pied d'une tige verticale qui sert de barre.

Afin de tenir constamment lubrifié l'engrenage placé sous l'eau, auquel on ne pourrait atteindre, le manchon est rempli d'huile à hauteur suffisante pour faire équilibre à la pression exercée par l'eau à sa partie inférieure. La quantité surabondante d'huile que l'on pourrait introduire s'échapperait en filtrant lentement entre l'arbre et les coussinets, jusqu'au rétablissement de l'équilibre. Il suffit donc, pour que les pièces soient constamment lubrifiées, d'entretenir l'huile au-dessus de ce niveau.

Bien que ce système, appliqué à un petit bateau de 10 chevaux et de 30 tonn., ait procuré à ce petit navire une belle marche et la faculté de bien gouverner, nous pensons néanmoins qu'il n'est pas susceptible d'être appliqué sur les grands bâtiments.

Outre les inconvénients d'un mécanisme placé sous l'eau et hors de portée, il faut remarquer que lorsqu'il est nécessaire de porter la vis du côté opposé à son mouvement, on est obligé de lui communiquer, au moyen de la barre, un excès de vitesse qui exigerait une force probablement trop considérable dans les grands bâtiments, quels que fussent d'ailleurs les moyens mécaniques employés pour obtenir cette force.

PROPULSEUR DE M. FIFE.

Ce propulseur, qui se compose d'un long segment pris sur le bord extérieur de l'hélice, et formant un tour entier, n'est autre chose que le propulseur Delisle, moins la solidité. Il exigerait en outre une ouverture immense dans le massif arrière. (Voy. Fig. 5.)

PROPULSEURS A SURFACES PLANES.

SYSTEME DE M. CARPENTER.

Le propulseur du capitaine Carpenter est composé de deux losanges à surfaces planes, formant avec l'axe des angles de 45° et se coupant à angle droit. (Voy. Fig. 67 et 68, Pl. 4.)

Il est évident que les différents points de ces losanges sont doués de vitesses d'autant plus grandes qu'ils sont plus éloignés de l'axe, puisqu'ils doivent tous accomplir une révolution entière dans le même temps ; et comme les lignes parallèles à l'axe, situées dans le plan des losanges et passant par ces points, forment toutes avec l'axe le même angle, il s'ensuit que, tandis que les points extrêmes peuvent acquérir une vitesse plus grande que celle du navire, ceux du milieu peuvent avoir la même vitesse que lui, et ceux rapprochés de l'axe une vitesse moindre. Ces derniers deviennent donc, dans ce cas, nuisibles à la vitesse du navire ; mais comme une partie de l'effort produit sur eux par l'eau tend à faire tourner le propulseur, la perte de force est moindre ; elle est cependant assez grande pour rendre ce système très-inférieur à celui de la vis.

Le capitaine Carpenter a eu en outre l'idée de rattacher l'arbre à la vis au moyen d'un joint universel, ce qui permettrait au besoin, en repoussant l'arbre en dehors, de soustraire le système à l'action de la mer ; mais c'est toujours un inconvénient que d'avoir un mécanisme quelconque au-dessous de l'eau.

PROPULSEUR DU CAPITAINE SMITH.

Ce propulseur, ne différant du précédent que par la forme

des surfaces planes, qui sont trapézoïdales, présente les mêmes inconvénients. (Voy. Fig. 6.)

DIVERS SYSTEMES DE M. BEYSE.

M. Beyse, ingénieur prussien, fait actuellement construire à Londres un bateau de 40 tonn., en fer, muni d'une machine de 40 chevaux, avec lequel il se propose de faire l'essai de différents systèmes qui vont être exposés :

1^o Un système composé de deux secteurs en tôle, qu'il appelle boîtes flottantes. Ces secteurs forment en effet deux boîtes à air hermétiquement fermées. (Voy. Fig. 7, 8, 9 et 10.)

L'angle des secteurs était de 90° dans les essais faits sur une petite échelle ; M. Beyse a réduit cet angle à 60°. Chaque secteur est muni d'une espèce de palette mobile, qui, au dire de l'inventeur, produit un très-grand effet.

Les deux secteurs se meuvent à la fois en sens opposés, agissant sur l'eau sous tous les angles, depuis 0° jusqu'à 90°, comme une vis dont l'hélice serait d'une largeur infinie. L'effet serait donc celui de la vis, s'il n'y avait pas une force considérable perdue par suite du mouvement des secteurs lorsqu'ils retournent vers l'avant, lesquels sont doués, par rapport à l'eau, d'une vitesse égale à la somme des vitesses du navire et des secteurs eux-mêmes.

Le même effet est produit par les palettes. En outre, le système, complètement immergé, présente à la marche du bâtiment la résistance de sa surface de section.

Néanmoins, M. Beyse affirme que dans les essais qu'il a faits,

il a obtenu, pour une même dépense de force, une distance parcourue six fois plus grande qu'avec les roues, et les deux premiers sixièmes de cette distance parcourus dans le même temps que le sixième obtenu par les roues.

M. Beyse doit être convaincu de ce qu'il avance, puisqu'il fait, pour pouvoir entreprendre des essais en grand, des dépenses considérables. Cependant la vitesse obtenue au moyen des roues ne différant de celle de la machine que de $1/4$ ou même $1/5$, il est impossible que quelque erreur ne se soit pas glissée dans cette appréciation de M. Beyse; car un système quelconque de transmission de force ne peut produire plus que la force primitive.

Nous n'avons pu assister aux essais qui devaient être faits très-prochainement; mais nous avons pris nos mesures pour être informé des résultats qui seront obtenus. Ce que nous pouvons dire pour le moment, c'est que, vu la force des machines relativement au tonnage du bâtiment, on devrait, en employant des roues de dimensions convenables, arriver à une vitesse très-considérable. Si donc une telle vitesse n'est pas obtenue, le système en question sera inférieur au système à roues.

M. Beyse doit essayer aussi divers propulseurs, construits d'après les principes du capitaine Carpenter, qui ne diffèrent de

celui de ce dernier que par le nombre et la forme des surfaces de propulsion. M. Beyse adopte 4 surfaces inégalement distantes de l'axe (Voy. Fig. 11), afin, pense-t-il, de les faire agir sur des points différents où l'eau n'ait pas été déplacée par les segments précédents; mais on doit remarquer qu'en vertu de la vitesse du bâtiment, chaque segment successif, bien que placé à la même distance de l'axe, pousse constamment une partie différente du fluide.

D'ailleurs, ce système de 4 segments inégalement distants reviendrait à en avoir 2, comme ceux du capitaine Smith, régnant sur toute la longueur du rayon. Nous ne nous arrêterons pas aux diverses formes adoptées par M. Beyse, car elles ne nous paraissent pas susceptibles d'avoir aucune influence sur l'effet produit.

La meilleure disposition des surfaces planes serait évidemment, d'après les motifs déjà exposés, la plus étroite; mais elle exigerait trop d'espace et n'aurait pas de solidité. Deux surfaces planes, établies, d'après le système du capitaine Delisle, à grande distance de l'axe, nombreuses et par conséquent d'une étendue restreinte, rempliraient le même but; leur effet différerait peu des segments hélicoïdes, car, dans ce cas, la différence des angles de la vis serait très-minime.

COMPARAISON DES DIVERS SYSTÈMES DE PROPULSION.

Mode d'action de la vis. — Si la vis agissait dans un corps solide, dans un écrou en cuivre, par exemple, elle s'avancerait à chaque révolution, après avoir vaincu la résistance du frottement, de la distance déterminée sur l'axe par un tour de l'hélice, et entraînerait avec elle le bâtiment. Dans ce cas, la largeur de l'hélice pourrait être réduite de telle sorte que l'angle milieu pût être considéré comme commun à tous les points.

Mais l'eau étant une substance essentiellement mobile, il a fallu donner à l'hélice, afin qu'elle n'arrachât pas, pour ainsi dire, les filets de son écrou, une largeur telle que les angles formés par les points rapprochés de l'axe différassent extrêmement de ceux formés par les points les plus éloignés. On ne peut donc dire, avec MM. Sauvage et Smith, que l'angle de l'hélice avec l'axe forme un angle donné, qu'en parlant de l'angle milieu formé par la ligne passant par les points situés à égale distance de l'axe et du bord extérieur de l'hélice.

Si cet angle est de 45° , il exerce une force égale pour pousser l'eau dans le sens du mouvement de rotation et dans le sens de la quille. Les parties situées entre cet angle et l'axe exercent une action de déplacement plus grande dans le sens de rotation et moindre dans celui de la quille. Les parties extérieures, au contraire, à mesure qu'elles s'éloignent, agissent davantage dans le sens de la quille et moins dans celui du mouvement de rotation.

D'après le système Delisle ou Ericson, au contraire, les angles extrêmes se rapprochent beaucoup de l'angle milieu,

parce qu'il n'emploie qu'une partie de l'hélice; de sorte que s'il y avait un angle quelconque plus favorable à la vitesse, ce dernier système serait préférable, puisqu'il permettrait de n'agir pour ainsi dire que d'après cet angle (1). Mais s'il n'y a pas d'angle plus favorable pour la vitesse, l'avantage doit rester au système Sauvage, en raison de sa plus grande solidité, et parce qu'il permet de donner à la vis, dans l'espace déterminé par le tirant d'eau du navire, une surface plus considérable ou un diamètre plus petit à surfaces égales; cependant, il est à propos de faire remarquer, en faveur de la vis Delisle, que l'augmentation du diamètre permet de donner à la vis une vitesse moindre, par rapport à celle du piston (2).

Il serait peut-être utile d'enlever une tranche dans la partie la plus rapprochée de l'axe (pour la vis Sauvage), où l'angle très-aigu, agissant sur une substance peu résistante, la déplace très-facilement; on adopterait ainsi une espèce de terme moyen entre les deux systèmes.

(1) L'angle de 45° étant moyen entre ceux des 0° et 90° , qui n'exerceraient aucune action en faveur du sillage, cet angle est probablement le plus favorable; il y aurait donc, sous ce rapport, avantage en faveur du système Delisle; mais comme, dans ce système, on est obligé de faire usage d'un tambour sur lequel sont fixés les segments hélicoïdes, et de rayons pour rattacher ce tambour à l'axe, il s'ensuit qu'il y a perte de force par suite de la résistance opposée par l'épaisseur du tambour dans le sens du sillage, et par celle des rayons dans le sens du chemin des hélices. L'expérience seule nous semble devoir décider si ces avantages et ces inconvénients sont de nature ou non à se compenser.

(2) L'engrenage peut même être supprimé, en diminuant convenablement la course du piston, comme l'a fait M. Ericson.

On a vu que l'emploi de la vis occasionnait une perte de vitesse d'environ douze centièmes, comparativement aux roues; si la vis agissait dans un solide, la perte de force serait due au frottement; il en est de même à l'égard de l'eau qui exerce un frottement s'opposant au trajet de l'hélice plus considérable qu'on ne le pense généralement; l'eau déplacée dans le sens du mouvement de rotation ou dans celui de la quille l'étant également dans le système des roues à aubes.

Quand on observe l'action de la vis, on remarque que l'eau, violemment poussée dans le sens de la quille, l'est très-peu dans le sens latéral; effet très-naturel, puisque tous les segments agissant constamment dans le sens longitudinal, et seulement un instant dans le sens des divers rayons de la circonférence, impriment au fluide un mouvement hélicoïdal.

On a vu que les systèmes de MM. Hunt et Fife, reposant sur les mêmes principes que les précédents, ne présentent pas les mêmes avantages.

Quant aux propulseurs construits d'après les principes du capitaine Carpenter, il a été démontré qu'ils sont défectueux.

Le propulseur à boîtes flottantes de M. Beyse ne nous semble pas non plus susceptible de produire des résultats satisfaisants.

Reste donc à opter entre les propulseurs Delisle et Sauvage. Une expérience décisive à cet égard était bien facile à faire; mais aucun des inventeurs avec lesquels nous nous sommes trouvés en rapport n'a tenté sur son bateau l'essai comparatif d'un système différent du sien.

DES BATIMENTS A VIS À LA MER.

Après nous être efforcé, dans la première partie de ce rapport, de réduire à leur valeur réelle les résultats présentés dans le rapport sur l'Archimède, nous allons, en nous basant sur les données que nous avons établies, examiner les avantages qui peuvent résulter de l'application de la vis aux bâtiments du Gouvernement, et particulièrement aux bâtiments de guerre proprement dits.

Inconvénients de la vis. — Il résulte de ce qui a été déjà exposé, que la vis fait perdre douze centièmes de la vitesse, comparativement aux roues à aubes, dans les circonstances de temps et de tirant d'eau les plus favorables aux roues, circonstances exceptionnelles. En supposant qu'elle ne puisse être atténuée, cette infériorité exceptionnelle, seul inconvénient que paraissent présenter le système de vis, est amplement compensée par de précieux avantages.

Le bruit produit par les roues dentées (bruit signalé comme un inconvénient) disparaît lorsqu'on n'emploie qu'une seule grande roue, comme à bord de la Princesse-Royale, car il provient uniquement de la deuxième grande roue de l'Archimède, qui, dans son extrême vitesse, chasse avec violence l'air autour d'elle, et produit un effet semblable à celui d'une machine soufflante.

Or, à mesure que les dimensions des bâtiments augmentent, cette dernière disposition devient de moins en moins nécessaire. Sur un vaisseau de ligne, par exemple, la vis ne devant avoir que 3 ou 4 fois la vitesse du piston, en raison de la réduction qu'on peut faire subir à la course, comme à bord du Mamouth, une seule roue est plus que suffisante. D'ailleurs, au moyen du système de M. Delisle ou Ericson, l'engrenage est supprimé. La perte de vitesse signalée ci-dessus est donc le seul inconvénient que nous ait fait reconnaître l'appréciation rigoureuse des résultats obtenus par la vis, employée comme moyen de propulsion.

Avantages. 1° La vis est entièrement à l'abri du boulet et des avaries qui peuvent résulter des abordages. La machine peut

être entièrement placée au-dessous de la flottaison, à bord des vaisseaux de ligne.

2° On peut établir des batteries dans toute la longueur des bâtiments.

3° Les bâtiments à vis, ayant environ $\frac{2}{5}$ de moins de largeur que les bâtiments à roues, peuvent entrer dans les bassins et docks qui ne sauraient recevoir ces derniers.

4° La vis, toujours également immergée, quels que soient les mouvements de roulis ou de tangage, ou l'inclinaison du navire, acquiert, dans ces circonstances, une puissance égale et souvent supérieure à celle des roues. Lorsqu'avec un bâtiment à roues, on court vent arrière, poussé par une forte brise et une mer un peu grosse, la lame, dans son mouvement rétrograde, fait subir au niveau de l'eau une dépression telle, que, pendant un instant, les roues demeurent presque entièrement émergées, et la machine acquiert alors une si grande vitesse, que les bâtis ne pourraient résister si on continuait d'agir à pleine vapeur. On est alors obligé de fermer, et presque entièrement parfois, les registres de vapeur; dans ce cas, il peut arriver que les roues, loin de contribuer au sillage, lui deviennent nuisibles, leur vitesse étant souvent inférieure à celle que les voiles seules pourraient procurer au navire.

Dans le bateau à vis, au contraire, on peut toujours utiliser toute la force de la machine, car elle marche, dans ces circonstances, avec une régularité parfaite, signe certain de la complète et constante immersion de la vis. C'est un fait dont nous nous sommes pleinement convaincu, en comptant pendant une heure entière, et à des intervalles très-rapprochés, le nombre de coups de piston donnés.

Comptant ces coups de piston successivement pendant 10", 20", 30", 40" 50" 1^m, 1^m 20", 1^m 40", 2^m, nous avons toujours trouvé le nombre proportionnel au temps écoulé, et cependant, nous courions vent arrière par une mer très-creuse.

Cette constante et complète immersion de la vis, dans ces circonstances de vent arrière, paraît d'abord difficile à expliquer.

car la lame semblerait devoir produire sur la vis, du moins en partie, l'effet d'émersion signalé à l'égard des roues : mais il n'en est pas ainsi ; sapée, pour ainsi dire, à sa base par le mouvement particulier de la vis, et privée dès lors de la force nécessaire pour opérer son mouvement rétrograde, la lame s'affaisse sur elle-même et recouvre entièrement la vis, qui, dans ce cas, agit comme ces prélaris que les petits bâtiments fuyant devant le temps jettent parfois à la traîne pour briser la mer et l'empêcher de déferler à bord. Envisagée sous cet aspect, la vis serait donc un moyen de sécurité pour les bâtiments réduits à fuir vent arrière par un temps forcé.

5° L'immersion constante de la vis, quelle que soit l'inclinaison du bâtiment, permet de faire de la voile par le vent du travers, et au plus près. Cette dernière allure procurait à l'Archimède le plus grand avantage comparatif. Les bâtiments à vis pourraient donc être grésés à peu près comme les bâtiments à voiles.

6° Le système à vis, permettant d'abaisser considérablement le centre de gravité de la machine, donne au bâtiment plus de stabilité que le système à roues ; cependant, cette stabilité demeurant encore inférieure à celle conférée aux bâtiments à voiles, par l'effet du lest qu'on devra supprimer, il serait avantageux de placer le lest restant le plus bas possible. A cet effet, on pourrait le convertir en partie en saumons de plomb, qu'on placerait sous la quille, en remplacement de la fausse quille. Ces saumons, de 1 mètre de longueur, seraient fixés au moyen de trois boulons en cuivre à large tête. Cette division en saumons de 1 mètre serait avantageuse en cas d'échouage : on ne serait exposé à perdre que ceux d'entre eux qui supporteraient les plus grands efforts.

On pourrait alors adopter pour les navires à vis une mâture absolument semblable à celle des bâtiments à voiles ordinaires, sur lesquels ils n'auraient qu'une infériorité de vitesse de $1/25$, lorsqu'ils marcheraient avec la vis désembrayée. L'identité deviendrait parfaite si on pouvait soustraire entièrement la vis à l'action de l'eau par le moyen qui a été proposé.

Cette faculté de pouvoir partager tous les avantages des bâtiments à voiles permettrait d'augmenter la puissance de la machine, dont on ne se servirait pas constamment, comme avec les bâtiments à roues, de manière à obtenir, dans toutes les circonstances, une vitesse supérieure à celle de ces derniers.

7° Les bâtiments à vapeur, même les plus grands, perdent une partie de leur marche par suite de la trop grande immersion des roues au moment du départ, lorsqu'ils ont leur chargement de charbon complet. Cet inconvénient n'existe pas à l'égard des bâtiments à vis.

8° L'engrenage qu'il est nécessaire d'employer pour procurer à la vis Sauvage une vitesse suffisante, donne les moyens de résoudre une question fort importante de la navigation à vapeur, ce qui pourrait peut-être en compenser les inconvénients.

Lorsqu'un bâtiment à vapeur lutte contre un vent violent, ou lorsqu'il remorque un autre bâtiment, il n'utilise qu'une faible partie de la puissance de sa machine, tandis que c'est précisément dans ces circonstances qu'il serait le plus nécessaire de n'en rien perdre.

Qu'arrive-t-il, en effet, dans les cas de mauvais temps contraires ? un bâtiment, donnant à toute marche 24 coups de piston,

peut se trouver réduit à n'en donner que 6 ou 7 : s'il ne descend pas au-dessous de cette limite à mesure que le temps devient plus mauvais, c'est qu'alors, ne gouvernant plus, il abat sur un bord ou sur l'autre, et cesse de lutter directement contre le vent et la mer.

Mais si, par un moyen quelconque, une ancre flottante, par exemple, on pouvait le maintenir debout au vent et à la mer, il est évident (en admettant que l'eau ne se déplaçât pas sous les palettes) que le nombre de coups de piston pourrait finir par être réduit à zéro. Les palettes seraient alors dans le cas de l'ancre flottante elle-même, ne déployant pas de force et présentant seulement une résistance d'inertie : mais aussi il n'y aurait pas de consommation de vapeur, c'est-à-dire pas de force dépensée.

La machine peut, dans ce cas, être comparée à un cric, qui, ayant à vaincre une résistance égale à la puissance appliquée, resterait en repos. Si, dans ce cas, on allonge la manivelle du cric, ou, si on emploie un pignon plus petit, la résistance sera vaincue ; mais il faudra que le nombre de tours de la manivelle soit plus grand pour faire mouvoir la résistance d'une quantité donnée.

La même chose arrivera à la machine à vapeur, si on change l'engrenage d'une manière analogue ; la résistance sera vaincue, mais, pour un certain nombre de tours de roue, il faudra donner un plus grand nombre de coups de piston.

On pourrait donc, en proportionnant convenablement l'engrenage, arriver à donner encore 24 coups de piston, c'est-à-dire à utiliser toute la force que peut déployer la machine, en dépensant toute la vapeur que la chaudière est susceptible de produire, vapeur qui, auparavant, se serait inutilement écoulée par la soupape de sûreté, si l'on eût continué d'entretenir les feux.

Par la même raison, l'engrenage donnera les moyens de se procurer, pendant un espace de temps limité, une puissance supérieure à la puissance normale. On conçoit, en effet, que si les chaudières sont capables de remplir habituellement les cylindres 48 fois par minute, on pourrait, en chauffant avec une activité qu'on ne pourrait exiger constamment, lui faire produire, pendant quelques heures, assez de vapeur pour remplir les cylindres 60 fois. L'emploi de substances résineuses dans ces circonstances produirait les meilleurs résultats : c'est pourquoi ces bâtiments pourraient en embarquer une petite quantité pour s'en servir à l'occasion.

De cet examen comparatif des avantages et des inconvénients de la vis, il résulte évidemment :

1° Que, sous tous les rapports (excepté sous celui de la vitesse), elle présente plus d'avantages que les roues.

2° Que, sous le rapport de la vitesse, les roues ont l'avantage sur la vis par les faibles brises et les belles mers, surtout lorsque le bâtiment n'est pas trop chargé ; cet avantage diminue à mesure que le vent augmente et que la mer devient plus grosse, et il arrive un point, surtout vent arrière, où la vis a l'avantage sur les roues.

C'est d'après ces conclusions que nous allons examiner les avantages qu'on peut se promettre de l'application de la vis aux diverses espèces de bâtiments, en ayant égard aux mers qu'ils doivent parcourir et au genre de service qu'ils doivent y remplir.

DES BATIMENTS LÉGERS DESTINÉS À PORTER DES DÉPÊCHES DANS LA MÉDITERRANÉE.

On peut, dans l'état actuel, rendre la marche des bateaux à vapeur très-supérieure à celle que peuvent acquérir, même dans les circonstances les plus favorables, les bâtiments à voiles. Ainsi donc, les bâtiments dont il s'agit devront toujours, sans avoir égard à la plus ou moins grande consommation du combustible, marcher à la vapeur, puisque dans ce cas la célérité est le premier but qu'on se propose d'atteindre. Or, les bâtiments à roues ayant, de beau temps et par les belles mers, l'avantage sur ceux à vis, il paraît avantageux de conserver les roues aux bâtiments destinés à porter des ordres et des dépêches, particulièrement dans la Méditerranée, où les mauvais temps sont assez rares et de peu de durée, et où surtout la mer se calme promptement.

Les distances à parcourir étant d'ailleurs assez courtes, le bâtiment n'a pas besoin d'être surchargé de charbon au départ.

DES BATIMENTS LÉGERS DESTINÉS À PORTER DES DÉPÊCHES DANS L'OcéAN.

La vis semble devoir être préférée pour ces bâtiments, surtout pour ceux destinés à faire les trajets des Antilles et de l'Amérique du Sud.

1° En raison des vents réguliers, qui leur permettront de parcourir à la voile de grandes distances avec des brises favorables et assez fortes pour leur donner une belle vitesse ;

2° Parce que la mer restant longtemps grosse après les coups de vents, les avantages de la vis seront plus souvent utilisés, en supposant entre les beaux et les mauvais temps le même rapport que dans la Méditerranée.

3° La grande quantité de combustible que doivent embarquer à leur départ les bâtiments à vapeur est, pour les bâtiments à roues, un grave inconvénient, tandis que les navires à vis, outre qu'ils en sont peu affectés, pourront, en raison des chances qu'ils ont d'obtenir plus souvent, à l'aide de leurs seules voiles, une vitesse suffisante, en embarquer une moindre quantité.

Par les mêmes raisons, on pourrait les munir de plus puissantes machines.

DES BATIMENTS DE GUERRE.

Du moment que la vis, employée comme moyen de propulsion, loin de rendre le bâtiment moins marin, est au contraire susceptible d'ajouter aux garanties de la navigation, les avantages de son application aux vaisseaux de ligne deviennent si incontestables et si frappants, même pour les personnes les plus étrangères à la navigation à la vapeur, qu'il semble inutile de les énumérer.

Qu'on se figure, en effet, deux vaisseaux en présence, l'un à

la voile, l'autre se servant de la vis : quelle inégalité n'y aurait-il pas entre ces deux bâtiments, dont l'un pourra se mouvoir autour de l'autre dans toutes les directions, avec une vitesse au moins double de la vitesse ordinaire d'un vaisseau (par les temps et avec les voilures de combat), sans que rien puisse altérer sa puissance motrice, tandis que l'autre ne pourra se porter que dans certaines directions, à l'aide de voiles entièrement exposées aux coups de l'ennemi !

Que si, par impossible, la supériorité restait au dernier, comment en profiterait-il, puisque le bâtiment à vis serait toujours à même de se soustraire à propos aux coups de son vainqueur, impuissant à le suivre ?

Ainsi donc, quelque grands que puissent être les inconvénients résultant de l'application de la vis aux vaisseaux de ligne, les avantages pour le combat en sont si incontestables, qu'on ne saurait hésiter à l'adopter ; car l'avantage restera nécessairement à la puissance qui, la première, opposera de tels vaisseaux aux vaisseaux ordinaires.

La question principale est de placer la machine à l'abri du boulet, et c'est surtout pour cette raison que le système à roues ne peut être comparé dans ce cas au système à vis.

Il résulte des recherches que nous avons faites à cet égard, qu'en adoptant pour les vaisseaux une machine de la force de 1,000 chevaux, même à basse pression, tout le système peut être placé entièrement au-dessous de l'eau. La vis, d'ailleurs peu vulnérable, est complètement immergée, et protégée par l'arrière du navire qui la recouvre.

À l'égard de la cheminée, qui ne dépassera que de quelques pieds le pont supérieur d'un vaisseau, elle ne pourra être abattue, et les trous de boulets seront facilement bouchés, au moyen d'autoclaves disposés d'avance.

Reste maintenant à examiner les inconvénients qui peuvent résulter de l'application de la vis aux vaisseaux :

1° La vis, même désembrayée, nuit au sillage, puisque, d'après les expériences du capitaine Ericson, elle le diminue de 1/25. Cet inconvénient pourrait disparaître au moyen de la disposition que nous avons mentionnée ;

2° Les chaudières, les machines et le charbon occuperont un grand espace, et surchargeront le navire d'un poids considérable.

En admettant le cas le plus défavorable, c'est-à-dire l'emploi des machines à basse pression, l'espace occupé par la base des chaudières serait de 10 mètres carrés ; les machines en prendraient 8 environ en longueur, ce qui ferait 18 mètres en tout. Le charbon, pour un nombre d'heures assez limité, serait logé de chaque côté des machines et des chaudières.

Le poids total de la machine, des chaudières et du charbon, pourrait être de 1,000 tonnes. Cette disposition entraînerait nécessairement la suppression d'une grande quantité de caisses à eau, inconvénient auquel il serait peut-être possible de remédier en partie, en employant pour contenir l'eau des cuisines, du boulanger, etc., les chaudières, qui ne doivent servir que très-rarement. Il faudrait dans tous les cas se réserver les moyens d'obtenir de l'eau distillée en embarquant les appareils convenables.

Mais si l'on considère que les vaisseaux ne devront se servir

de leurs machines que pour le combat, ou dans des circonstances très-urgentes, et toujours pendant quelques heures seulement, on conçoit qu'on peut sans inconvénient employer des machines à haute pression et des chaudières à tubes bouilleurs. Le court espace de temps pendant lequel les machines fonctionneraient ne permettrait pas la formation dans les chaudières d'une grande quantité de sels; le temps d'ailleurs ne manquerait pas pour les nettoyer, puisqu'elles ne serviraient que très-rarement. Dans ce cas, le poids de la machine et des chaudières, ainsi que l'espace occupé par elles, seraient considérablement réduits.

La consommation du charbon deviendrait aussi bien moindre, puisque la machine, pouvant être entretenue en état parfait d'entretien, donnerait, si elle était à détente et à condensation, le rapport de 108 à 54, et si elle était à détente, seulement celui de 93 à 54, par rapport à la machine à basse pression et condensation. Alors, le poids total serait de 650 tonnes environ pour les machines, les chaudières et le charbon.

La quantité de charbon embarquée, pour la consommation de 5 jours, serait de 250 tonnes.

L'espace total occupé prendrait 12 mètres sur la longueur du navire.

Nous ne faisons pas mention ici des machines d'une faible puissance destinées à procurer de petites vitesses aux vaisseaux de ligne, car nous sommes convaincu que ce serait un essai malheureux. Les autres nations, jalouses de procurer à leurs vaisseaux un avantage de marche qui leur assurerait une grande supériorité, soit dans l'attaque, soit dans la retraite, les muniraient d'appareils de plus en plus puissants; nous nous verrions donc à notre tour obligés de remplacer nos faibles machines par d'autres plus fortes, ce qui rendrait inutiles les premières dépenses; la répugnance bien naturelle qu'on éprouverait à consentir un tel sacrifice entraînerait infailliblement les conséquences les plus désastreuses. Il faut adopter la machine la plus forte possible, et je crois celle de 1,000 chevaux la plus convenable pour les vaisseaux de 1^{er} rang.

Il est évident que pour conserver au bâtiment ainsi surchargé son tirant d'eau habituel, il devient nécessaire de supprimer de son chargement des poids équivalents.

D'abord, l'espace occupé dans le centre du navire par les machines, les chaudières et le charbon, aura nécessité la suppression d'environ 200 tonnes d'eau qu'il faudra remplacer par une petite quantité de charbon supplémentaire (20 tonnes) destinée à fournir la quantité d'eau supprimée.

Qu'on supprime encore 30 tonnes d'eau pour faire place aux objets de rechange déplacés par la machine et ses accessoires, et l'on aura ainsi conquis l'espace et un poids de 200 tonnes, ci. 200 t.

Maintenant on remarquera : que la mâture et le gréement du vaisseau muni de telles machines ne sont plus aussi exposés dans les combats, et que d'ailleurs ils ne sont pas nécessaires dans cette circonstance essentielle (1);

Qu'en outre, le navire a par-devers lui les moyens de se

relever d'un côté, et de parcourir au besoin une distance moyenne de 300 lieues;

Qu'au mouillage il peut, au moyen de ses machines, soulager si efficacement ses amarres, qu'une ou deux ancres mouillées paraissent devoir lui suffire dans toutes les circonstances.

Il sera donc possible de supprimer une partie des ancres, chaînes, voiles, agrès, mâts de rechange, etc., etc.

Le poids total de ces divers objets est de 400 tonnes pour les vaisseaux de 1^{er} rang; on pourra donc obtenir à cet égard une réduction de 100 tonnes, ci. 100 t.

Les machines qui remplacent dans la cale l'eau et les rechanges, beaucoup moins pesants, procureront au vaisseau un excès de stabilité qui permettra de supprimer du lest total (635 tonnes, Montebello, 1813) 200 tonnes, et, en adoptant les saumons en plomb placés sous la quille, cette réduction pourra être plus considérable (1), ci. 200 t.

Formant un total de. 500 t.

Arrivé à ce point, les 150 tonnes de surcharge restant feront enfoncer le bâtiment de 15 centimètres au plus.

On pourrait encore supprimer une partie de l'artillerie, et surtout des projectiles, ce qui permettrait, sans nuire à la stabilité, de se débarrasser d'une partie proportionnelle du lest.

Au premier abord, cette réduction dans le nombre des bouches à feu et de leurs projectiles, *réduction qu'il est d'ailleurs facile d'éviter*, pourrait paraître peu convenable. Mais si l'on considère que dans un combat de bateaux à vapeur, l'abordage sera le résultat presque immédiat de la rencontre, on concevra que cette réduction, surtout celle des projectiles, ne saurait entraîner de grands inconvénients.

A l'égard de la possibilité de l'abordage, il semble que lorsqu'une escadre de bateaux à vapeur, dont le système ne pourra être endommagé par le boulet, voudra en aborder une autre, celle-ci ne pourra s'y soustraire qu'en prenant la fuite; ce qui n'est pas admissible, car, même dans ce cas, les plus mauvais marcheurs seraient atteints et enlevés par les meilleurs marcheurs de l'ennemi.

Le but que nous nous sommes proposé, dans ce qui précède, n'est pas de faire disparaître entièrement les inconvénients qu'entraîne l'emploi de la vis à bord des vaisseaux, mais de démontrer par quels moyens ils pourraient être atténués. Car quels que soient ces inconvénients, ils ne sauraient empêcher l'application de la vis aux vaisseaux, puisqu'il est certain que la nation qui la première présentera au combat des vaisseaux à vis dominera les autres, ou les forcera de l'imiter; et nous sommes convaincu qu'à la première guerre de semblables vaisseaux seront employés, soit au commencement de la lutte, soit à une époque quelconque de sa durée.

En résumant tout ce qui a été exposé sur cette importante question, il nous semble démontré que la vis peut avantageuse-

(1) Dans ce mémoire, spécialement consacré à traiter la question des vis de propulsion, nous ne saurions entrer dans de plus grands détails, mais nous pouvons assurer que si l'on admet la possibilité de remplacer par de l'eau distillée les 2/3 de celle qui compose l'approvisionnement d'un vaisseau de premier rang (230 tonn sur 367), question que de récentes expériences semblent avoir résolue, nous pouvons assurer, disons-nous, que les bases que nous établissons sont d'une exactitude mathématique.

(1) On suppose que, dans ces circonstances, les mâts seront calés.

ment remplacer les roues pour tous les bâtiments de guerre, excepté pour ceux destinés au transport des dépêches dans la Méditerranée, et *peut-être* dans l'Océan.

Mais c'est surtout dans son application aux vaisseaux de ligne que la vis est destinée à opérer une révolution complète, dans l'art de la guerre maritime.

D'après ces considérations, il semble qu'il conviendrait, si on avait lieu de craindre une guerre maritime prochaine, de nommer immédiatement une commission composée de personnes expérimentées, pour examiner la question, et déterminer la force et le système des machines applicables aux vaisseaux de ligne, afin qu'on pût s'occuper sans délai de la construction de telles machines, en nombre égal à celui de nos vaisseaux, pour que nous fussions en mesure de nous présenter au combat avec des chances de succès au moins égales à celles de nos adversaires.

Mais si, comme tout semble le présager, nous devons jouir longtemps encore des bienfaits de la paix, il ne serait pas convenable de hasarder une semblable dépense, qui plus tard pourrait devenir inutile par suite des perfectionnements qu'on est en droit d'attendre des investigations et des travaux constants auxquels se livrent avec une ardeur si infatigable les savants et les mécaniciens de tous les pays.

Il semblerait suffisant, dans ce dernier cas, d'étudier à notre tour cette question, que nous connaissons à peine, bien qu'elle ait été soulevée pour la première fois par l'un de nos compatriotes, et de faire ensuite l'application du système à certains de nos bâtiments à vapeur proprement dits, s'il paraissait qu'il y eût lieu d'en attendre des résultats avantageux.

RÉSULTATS DE LA TRANSFORMATION DES BÂTIMENTS DE GUERRE ET À VOILES, EN BÂTIMENTS À VAPEUR ET À VIS.

Cette transformation pourrait sembler surtout favorable à l'Angleterre, qui possède un très-grand nombre de bateaux à vapeur et d'établissements pour la fabrication des machines. Nous pensons qu'il n'en est rien, par cette raison, que, dans les combats entre bâtiments à vapeur, ce ne sera pas le nombre des bâtiments qui assurera la supériorité, mais le nombre des combat-

tants. Qu'on suppose deux escadres à vapeur en présence, portant chacune 25,000 hommes; l'une ayant ces 25,000 hommes répartis sur 25 vaisseaux; l'autre sur 100 bâtiments de moindre force: n'est-il pas évident que les gros bâtiments écraseront les petits par leur masse dans l'abordage, par la supériorité de leur feu, et la force de leur échantillon, dans le combat à distance? Dans l'abordage, et pour qu'il y ait égalité de force, 4 petits bâtiments devront se concerter ensemble pour en attaquer un seul, et certes, il n'est pas facile que 4 bâtiments en abordent simultanément un autre marchant à une vitesse de 8 à 9 nœuds, d'autant plus que ceux qui se trouveraient placés soit de l'avant, soit de l'arrière, seraient tout d'abord coulés à fond. Enfin, les bâtiments abordés et présentant le même nombre d'hommes de chaque côté, l'avantage serait encore tout en faveur de celui dont les murailles seraient plus élevées, et les feux plus plongeants.

Le gros bâtiment, au contraire, présentera toujours 1000 hommes aux 250 du petit bâtiment qu'il abordera, outre les avantages de sa masse et d'une artillerie plus redoutable.

Si on reconnaît l'exactitude de ce qui vient d'être exposé, la question se réduira à examiner si la France peut, en transformant ses vaisseaux en bâtiments à vapeur, réunir un plus grand nombre de combattants sur les champs de bataille maritimes.

La manœuvre, dans le combat et dans les circonstances difficiles de la navigation, nécessite un grand nombre de matelots pour armer nos vaisseaux; il n'en sera pas de même des bâtiments à vapeur, qui combattront sans voiles, et pourront, dans les circonstances critiques, appeler à leur aide la puissance de leurs machines. D'un autre côté, tout homme peut, après quelques mois de navigation, combattre avec toute son énergie sur le pont d'un bâtiment à vapeur; rien ne s'opposera donc à ce que les équipages soient composés, en grande partie, d'hommes choisis dans les rangs de l'armée; et ainsi disparaîtra la cause de l'infériorité maritime de la France, par rapport à l'Angleterre, due uniquement au nombre trop restreint de ses matelots.

Nous pensons qu'il n'y a pas lieu d'examiner s'il nous sera possible de construire assez de vaisseaux pour recevoir tous les combattants dont nous pourrions disposer: on obtient des bâtiments en faisant des sacrifices d'argent, il n'en est pas de même des matelots.

DES EXPÉRIENCES À FAIRE.

Le gouvernement anglais a commandé à MM. Maudslay une machine de 10 chevaux, destinée à faire mouvoir un propulseur à vis, qui sera montée dans quelques semaines sur le *Bee*, petit bateau qui doit servir à l'instruction des élèves mécaniciens.

Il a commandé, en outre, à ces mêmes industriels, une autre machine à vis de 200 chevaux, qui sera bientôt prête.

Nombre de particuliers font en outre des essais sur des bateaux de 50, 100 et 200 tonneaux.

En présence de pareils faits, nous avons pensé que le gouver-

nement pourrait juger convenable d'ordonner également des essais, afin de se procurer sur cette question des renseignements exacts et complets qu'il est toujours difficile d'obtenir des étrangers. C'est pourquoi nous avons cru devoir indiquer, en terminant ce rapport, les moyens qu'on pourrait employer pour obtenir un résultat complet, sans dépenses considérables.

La marine possède deux paires de machines de 80 chevaux, celles du *Pélican*, que nous indiquons ici, parce qu'elles pourraient être employées sans exiger de grandes modifications dans

le mécanisme. L'une de ces deux paires de machines serait placée à bord de l'un de nos petits bricks de 16 (anciennement bricks goëlette), genre de bâtiment qui remplit lui-même toutes les conditions désirables.

La suppression du lest et de l'artillerie compenserait amplement le poids des machines. Le degré de stabilité serait sensiblement le même, et le lest, placé principalement sur l'arrière, présente une répartition de poids analogue à celle qui résulterait de l'installation de la vis et des machines.

Les différences qui pourraient exister, sous le rapport de la stabilité et du tirant d'eau, disparaîtraient par suite de l'emploi des saumons en plomb sous la quille.

Le tirant d'eau de ces bâtiments, relativement très-grand à l'arrière, leur permet de recevoir des vis dont les pas différeraient de 2^m 60 à 9 mètres de longueur. La grande différence qui existe entre les pas de ces deux vis permettrait d'essayer un grand nombre de vis intermédiaires, ce qui est précieux pour obtenir des résultats complets.

Le système d'engrenage serait disposé de manière à ce que la machine pût donner toujours à peu près le même nombre de coups de piston avec les différentes vis, et des nombres différents avec la même vis : on éviterait ainsi les causes d'erreurs que nous avons signalées dans les expériences de l'Archimède.

On procéderait aux essais de la manière suivante : Le bâtiment, établi d'abord avec des roues, serait essayé à son moindre tirant d'eau, puis à son tirant d'eau moyen, et ensuite à son tirant d'eau d'extrême charge. Il n'aurait pas de mâture, afin de prévenir, autant que possible, les causes d'erreurs qui pourraient résulter de l'influence du vent.

Si l'on ne jugeait pas à propos de comparer le système de la vis à celui des roues, on éviterait une grande partie de la dépense ; mais, sans cette comparaison, les expériences seraient incomplètes.

Ces premiers essais terminés, on installerait le bâtiment à vis.

L'axe de forte dimension serait percé de plusieurs trous taraudés, qui recevraient les rayons sur lesquels seraient fixés les

segments hélicoïdes destinés à former des vis de dimensions et de formes diverses.

Ces segments en tôle, et confectionnés à l'avance, pourraient, pour la plupart, être placés immédiatement et sans difficulté, de sorte que les expériences comparatives pourraient être faites dans les mêmes circonstances de temps.

Les choses en cet état, on déterminerait par expérience :

1° La surface la plus avantageuse à donner à la vis, comparativement à celle de la section transversale immergée du milieu du navire, ainsi que par rapport à la force de la machine.

Cette surface a été estimée, par M. Smith, à un peu moins du quart de la section transversale immergée, mais d'après des essais imparfaits.

2° L'angle milieu le plus favorable à la vitesse.

3° La vitesse la plus convenable de la vis par rapport à celle du piston, et par conséquent la longueur à donner au pas de la vis.

4° La vitesse comparative que l'on obtiendrait pour un nombre donné de coups de piston, soit en employant la forme de vis de M. Sauvage, soit en faisant usage de celle de Delisle, ou, autrement dit, du capitaine Ericson.

5° On s'assurerait de l'effet produit sur la vitesse par la division plus ou moins grande des segments hélicoïdes.

6° On déterminerait exactement l'influence que peut avoir sur la marche la vis désembrayée. Il suffirait pour cela d'établir sur le bâtiment une voilure quelconque, rien ne s'opposant à ce que l'expérience soit faite en courant vent arrière.

7° Enfin on comparerait la vitesse du navire, muni de la vis la plus convenable, avec celle procurée par les roues à aubes dans les mêmes circonstances de tirant d'eau.

On pourrait, en outre, et sans autre dépense que celle de la fabrication de deux segments à surface plane, faire l'essai du système Carpenter.

Afin de ne pas attaquer l'étambot du bâtiment, on pourrait faire passer l'arbre de l'un des côtés. Il agirait alors suivant un angle de 1° avec la quille, ce qui est peu important.

LÉGENDE.

La Fig. 12. Plan d'un brick de 16, indiquant :

1° La disposition de la charpente qui doit recevoir la vis : on voit que la quète considérable de ces bâtiments permet de conserver le corps du navire intact.

2° Le genre de chaudières le plus convenable.

3° Le système d'engrenage destiné à multiplier la vitesse du piston.

4° Une vis Delisle ayant 9 mètres de longueur de pas, et une vis Sauvage, où cette longueur est réduite à 2^m 60.

Fig. 13 et 14. Disposition particulière des rayons sur l'arbre de la vis destinée aux expériences, afin de pouvoir changer les angles et les surfaces des vis, sans démonter l'arbre.

Fig. 15 et 16. Coupes transversales et longitudinales de l'arrière d'un vaisseau de 74.

On voit dans la figure 15, les circonférences d'une vis Sauvage et d'une vis Delisle: les positions de ces vis sont indiquées dans la figure 16. Le rapport de cette vis Sauvage à la section immergée est :: 77 : 345 ou :: 1 : 4,45, le vaisseau au tirant d'eau moyen de 7^m 17. Le rapport de la vis de l'Archimède est :: 1 : 4,36; on voit que la surface de cette vis, comparativement à la section immergée, est un peu moindre que celle de l'Archimède.

Il est facile de s'apercevoir, à l'inspection de la figure 15, que le vaisseau n'est pas assez fin pour qu'on puisse placer la vis Delisle dans le massif arrière. La vis Sauvage elle-même n'y pourra produire tout son effet.

C'est pourquoi nous avons pensé qu'on pourrait allonger le vaisseau à l'arrière, comme l'indique la figure 16.

Cette disposition permettra de rentrer la vis au moyen de crémaillères, comme nous l'avons déjà exposé.

Cette partie ajoutée à l'arrière, peut être comparée aux tambours des bateaux à vapeur, avec cette différence qu'elle est moins exposée à l'action des lames et peut être établie d'une manière bien plus solide.

Elle ne supportera d'ailleurs que la moitié du poids de la vis, tandis que les tambours supportent les 3/4 de celui des roues, qui sont bien plus pesantes.

Cette disposition permettrait en outre de changer les segments hélicoïdes; on pourrait ainsi leur donner les dimensions les plus convenables relativement aux résistances à vaincre.

LÉGENDE DES FIGURES 12, 13, 14, 15 ET 16.

Fig. 12.

AB, vis Delisle.

A'B', vis Sauvage.

Fig. 13 et 14.

AB, rayons taraudés.

CC, segments hélicoïdes.

Fig. 15.

ABCDEF, coupe transversale immédiatement sur l'avant de la vis.

A'B'C'D'E'F', coupe transversale, immédiatement sur l'arrière de la vis.

MN, vis Sauvage.

M'N', vis Delisle.

M''N'', vis Sauvage hissée dans le navire.

M'''N''', vis Delisle *id.* *id.*

X, extrémité de l'arbre.

VK, embrayage hexagonal.

Lignes ponctuées de la Fig. 15.

ab, ad, tambour ou panneau courbe en 2 ou 4 parties.

de, dc, trajet des panneaux lorsqu'on les tire pour le passage de la vis.

mn, position de la vis embarquée lorsqu'on fait usage des panneaux divisés.

kh, lg, gf, coupes successives sur l'avant de la vis, indiquant les formes les plus convenables pour les bâtiments à vis.

Figure 16.

AB, A'B, crémaillères pour hisser la vis.

C, C, pignons agissant sur les crémaillères.

D, D, roues dentées.

E F, vis sans fin à filets contraires, agissant sur les roues dentées.

ss, division transversale du panneau courbe en 4 parties.

Explications des lignes ponctuées. — Les formes les plus convenables à donner à la carène des bâtiments à vis sont indiquées dans le plan, par les lignes ponctuées. Les formes des couples *kh, hg, gf*, etc., doivent être telles qu'elles puissent venir se raccorder avec le tambour *dab*. Il sera plus avantageux de faire le tambour en deux pièces, qu'il suffira de tirer en *de, bc* pour permettre le passage de la vis. Les parties de carènes de *p en d* et de *p en b* qui réunissent les deux couples entre lesquels passe la vis, pourraient être en bronze. On voit que l'adoption de ce tambour permet de conserver la vis embarquée au-dessous du pont. Lorsqu'on adaptera la vis aux vaisseaux, on pourra raccorder la partie ajoutée, en lui donnant des formes analogues à celles indiquées. On pourrait encore diviser le tambour en quatre parties, comme il est indiqué Fig. 16 en *ss*.

DEUXIÈME PARTIE.

RECHERCHE

PROPULSEURS SOUS-MARINS.

Traduction de l'appendice D, ajoutée par M. Elijah Galloway, au Traité de la Machine à Vapeur de Tredgold.

INTRODUCTION.

On ne peut se dissimuler que c'est une tâche d'une difficulté peu commune, que celle de rechercher les propriétés d'une découverte mécanique, nouvelle, ou dont l'application est encore dans son enfance. Les conséquences déduites de la pratique, surtout lorsque notre expérience ne se borne pas à un nombre restreint de faits, peuvent être présentées sans crainte d'erreur, et le devoir d'un auteur se borne presque exclusivement à s'assurer que les faits sont établis avec exactitude; mais lorsque nous sommes obligés, comme dans cette circonstance, de substituer des inductions hypothétiques aux données de la pratique, le savoir le plus profond ne peut être une garantie d'infailibilité.

C'est donc avec une hésitation plus qu'ordinaire que l'auteur de cet article a entrepris la tâche que M. Weale (1) lui a fait l'honneur de lui confier, pensant sans doute que les essais qu'il a entrepris pour perfectionner les roues à aubes le rendaient, jusqu'à un certain degré, apte à faire des recherches sur un sujet aussi intimement lié avec cette partie de la science mécanique. En soumettant les pages suivantes aux personnes du métier et à celles qui s'intéressent à des recherches d'un si grand intérêt, l'auteur ne peut espérer que son analyse des propriétés des vis de propulsion, et son appréciation de leur valeur, comparativement à celle des roues à aubes, ne soient trouvées, jus-

qu'à un certain point, imparfaites et peu satisfaisantes, dès que notre expérience aura été plus mûrie. Tant de nouveaux phénomènes se présentent dans le travail d'une machine comparativement inconnue jusqu'ici, que ses propriétés et sa puissance ne peuvent être l'objet d'une investigation complète que lorsque des expériences variées et plus étendues (seul moyen certain d'arriver à des conclusions exactes) nous auront plus familiarisés avec eux. Nos connaissances sur les roues à aubes elles-mêmes, malgré l'usage que nous en faisons depuis longtemps, et les diverses formes sous lesquelles elles ont été essayées, sont encore, sous beaucoup de rapports, vagues et hypothétiques, comme le prouvent les différents systèmes de construction et les diverses proportions qu'on essaie chaque jour.

Tout ce qu'on peut faire, dans l'état actuel de nos connaissances sur l'objet qui nous occupe, consiste à exposer avec impartialité les faits les plus exacts qu'on puisse établir, et à empêcher le lecteur de prendre des probabilités pour des certitudes. Sous ce rapport, l'auteur pense que les pages suivantes contribueront, jusqu'à un certain point, à agrandir et à fixer nos connaissances sur ce nouveau moyen de propulsion pour les bâtiments à vapeur; elles contiennent, outre l'analyse qu'on a essayé de faire, des informations relatives à l'invention et à ses diverses modifications, qui n'ont pas encore été présentées au public.

(1) Editeur anglais.

SUR LA VIS D'ARCHIMEDE OU PROPULSEUR SOUS-MARIN.

Dans le texte original de M. Tredgold, ainsi que dans les appendices qui y ont été ajoutés par différents auteurs, les recherches relatives aux moyens de propulsion des bateaux à vapeur se sont principalement rapportées aux roues à aubes. Il est vrai que M. Tredgold fait une légère mention des vis de propulsion, donnant des calculs algébriques relatifs à quelques-unes de leurs propriétés, et il conclut en recommandant ce sujet à l'attention de ses lecteurs. Cependant, depuis lors, cette question a été l'objet d'expériences faites avec soin et sur une grande échelle, et elle a acquis ainsi un haut degré d'importance. Les résultats obtenus ayant déterminé les gouvernements anglais et français à adopter ce moyen de propulsion pour quelques-uns de leurs bâtiments, un ouvrage sur la navigation à vapeur ne peut être considéré comme complet, s'il ne contient d'amples détails sur ce sujet, ainsi que des recherches sur les propriétés et l'effet comparatif de ce système en rapport avec les données que peut fournir une invention encore dans l'enfance.

Les vis de propulsion, de quelque manière qu'elles soient modifiées, tirent tout leur pouvoir propulsif de filets ou lames fixées sur un axe parallèle à la quille du vaisseau; ces filets forment des segments d'hélice ou de spirale, de telle sorte, qu'en faisant tourner l'axe, les filets se fraient un chemin dans l'eau, comme la vis dans une pièce de bois. Il y a cependant cette différence distincte entre la vis à bois et la vis de propulsion, que cette dernière, agissant sur un fluide, ne peut pousser le vaisseau sans déplacer l'eau, tandis que la vis à bois s'avance dans le bois sans occasionner aucun déplacement nuisible. La loi qui gouverne le déplacement de l'eau est commune aux roues à aubes et à tous les corps qui se meuvent dans ce fluide.

Il est peu de chose aussi intéressant dans la recherche d'une vérité philosophique, que l'histoire d'une invention importante à partir de sa naissance. Dans les recherches de cette nature, il faut se garder d'attacher une trop grande valeur aux notions primitives; car dans la plupart des cas, c'est l'application qui constitue le seul titre à la gloire d'une invention; car on néglige d'examiner certaines propositions plutôt parce qu'elles sont trop connues et trop admises en principe pour être commentées, que parce qu'elles sont considérées comme nouvelles et dignes d'attention. C'est ainsi que mainte idée précieuse a sommeillé pendant des siècles dans des ouvrages scientifiques, jusqu'à ce que sa maturité de l'art auquel elles se rapportent en ait rendu l'application possible.

La vis de propulsion peut être considérée comme appartenant à cette classe de machines; aussi trouvons-nous qu'il n'y a rien de nouveau dans l'idée de son application à la propulsion des bâtiments.

Les preuves que nous allons fournir suffisent pour rendre ce fait évident, et il n'est pas douteux qu'une recherche plus étendue suffirait pour en augmenter le nombre.

Un peu après l'année 1731, on trouve dans un ouvrage (intitulé : *Machines et inventions approuvées par l'Académie royale des Sciences, depuis 1727 jusqu'en 1731*) une proposition pour employer la vis comme machine hydraulique, d'une manière qui se rapproche tellement de l'action du Propulseur, que le pas qui reste à faire est simple et évident. Cet ouvrage décrit et explique cette machine, inventée par M. Duquet, pour faire remonter les rivières aux bâtiments contre le courant; la Fig. 17 Pl. 2 en montrera la disposition (1).

Un double bateau est amarré au pieu *a*; il est muni d'une vis portant sur les paliers *b, b*, et sur l'axe de laquelle est fixée une poulie à gorge *c*. Cette poulie communique aux poulies *d, e*, autour desquelles passe le cordage de touée. Un bateau contre-poids (qui n'est pas indiqué) est près du double bateau lorsque le chaland qu'on doit haler est à l'extrémité inférieure du courant. Le courant agissant sur la vis la fait tourner et lui fait mettre en mouvement les poulies qui font descendre le contre-poids et remonter le chaland.

Dans un ouvrage sur la théorie de la vis d'Archimède, publié à Paris en 1768 par M. Paucton, on trouve le passage suivant : « La rame est un instrument au moyen duquel on peut faire mouvoir un bateau sur l'eau. C'est un long levier terminé par une extrémité aplatie qui agit par sa pression sur l'eau, comme un coin sur le bois. Le point d'appui de ce levier est la cheville à laquelle il est attaché; la force motrice est le rameur, et le fluide la résistance; ce qui est contraire cependant à l'opinion de quelques écrivains. Je suis étonné que personne n'ait songé à changer la forme de la rame ordinaire, qui n'est pas évidemment parfaite. En effet, outre que l'action du rameur n'est pas calculée pour faire avancer le vaisseau uniformément, puisque la rame décrit des arcs de cercle dans son mouvement, il est obligé d'employer la moitié de son temps et de sa force à retirer la rame de l'eau et à la porter en avant. Pour remédier à cet inconvénient, il serait nécessaire de substituer à la rame ordinaire un instrument dont l'action fût, si c'est possible, uniforme et continuelle, et je pense qu'on trouvera parfaitement ces propriétés dans le ptérophore. On pourrait en placer deux horizontalement et parallèlement à la longueur du navire, un de chaque côté, ou un seulement devant. On immergerait entièrement le ptérophore ou seulement jusqu'à l'axe, comme on le voudrait. Les dimensions du ptérophore dépendront de celles du navire, et l'inclinaison de l'hélice, de la vitesse avec laquelle on veut ramer (2). »

Quoique l'écrivain ne nous expose pas le moyen par lequel il se propose de faire mouvoir ses propulseurs, il nous donne

(1) Ce dessin est copié exactement d'après l'ouvrage original; mais il est évidemment erroné, car la vis doit être plus immergée.

(2) L'auteur dit autre part : « J'appelle ptérophore, une révolution du filet d'une vis autour d'un cylindre.

des idées très-claires sur l'application de la vis à la propulsion des bâtiments.

Dans le même ouvrage, l'auteur décrit aussi l'application de la vis à la mesure de la vitesse des bâtiments, et son système est identique avec l'invention connue sous le nom de *Lock de Massey*.

Nous devons maintenant faire connaître cette circonstance intéressante, que la vis (1) a été appliquée dans la marine royale anglaise dès 1802, pour faire mouvoir les bâtiments de guerre pendant le calme. Nous en trouvons la preuve dans les témoignages suivants, copiés sur les certificats originaux que fit imprimer l'inventeur, M. John Shorter, et dont un exemplaire est entre les mains de M. David Napier, ingénieur à Millwall.

Certificats de l'amiral sir Richard Bickerton et des capitaines des bâtiments de Sa Majesté, Dragon, Superbe, etc.

Baie de Gibraltar, 4 juillet 1802.

Monsieur,

J'arrivai ici le 1^{er}, après une traversée de dix jours depuis mon départ d'Angleterre. Jusqu'à mon arrivée, nous eûmes une brise fraîche du S.-O., de sorte que nous n'eûmes pas l'occasion de faire usage du propulseur; mais hier, le temps étant calme, je fis appareiller le *Doncaster*, d'après le désir qui me fut exprimé par des capitaines de la marine royale et diverses autres personnes, et on en fit l'essai à la grande surprise et à la satisfaction de chaque spectateur; le lock fut jeté, et quoique le navire fût pesamment chargé, nous filions 1 1/2 nœud par le seul effet de votre propulseur de nouvelle invention.

J'ai reçu les certificats ci-inclus des capitaines des navires de Sa Majesté, *Dragon* et *Superbe*, afin que l'utilité de cette grande machine puisse être appréciée de toutes les personnes qui s'occupent de la navigation des bâtiments, et spécialement de ceux destinés pour la Méditerranée, où nous sommes si sujets à rencontrer des calmes.

J'ai reçu ordre de me rendre à Malte, et je partirai ce soir si le vent le permet.

Votre, etc.

John SHOUT, master du *Doncaster*, transport.

A M. Shorter, 83, Wapping-Wall.

Nous soussignés, capitaines des bâtiments de Sa Majesté, *Dragon* et *Superbe*, avons vu le *Doncaster* parcourir, par un temps calme, une distance de deux milles, dans la baie de Gi-

(1) Ce propulseur n'était pas une vis, comme l'explique M. Galloway lui-même, ci-après.
(Note du Traducteur.)

braltar, par le seul effet du propulseur de M. Shorter, et avec une vitesse suffisante pour gouverner.

S. AYLMER, cap. du navire de Sa Majesté, *Dragon*.

R. KEATS, cap. du navire de Sa Majesté, *Superbe*.

Seconde lettre du capitaine Shout.

Malte, 4 septembre 1802.

A M. Shorter.

Monsieur, nous arrivâmes ici il y a environ un mois, venant de Gibraltar, d'où je vous écrivis relativement au propulseur. Ma lettre contenait les opinions des capitaines des navires le *Dragon* et le *Superbe*, qui, j'espère, vous sont déjà parvenues. A mon arrivée ici, j'eus une occasion favorable d'essayer le propulseur; nous rencontrâmes du calme entre le Goze et Malte; il dura vingt-quatre heures, et comme il n'y avait pas apparence de vent, nous trouvant seulement à sept lieues du port, j'établis le propulseur à quatre heures du matin, et nous marchâmes à raison de 1/2 mille par heure, ayant huit hommes au cabestan. — J'arrivai en rade à six heures du soir, au grand étonnement des spectateurs.

Trois jours après mon arrivée, d'après le désir de l'amiral Bickerton, j'appareillai et je fis parcourir au navire, à plusieurs reprises, la longueur du port, à la très-grande satisfaction des personnes présentes à l'expérience.

Je pense que nous resterons ici quelque temps; c'est pourquoi je saisis l'occasion d'un cutter de Sa Majesté qui se rend directement en Angleterre, et qui part à l'instant, pour vous faire parvenir l'opinion de l'amiral Bickerton, et je reste, Monsieur, votre respectueux,

John SHOUT.

Lettre de l'amiral Bickerton.

Monsieur, ayant été à bord du transport le *Doncaster*, j'ai pu examiner la manœuvre du propulseur pendant que le navire était en marche: je pense que le système est bon et qu'il peut être utile dans plusieurs circonstances.

Je suis, Monsieur,
votre obéissant serviteur,
R. BICKERTON.

Au master du Doncaster.

Ces certificats n'indiquent pas ce qu'était le propulseur, mais nous en avons reçu la description de M. Napier, qui, ayant fait,

plusieurs années après cette époque, quelques expériences avec une vis, dont il pensait avoir eu la première idée, en fit part à diverses personnes et eut ainsi connaissance des essais précédemment tentés par M. Shorter. Ayant appris que celui-ci habitait South-Wark, il se rendit chez lui, et il y vit une collection nombreuse de vis de propulsion établies dans le massif arrière, dans les façons, sur l'avant, sur les côtés, en un mot, dans toutes les positions possibles. Les formes des vis étaient également variées; elles se composaient soit d'un seul filet continu, soit de deux, trois ou quatre filets, soit d'ailerons semblables à celles de moulins à vent, soit enfin d'un simple bras. M. Napier suppose qu'il y a vu tous les systèmes possibles et que ces modèles comprenaient la plupart des modifications actuellement présentées au public. M. Shorter rendit M. Napier témoin de plusieurs expériences, qu'il fit dans un réservoir établi à cet effet dans son atelier, et il en ressortit que le meilleur système semblait consister en une simple lame ou bras, partant de l'axe; et il paraît que c'est celui qui avait été adapté au bâtiment dont il a été question dans les certificats. La position qui lui fut assignée semble douteuse, mais on est en droit de penser qu'on en avait établi un de chaque côté sous les hanches arrière, les axes traversant des boîtes à étoupes.

Dans un ouvrage publié en 1824, d'après les ordres du gouvernement français, par M. Marestier (1), qui a visité l'Amérique pour faire un rapport sur l'état de la navigation à vapeur dans ce pays, on trouve décrits divers systèmes de propulsion sur le principe de la vis.

L'auteur en parle comme ayant été *essayés* ou *proposés*, de sorte que nous ne pouvons dire si ceux dont nous allons parler ont été exécutés.

M. Marestier dit : Les fonds du bâtiment sont creusés en dessous en forme de canal : une surface hélicoïde presque aussi longue que le bâtiment y est enfermée. Il est évident qu'en faisant tourner cette surface, le navire avancera. On voit dans les *Fig. 18 et 19, Pl. 2*, deux roues d'angle, *t* et *o*, destinées à transmettre à la surface hélicoïde le mouvement de rotation de l'axe vertical, auquel est appliquée la force motrice.

L'idée fondamentale du mécanisme précédent se retrouve dans la *Fig. 20*, mais au lieu de creuser en canal les fonds du navire et d'y adapter une surface hélicoïde, on se sert de deux bateaux entre lesquels sont établies deux surfaces hélicoïdes, tournant en sens contraire.

La disposition qui se voit dans les figures précédentes diffère d'une autre invention qui n'est pas indiquée, et dans laquelle les surfaces rotatives sont placées en dehors du bâtiment, et ne sont pas continues, c'est-à-dire qu'elles sont composées d'ailerons séparés. Il y a des roues d'angle pour les faire tourner.

Au commencement de 1825, une compagnie qui s'était formée pour faire l'application du *gas vacuum engine* à la navigation des canaux, fit insérer dans le *Times* l'offre d'une prime de 100 guinées pour le meilleur système de propulsion des bâtiments, sans le secours de roues à aubes. En conséquence,

M. Samuel Brown, l'inventeur du *gas vacuum engine*, soumit un modèle, mu par une vis (1) placée à l'avant du bâtiment, et pour lequel la compagnie lui accorda la prime. La *Fig. 21* indique cette disposition.

Le propulseur se composait de deux lames *d, e*, se croisant à angle droit et formant avec l'axe un angle de 45°. Il était rattaché à l'arbre *b* par un joint universel, et en soulevant le support vertical *f, g*, le propulseur pouvait être retiré de l'eau, l'axe restant parallèle à l'étrave. L'arbre *b* traversait une boîte à étoupe placée dans l'étrave.

Subséquentement, la compagnie se décida à donner suite à l'invention, et, à cet effet, on construisit à Rochester un bâtiment qui reçut une de ses machines de 12 chevaux, destinée à faire mouvoir le propulseur. La communication de mouvement se faisait au moyen de roues d'angle. Le bâtiment fut essayé plusieurs fois, mais il fut abandonné par suite de la dissolution de la compagnie. Cependant les résultats furent si satisfaisants, que M. Brown fit construire un autre bâtiment plus convenable, sur lequel il établit la même machine et le même système. Ce bâtiment fit plusieurs trajets, notamment entre le pont de London et Battersea, et occasionnellement en dessous du pont. Nous savons que ce bateau porta quelque fois jusqu'à trente personnes, avec une vitesse moyenne de 6 à 7 milles par heure. Il traversa une fois le pont de Battersea en même temps que la *Diana Richmond*, et il franchit le courant en moins de temps que la *Diana*, quoique celle-ci eût une machine de 20 chevaux.

En 1827, dans une 2^e édition qui fut publiée de l'*Histoire de la Machine à vapeur*, par l'auteur de cet article, on trouve le passage suivant, résultant d'informations dont il ne se rappelle plus la source maintenant : « On a fait en Amérique l'essai « d'une espèce de vis, qui était placée à l'avant ou à l'arrière « du bâtiment, complètement immergée, et dont l'axe était « parallèle à la quille. On l'abandonna après une expérience « très-approfondie, mais nous ne pourrions dire les raisons de « son insuccès. Il paraît probable que si la vis était construite « avec une seule révolution, elle pourrait être appliquée avec « avantage aux petits bâtiments. »

Le traité de M. Tredgold sur la machine à vapeur parut la même année, et on y trouve la description suivante de diverses méthodes de propulsion des bâtiments : « Une vis, ressem- « blant à la vis à eau, agissant dans un cylindre et entièrement « immergée dans l'eau, fut proposée par M. Scott d'Ormiston. « et deux vis travaillant en sens opposé furent partiellement « essayées par M. Whytock (*Brewster's Philosophical Journal*, « vol. II, pag. 39), et citées par le colonel Beaufoy, qui prétend « que cette invention fut apportée de Chine. Il se disposait à voir « une expérience faite sur une grande échelle à Groenland-Dock, « par M. Lyttleton. Celui-ci avait établi, à l'arrière d'un bateau- « pilote de Virginie, un châssis contenant une grande spirale « en cuivre qui recevait un mouvement de rotation, au moyen « d'une manivelle tournée par deux ou plusieurs hommes : l'ef- « fet fut bien moindre qu'on ne l'espérait; car, bien que le ba-

(1) *Mémoire sur les Bateaux à Vapeur des États-Unis de l'Amérique, avec un appendice sur diverses machines relatives à la marine, etc.*, Paris, Imprimerie Royale, 1821.

(1) Ce propulseur n'est pas une vis; il se rapporte plutôt, d'après la *Fig. 21*, au système Carpenter qu'à la vis.
(Note du Traducteur.)

« l'eau fût entièrement vide et qu'on fit des efforts considérables, le sillage ne put excéder deux milles à l'heure. »

Dans les calculs présentés dans le même ouvrage, sur les propriétés des vis de propulsion (page 501 de la traduction française), il paraît que notre auteur, n'attachant pas une grande importance à ce système, n'a pas étudié ses effets avec son soin habituel. Il est nécessaire de le signaler, car les erreurs d'une autorité aussi grande sont plus préjudiciables que celles de savants moins distingués. Sa figure et la description qu'il en donne prouvent évidemment qu'il veut parler d'une hélice, bien que réellement il parle d'une spirale. Sans faire l'analyse de sa formule, il suffit de montrer que quelques-unes de ses hypothèses sont erronées. Par exemple, il remarque qu'un peu plus d'une révolution de la spirale produira le maximum d'effet, en imprimant à l'eau toute la vitesse que la spirale peut communiquer.

Mais il est évident que la faculté de communiquer le mouvement ne doit pas dépendre seulement de l'étendue du filet, mais aussi de l'angle de la lame et de sa vitesse; car nous pouvons concevoir un mouvement de rotation assez rapide pour qu'une lame étroite agisse sur une aussi grande quantité d'eau qu'une lame plus large ayant un mouvement de rotation moins vif. Il y a encore erreur dans ses assertions, lorsqu'il prétend qu'il y a des cas où le pouvoir et l'effet sont égaux. En effet, l'eau se déplaçant perpendiculairement aux diverses parties de la surface de la vis de propulsion, la puissance sera toujours exercée suivant une ligne perpendiculaire au filet, ligne que nous pouvons appeler l'hypothénuse, et l'effet sera comme le mouvement actuel du bâtiment, suivant la ligne de l'axe, qui, dans les meilleures circonstances possibles, peut seulement être égale à la perpendiculaire; et comme la puissance et l'effet sont entre eux comme les carrés de leurs vitesses, la puissance doit être comme le carré de l'hypothénuse, et l'effet, comme celui de la perpendiculaire, d'où la perte de force sera comme le carré de la base (1). Donc, aucune décroissance du pas ne peut rendre la puissance égale à l'effet; car si nous faisons décroître le pas jusqu'à ce qu'il soit égal à zéro, la rotation de la vis sera incapable d'imprimer la moindre vitesse au bâtiment.

Pousser cet examen plus loin maintenant, serait empiéter sur un article consacré à cette question, qu'on trouvera dans une autre partie de cet ouvrage. Il suffit d'ajouter, cependant, que ces investigations, aussi bien que les expériences qui ont été énumérées, et les propositions faites pour se servir de la vis comme propulseur, démontrent que ce n'est pas une découverte nouvelle. Mais cela ne diminue pas le mérite de l'application pratique. Si, en 1827, on avait demandé à quelqu'un son opinion sur l'efficacité probable d'une vis de propulsion, il aurait très-probablement répondu que les difficultés de l'application s'opposaient à une disposition (d'une efficacité extrême-

mement problématique) qui pût en faire une chose pratique. Il est vrai que M. Brown a réussi jusqu'à un certain point: mais comme il n'a pas donné suite à ses expériences, il en résulte qu'il eût plutôt retardé qu'avancé des progrès ultérieurs, quand bien même ses efforts auraient été plus généralement connus qu'ils ne paraissent l'avoir été. Autant que nous avons pu nous en assurer, ce sujet ne parut plus attirer l'attention jusqu'en 1836, époque à laquelle M. Smith prit des brevets pour l'application de la vis à la propulsion des bâtiments à vapeur, en la plaçant dans un espace pratiqué à cet effet dans le massif arrière.

Bientôt après, M. Smith parvint à compléter une série d'expériences sur un petit bateau qui avait les dimensions suivantes :

Longueur.....	35'
Largeur.....	6' 6"
Tonnage.....	6 t.
Tirant d'eau.....	4'
Diamètre du cylindre.....	6'
Course.....	15'
Pas de la vis.....	2' 5"
Diamètre.....	2'
Sillage moyen.....	7 à 8 milles par heure.

Ce petit bateau partit de Black-Wall le samedi 20 septembre 1837, après midi, et arriva à Gravesend à huit heures un quart. Il en partit le matin suivant, à trois heures et demie, et arriva à Margate à neuf heures trois quarts. Il partit de Margate le lundi à six heures après midi, et, en contournant Fore-Land par une mauvaise mer, le tube d'alimentation manqua, et il fut obligé de courir sur Broadstairs à la voile. On partit de nouveau le mardi matin pour Ramsgate, on laissa Ramsgate le soir suivant par un vent violent soufflant sur Fore-Land, et une mer si mauvaise, qu'on fut obligé de vider l'eau pour empêcher le bateau de couler. Cependant il atteignit Margate à la vapeur en deux heures dix minutes environ, ce qui, vu les circonstances, était un fait extraordinaire. Les résultats de ces essais furent si satisfaisants, qu'ils décidèrent la formation d'une compagnie, sous le titre de *The Ship Propeller Company*.

Toutefois, ce système de propulsion était si généralement impopulaire parmi les ingénieurs constructeurs et les savants, qu'on fut quelque temps avant de trouver un fabricant qui voulût entreprendre la construction des machines destinées à un grand bâtiment d'essai.

Cependant, MM. Georges et Jean Rennie (fils du célèbre Jean Rennie), ayant été témoins de diverses expériences faites avec le petit bateau d'essai, et convaincus que cette invention promettait beaucoup, entreprirent non-seulement de fabriquer les machines, mais contribuèrent encore largement à fournir les fonds nécessaires pour l'exécution des projets de la compagnie.

Il n'est pas hors de propos de faire remarquer qu'une invention qui a tellement réussi qu'elle est devenue maintenant un sujet d'honorable émulation entre les personnes qui cherchent à découvrir et à appliquer les meilleurs systèmes de machines ou la forme la plus favorable de propulsion, rendirent MM. Rennie, ainsi que la compagnie, l'objet, sinon du ridicule, au

(1) Ce n'est pas la circonstance la moins intéressante de cette question, que nous soyons redevables de la découverte de la vis, et du moyen d'en apprécier la puissance comme propulseur, à deux de nos plus anciens philosophes, Archimède et Pythagore. On sait que c'est par le dernier que fut découvert le théorème donné dans la 47^e proposition d'Euclide. (Voir la NOTE troisième.)

moins de la pitié du public, parce qu'ils exposaient, pensait-on, les premiers leur réputation, la deuxième ses capitaux, dans une entreprise désespérée. De semblables faits sont dignes de remarque, parce qu'ils prouvent les grandes difficultés qui s'opposent à la poursuite d'une découverte nouvelle, et qu'ils démontrent que la réussite de l'application pratique d'une invention mécanique rencontre autant d'obstacles et exige des qualités d'esprit presque aussi rares et aussi précieuses à la société que les plus hautes facultés d'invention.

On construisit enfin le bâtiment qui devait recevoir la vis ; il fut nommé l'Archimède. On lui donna les dimensions suivantes :

Extrême longueur.....	125'
Longueur entre les perpendiculaires.....	106' 8"
Extrême largeur.....	21' 10"
Creux.....	13'
Tirant d'eau derrière.....	10'
id. id. devant.....	9'
Tonnage.....	232 t.
Force des machines.....	80 ch.

Les machines et accessoires furent construits, comme nous l'avons dit, par MM. Rennie. Les *Fig. 22* et *23* représentent une élévation et un plan des machines et de tous les accessoires, excepté les chaudières.

Les cylindres, au lieu d'être placés transversalement, comme dans les bateaux à roues à aubes, le sont dans le sens de la longueur, c'est-à-dire perpendiculairement à la position ordinaire.

Ces machines sont de l'espèce appelée machines directes, c'est-à-dire que le mouvement est communiqué des machines aux manivelles par les bielles, sans l'intermédiaire des balanciers. Il n'y a qu'une pompe à air pour les deux machines, qui est mise en mouvement par l'arbre intermédiaire, coudé à cet effet.

Dans la description suivante, les mêmes lettres de renvoi indiquent des parties semblables (*Fig. 22* et *23*). *AA* sont les cylindres, qui ont 37 pouces de diamètre et 3 pieds de course, *BB* sont les tiges de piston ; *CC* les tés de ces tiges ; *DD* les bielles pendantes de cylindre, dont les extrémités inférieures glissent dans des guides fixés sur les côtés des cylindres ; *EE* les bielles pendantes des bielles d'attache, qui forment partie, par le fait, de ces bielles ; *FF* les tés des bielles d'attache, et *GG* les bielles d'attache. *HH* sont les manivelles, qui sont disposées à angle droit. *I* est l'arbre intermédiaire portant des manivelles en *J* pour faire mouvoir la pompe à air : *KK* sont les excentriques, qui font mouvoir les tiroirs *LL*.

Les manivelles qui font mouvoir la pompe à air sont placées à l'opposé des autres, comme on le voit dans la *Fig. 24*, afin que le piston de celle-ci remonte lorsque les autres descendent, de manière à contre-balancer les poids jusqu'à un certain point. *M* est le condenseur ; *N* la bache ; *OO* sont les pompes alimentaires mues par des bras qui partent du té de la pompe à air et glissent dans les guides *QQ*.

RR, châssis des roues dentées. La roue *S* est fixée sur l'arbre de la machine ; les dents sont en bois de charme. Elle s'engrène avec le pignon *T*. Sur l'axe du pignon *T* est fixée la roue dentée *U*, ayant le même pas et le même diamètre que

la roue *S*. La roue *U* communique le mouvement au pignon *V* (de même dimension que *T*), qui est fixé sur l'arbre du propulseur *WW*. Ces roues et pignons ont pour effet de multiplier la vitesse de l'arbre du propulseur dans la proportion de 5,33 : 1, de sorte que, lorsque l'arbre de la machine fait 25 révolutions, l'arbre du propulseur en fait 133, 3 ; ce dernier arbre est supporté par des paliers *XX* et réuni en *YY* par un système d'embrayage particulier indiqué dans la *Fig. 25*. *aa*, extrémités des arbres qui doivent être réunis, et qui ont chacune la forme d'un demi-cylindre massif. Quand ces extrémités sont réunies, ayant leurs surfaces planes en contact, on fait glisser la boîte d'assemblage *b*, de manière à les recouvrir ; on serre les faces planes l'une contre l'autre au moyen d'une clef chassée dans une mortaise pratiquée à cet effet, et on obtient ainsi un assemblage très-solide.

L'arbre *z* passe à travers une boîte à étoupe établie dans le faux étambot, comme on le voit dans l'élévation et dans la *Fig. 12*.

La vis a 5' 9" de diamètre et 8' de pas ; elle est composée de 2 filets opposés l'un à l'autre, de même grandeur et de même surface, de sorte que lorsque la vis est vue de face, elle a l'apparence d'un disque complet, comme elle est représentée *Fig. 26* ; la vis a par conséquent 4' de longueur.

L'Archimède reçut d'abord une vis à un seul filet, comme on le voit *Fig. 27* ; mais on trouva la vitesse du bâtiment moins grande qu'avec le double filet (1) ; elle communiquait en outre un mouvement de vibration par suite de la résistance angulaire transmise alternativement par la partie antérieure, voisine de l'axe, à la partie postérieure ; le double filet obvia entièrement à cet inconvénient.

La vis, fabriquée en fer malléable, est d'une exécution assez difficile ; un certain nombre de pièces en fer forgé, composées d'une virole centrale *a* et de deux bras égaux et effilés *bb*, sont enchâssées et fixées solidement sur l'axe, et à égale distance (*Voy. Fig. 28*), les bras à angles égaux les uns par rapport aux autres, de manière que leurs extrémités puissent décrire une ligne hélicoïde uniforme. Ces bras sont tordus de manière à former des sections de vis ; un certain nombre de feuilles découpées suivant la forme *cc*, et courbées comme des segments de vis au moyen d'un moule en fonte sur lequel elles sont jetées rouges, sont rivées sur les bras. Ces feuilles recouvrent les bras des deux côtés, de manière à former une surface continue et assez unie, s'effilant vers le bord extérieur de la vis. Comme le navire est poussé par l'action de la vis sur l'eau, l'arbre doit nécessairement, par suite de la résistance qu'il éprouve, être poussé en avant ; mais si cette pression était exercée sur les collets des paliers, elle occasionnerait dans cette partie un frottement préjudiciable. On a adopté, pour y obvier, la disposition indiquée dans la *Fig. 29* : *aa* sont deux paliers entre lesquels agit le pignon (*Voy. Fig. 23*), qui est ici supposé enlevé de l'arbre en *b*. A ce bout antérieur de l'arbre, on pratique un trou cylindrique dans lequel on introduit un boulon en acier qui fait partie de la pièce hémisphérique *d*, laquelle est en acier trempé très-dur. *ce* est une boîte en fonte, solidement boulonnée au bâti de la machine

(1) Voir la NOTE première à la fin de ce Mémoire.

par des châssis brisés en *ff*; dans l'intérieur de cette boîte est établi un bloc de fonte *gg*, sur la face duquel est pratiquée une mortaise qui reçoit une plaque d'acier trempé *h*. Il est donc évident que tout l'effort exercé par la vis pour se porter en avant est entièrement transmis par la pièce hémisphérique *d* à la plaque *h*, et comme le point de contact entre les surfaces est purement tangentiel, le frottement doit être très-peu considérable. La boîte est remplie de suif; pour diminuer davantage le frottement et l'usure, on dirige sur le point de contact un courant d'eau froide; cette précaution est également observée à l'égard des autres coussinets de l'arbre du propulseur, au moyen d'un tuyau horizontal établi le long de la quille, et muni d'une série de petits tubes dont les ouvertures sont dirigées sur chaque coussinet respectif, de manière qu'en ouvrant un robinet fixé sur le tuyau principal, on projette un jet d'eau sur ces coussinets; cette eau tombe ensuite dans la cale, d'où elle est enlevée au moyen de pompes d'épuisement reliées aux machines. Cette disposition est très-efficace, puisque la plaque *h*, et par conséquent l'hémisphère *d*, présentent peu ou point d'apparence d'usure.

Comme l'un des avantages principaux qui résultent de l'application de la vis de propulsion consiste à permettre d'utiliser les voiles lorsque le vent est assez favorable, il importe beaucoup de pouvoir désembrayer promptement la vis. La *Fig. 30* indique la méthode employée à bord de l'Archimède. La vis reposant sur les paliers indiqués dans les premières figures, porte à sa partie antérieure une boîte d'ajustage *c* (dont la forme intérieure est hexagonale), qui fait partie de l'axe de la vis. L'extrémité *d* de l'arbre du propulseur est disposée de manière à s'ajuster exactement dans la boîte d'assemblage, et cet arbre peut être retiré en dedans en glissant dans la boîte à étoupe, au moyen d'un système établi dans l'intérieur du navire. Ainsi, lorsque l'arbre est sorti de la boîte d'ajustage, la vis peut tourner librement dans ses coussinets, et ne présente guère plus d'obstacle au sillage du bâtiment que celui qui résulte du frottement des coussinets et de celui de l'eau sur les filets de la vis.

Il est aussi nécessaire de décrire ici les moyens employés pour embarquer la vis ou la mettre en place, dans le cas où elle serait avariée, soit par le choc d'un objet quelconque, soit par un boulet ou par toute autre cause (1). Comme elle est complètement immergée, il serait impossible, dans plusieurs de ces cas, de la réparer sans la mettre à bord. La *Fig. 31* indique les dispositions usitées à bord de l'Archimède pour atteindre ce but. Immédiatement au-dessus de la vis se trouve une boîte rectangulaire, qui vient jusqu'au pont, assez large pour qu'un homme puisse y passer librement pour atteindre la vis. Lorsqu'on veut l'enlever, on fait passer par cette ouverture une ligne fine, à l'extrémité de laquelle est attachée une petite bouée. Lorsque cette bouée a paré les bords de l'ouverture et vient surnager à la surface de l'eau, entraînant la ligne avec elle, on saisit celle-ci et on l'attache sur le bout d'une chaîne ou d'un cordage; en halant la ligne par l'ouverture *c* et filant en même temps la chaîne ou le cordage, leur bout se présente à l'ouverture de manière à pouvoir être saisi et croché dans un trou pratiqué à cet effet dans

la vis. Deux semblables cordages, préalablement amarrés sur une barre placée en travers sur le pont, sont fixés sur l'axe de la vis, en avant et en arrière de cette vis. On enlève les chapeaux des paliers, au moyen de longs boulons qui se rendent du pont aux paliers, et ceux-ci restent à découvert. Tirant alors sur les cordages attachés à l'axe de la vis, elle se dégage des paliers, et reste suspendue; de sorte qu'en agissant sur les chaînes ou cordages *b*, on la fait sortir de la position verticale, on continue à agir sur les cordages *b* en filant les autres, et la vis arrive jusqu'à l'arc-boutant *e*, d'où elle est facilement mise à bord.

Il faut une manœuvre plus habile pour remettre la vis à poste; à cet effet, le cordage *b* est filé à une distance connue, et fixé à ce point, de manière qu'en tirant également sur les cordages *dd*, l'axe est amené à sa position dans le massif. Plaçant alors les chapeaux des paliers, au moyen des longs boulons, l'axe est assujéti, comme auparavant, dans ses coussinets. Cependant, il est évident que pour que le succès de cette opération soit certain, il faut que le temps soit calme, et que l'axe ne soit pas assez profondément enfoncé dans l'eau pour qu'un homme ne puisse l'atteindre avec les mains. Cette circonstance de temps est également nécessaire pour mettre exactement l'axe dans ses paliers, dans le cas où on ne le pourrait au moyen des chaînes, et pour dégager ces dernières, lorsque l'opération est terminée.

Par un mauvais temps, il est évident qu'un objet aussi lourd que la vis, suspendu par des chaînes et débordé à la vue, serait trop peu maniable pour qu'une pareille opération pût être exécutée avec sécurité; jusqu'à ce qu'on ait proposé quelques procédés plus certains, nous ne pouvons considérer comme d'une exécution facile que l'embarquement de la vis ou sa mise en place par un temps calme. Dans les autres circonstances, on ne devra recourir à cette mesure désespérée que pour éviter un plus grand inconvénient. Nous ne pouvions cependant nous dispenser d'indiquer les moyens employés pour retirer la vis ou la replacer, car c'est un avantage précieux, malgré les difficultés d'exécution qu'ils présentent; mais une méthode plus sûre et plus efficace pour arriver à un but si désirable serait un très-grand perfectionnement.

EXPÉRIENCES.

Les premières expériences eurent pour but de déterminer la vitesse de l'Archimède en eau calme. A cet effet, divers essais furent faits à un endroit nommé le *Mille mesuré à Long-Reach*, et on s'assura que sa vitesse moyenne était de 9. 64 milles par heure. Mais comme c'était surtout aux bâtiments destinés à aller à la mer que la vis était considérée comme particulièrement applicable, dès que tout fut terminé, le bâtiment fit différents voyages dont les résultats paraissent avoir été assez satisfaisants. D'après une demande adressée à l'Amirauté, il fut ordonné d'entreprendre une série d'expériences comparatives (en prenant Douvres comme point de départ et d'arrivée), avec les paquebots à vapeur de Sa Majesté, appartenant à ce port; le capitaine Chappell, de la marine royale, fut désigné pour en rendre compte, et déterminer telles autres expériences qu'il pourrait juger néces-

(1) Voyez la NOTE deuxième.

saires. Cependant, avant l'arrivée du capitaine Chappell, on avait fait divers essais intéressants, dont le capitaine Burridge, de la marine royale, qui y avait assisté, tint un journal d'où nous extrayons ce qui suit :

« *Premier Jour*, 21 avril 1840 : légères brises du nord.

Avant midi.

7 h. 30^m. Parti de la rade de Douvres avec le bateau à vapeur de Sa Majesté, Ariel, pour Calais, l'Archimède un peu de l'avant.

8 h. 45^m. Les deux navires mettent à la voile, légère brise de S.-O.

10 h. L'Ariel, 1 mille en arrière.

10 h. 30^m. Par le travers de Calais, gagné l'Ariel de 6 minutes.

« *Second Jour*, 22 avril.

Avant midi.

4 h. 10'. Parti de Calais avec l'Ariel, vent d'O-S.-O., et plus frais que les jours précédents : l'Ariel gagnant un peu, mais les deux bâtiments ayant mis à la voile, l'Archimède le devança de 5 minutes au plus près, pendant toute la traversée; sillage avec les voiles et la vapeur : 9 3/4 nœuds.

6 h. 42^m. Arrivée en rade de Douvres.

« *Même Jour*.

8 h. 30^m. Parti de Douvres avec le bateau à vapeur de Sa Majesté, le Beaver : légères brises du S.-O.

9 h. 20^m. Une longueur de navire en tête du Beaver.

9 h. 43^m. Id.
Vitesse 9 1/2 nœuds : coups de piston 27 par minute.

10 h. 45^m. 2 1/2 Encâblures en tête du Beaver.

11 h. 30^m. Le Beaver met à la voile.

12 h. Légères brises du S.-O. Le Beaver à 2/3 de mille en arrière.

4 h. 53^m. Arrivée en rade d'Ostende : gagné le Beaver de 4 minutes.

« *Troisième jour*, 23 avril.

Avant midi.

9 h. Perroquets dégrées, les cornes amenées, gouverné dans les eaux du Beaver dans le canal.

10 h. Le Beaver en avant de 1/3 de mille.

11 h. 30^m. Par le travers de Dunkerque. Midi : Brises modérées d'O.-N.-O.

Le Beaver a un mille en avant; coups de piston 26, sillage 8 3/4.

Après midi.

2 h. Mise à la voile; le Beaver a 1 1/2 mille en avant, sillage 9 1/4 nœuds.

4 h. 28^m 30^s. Le Beaver par le travers de la jetée de Douvres.

4 h. 37^m 30^s. L'Archimède par le travers de la jetée de Douvres; 9 minutes en faveur du Beaver.

« *Quatrième jour*, 25 avril.

Avant midi.

8 h. 42^m. Parti avec les bateaux à vapeur de Sa Majesté, Ariel et Beaver; légères brises d'E. tirant au N.; sillage 9 1/2 nœuds; coups de piston 27.

Le Beaver est arrivé le premier en rade, gagnant 4^m 45^s; l'Ariel ensuite, ne devançant pas l'Archimède tout à fait de 3 longueurs.

11 h. 25^m. Laissé la rade de Calais pour aller à la recherche du Swallow, avec les malles d'Ostende.

Après midi.

12 h. 8^m. Par le travers de Swallow.

2 h. 52^m. Par le travers de la jetée de Douvres; le Swallow à environ 2 longueurs en arrière. On ne fit pas de voile ce jour-là.

« *Cinquième jour*, 29 avril.

Avant midi.

6 h. 40^m. Parti pour Boulogne avec le vapeur Britannia, à 1/2 mille en avant de l'Archimède.

7 h. 0^m. Par son travers; sillage 9 1/2 nœuds. Le Britannia met à la voile.

7 h. 15^m. L'Archimède met à la voile; brises modérées de N.-E., route au sud, sillage 10 nœuds.

9 h. 2^m 45^s. Contourné la bouée de la jetée de Boulogne.

9 h. 49^m. Le Britannia passe la bouée. Différence de temps. 21^m 15^s
Différ. de chemin corresp. 3 milles 3/4 environ.

Après midi.

1 h. 52^m. Mis à la voile pour Douvres; fraîche brise de N.-E.; à la voile et à la vapeur, au plus près; 9 1/2 près et 10 nœuds pleins. A 4 h. le vent fraîchit et devient debout; serré les voiles; 8 milles 3/4 à la vapeur.

5 h. 19^m. Doublié la jetée de Douvres, ayant effectué le passage avec les circonstances citées, et contre un courant de jusant, en 3 h. 27^m.

Nous publions, avec l'autorisation du capitaine Chappell, les extraits suivants de ses rapports.

Résultats des Expériences de Douvres.

A mon arrivée à Douvres, je m'entendis avec le capitaine Boteler, pour que le Widgeon fût mis à ma disposition.

Le tableau suivant indique la grandeur, la force et l'immersion comparative des deux bâtiments, le Widgeon et l'Archimède.

NOMS des navires.	TONNAGE.	DIAMÈTRE des cylindres.	LONGUEUR de la course du piston.	TIRANT D'EAU moyen.
Archimède.....	162	39'	3' 4'	7' 3"
Widgeon.....	237		3.0	4.4

« Le *Widgeon* est le paquebot le plus rapide de la station de Douvres. Il a 10 chevaux de force de plus et 76 tonn. de moins que l'*Archimède*, et son tirant d'eau est moindre de 2' 2".

Expériences : — « N° 1. Dans notre première expérience, qui fut faite sans voiles, nous parcourûmes un trajet de 19 milles à l'O.-S.-O. de la rade de Douvres, avec une légère brise de l'arrière et une mer calme. La machine de l'*Archimède* donnait 27 coups de piston par minute, et sa vitesse était de 8,5 nœuds à l'heure (1). Le *Widgeon* franchit la distance entière en 6 minutes de moins que l'*Archimède*.

« N° 2. En parcourant les 19 milles pour revenir à la rade de Douvres avec un faible vent contraire, sans voiles, la machine de l'*Archimède* donnait 26 coups de piston par minute, et la vitesse de ce bateau était de 7 1/2 à 8 nœuds à l'heure. Le *Widgeon* parcourut la distance en 10 minutes de moins que l'*Archimède*.

« N° 3. La troisième expérience consista à franchir les 19 milles qui séparent la rade de Douvres de celle de Calais, le temps étant parfaitement calme et la mer unie comme une glace. La vitesse de l'*Archimède* fut de 8 1/2 à 9 nœuds à l'heure, et le piston de la machine faisait 27 oscillations. L'*Archimède* parcourut la distance entière en 2 h. 9 m. 5 s.; c'était 3 m. 5 s. de plus que n'en mit le *Widgeon*.

« N° 4. Pendant le retour à la rade de Douvres, le temps était calme et la mer unie comme pour l'aller. Le paquebot français *La Poste* partait au même moment. La vitesse de l'*Archimède* et celle de sa machine furent les mêmes qu'à l'aller. Le *Widgeon* franchit la distance en 4 minutes de moins que l'*Archimède*, qui arriva 25 minutes avant *La Poste*, dont les machines n'ont ensemble qu'une force de 50 chevaux.

« N° 5. Pendant cette cinquième expérience, une fraîche brise soufflait de l'est, mais la mer n'était que faiblement agitée. Les deux navires déployèrent toutes leurs voiles; l'*Archimède* en portait beaucoup plus que le *Widgeon*. Le trajet s'effectua, comme dans l'expérience précédente, de Douvres à Calais, distante de 19 milles, en courant au plus près.

« La machine de l'*Archimède* donnait de 27 à 28 coups de piston par minute, sa vitesse fut de 9 à 9 1/2 nœuds à l'heure, et il parcourut la distance entière en 9 minutes de moins que le *Widgeon*.

« N° 6. En revenant de Douvres avec un vent frais du travers, toutes voiles déployées, la machine de l'*Archimède* donnait 28 coups de piston par minute, et le navire faisait 10 nœuds à l'heure. L'*Archimède* effectua le trajet en 5 m. 1/2 de moins que le *Widgeon*. »

Remarques : — « Ces expériences prouvent clairement que pendant le calme et sur une mer unie, la vitesse de l'*Archimède* est un peu inférieure à celle du *Widgeon*; mais la machine du premier est plus faible de 10 chevaux que celle du second, et

son tonnage est supérieur de 76 tonnes : il est évident que la force impulsive de la nouvelle machine est égale, sinon supérieure, à celle des roues ordinaires à aubes. Ainsi, sous ce rapport, on doit considérer l'invention de M. Smith comme ayant parfaitement réussi.

« Il ressort aussi très-évidemment de la seconde expérience, qu'en naviguant contre un vent même très-faible, la mâture peu élevée et le gréement léger du *Widgeon* lui donnaient un avantage sur l'*Archimède*, dont les mâts sont plus hauts et le gréement plus lourd; et quoique la continuité du calme m'ait empêché de faire sur ce point des expériences comparatives par un gros temps, je suis convaincu que par une forte brise debout, les avantages dus à la légèreté des agrès du *Widgeon* eussent été encore plus manifestes.

« Cependant, dans les deux dernières expériences, l'action des voiles de l'*Archimède* lui fut favorable; aussi le *Widgeon* fut-il battu; l'*Archimède* effectua la traversée de Douvres à Calais en moins de temps que n'en mit jamais aucun des paquebots-postes de Sa Majesté. Il fit la route de Douvres à Calais en 2 h. 1 m., et il revint en 1 h. 58 m. 1/2. »

On nous a communiqué les renseignements suivants sur les dimensions et les forces relatives des paquebots de Sa Majesté avec lesquels l'*Archimède* s'est essayé dans les expériences précédentes. Ils mettront le lecteur à même de juger le rapport entre la puissance et la résistance dans chaque cas. Les règles que l'on pourrait déduire de ces rapports sont cependant sujettes à quelques observations; la résistance, d'abord, ne dépend pas seulement de la surface de la section du milieu du navire, elle est modifiée par les formes de la carène à l'avant. L'exécution comparative des machines affecte aussi beaucoup les résultats, et comme on ne peut avoir de données certaines à cet égard, on doit se borner à tirer de ces comparaisons des conclusions probables, au lieu de déductions certaines.

Section du milieu du navire, dimensions et forces des bâtiments comparés.

	Archimède (2).	Ariel (3).	Swallow (4).	Beaver (5).	Widgeon (6).
Longueur.....	106. 8	108	107.6	102. 2	108
Largeur.....	21.10	17.3	14.8	16.0	17.10
Tonnage.....	237 ton.	152 t. (7)	133 ton.	128 ton.	162 ton.
Force.....	80 ch.	60 ch.	70 ch.	62 ch.	90 ch.
Aire de section du milieu du navire.....	143	95	84	84	95
Vitesse en milles anglais lors de l'essai au mille mesuré à Long-Reach (1)....	-	10.4	10.4	11.2	3.01

(1) Mais cette vitesse a été obtenue lorsque les bâtiments étaient légers; elle a dû, par conséquent, beaucoup diminuer lorsque les bâtiments ont eu leur charbon et leurs approvisionnements à bord.

(2) Voy. Fig. 32.

(3) Voy. Fig. 33.

(4) Voy. Fig. 34.

(5) Voy. Fig. 35.

(6) Voy. Fig. 36.

(7) Ce tonnage n'a été estimé précédemment (P. 32) qu'à 232, ce qui nous semble plus exact. (Voir à cet égard ce que nous en disons dans notre mémoire.)

(Note du Traducteur.)

(1) Le nœud ou mille marin français, de 60 au degré, dont il est question ici, égale 1852 mètres.

(Note du Traducteur.)

Nous pouvons ajouter ici la section du milieu du navire du bateau à vapeur de Sa Majesté Lightning (voy. Fig. 37). L'aire de cette section est de 142.22 pieds carrés.

Les renseignements suivants nous fourniront de nouvelles données, qui nous aideront à nous former une opinion sur l'effet comparatif des roues à aubes et de la vis.

Archimède, diamètre du cylindre.....	37'
Lightning. Id.....	35' 1/2
Archimède, course.....	36'
Lightning. Id.....	42'

Vitesse de l'Archimède.....	9.64 nœuds
Vitesse de Lightning, déterminée en 1824.....	9.27

Les propriétaires de l'Archimède mirent ensuite ce bâtiment à la disposition du capitaine Chappell, pour faire un voyage de circumnavigation autour de la Grande-Bretagne, en s'arrêtant aux divers ports placés sur sa route, afin qu'il pût être examiné par des juges compétents dans les différentes questions qui se rattachent à la navigation à vapeur.

Cet important voyage fut accompli en sept semaines environ, et nous allons emprunter au rapport du capitaine Chappell les tableaux suivants :

Table extraite du Livre de Log de l'Archimède pendant son voyage autour de la Grande-Bretagne

DATES.	INDICATION DES VOYAGES.	MOTEUR EMPLOYÉ.	DISTANCES en milles nautiques.	TEMPS du parcours.	FORCE ET DIRECTION DU VENT, ÉTAT DE LA MER, DU TEMPS ET DE LA MARÉE.
Mai. 17 et 18	Du Nore à Portsmouth.....	Vapeur.	165	21 h. 55 m.	Fort vent debout, grosse mer, marée successivement favorable et contraire.
18	De Portsmouth à Southampton.....	Id.	15	2	Brise modérée, mer calme, marée successivement favorable et contraire.
20	De Southampton à Portsmouth.....	Vent.	15	2	Brise modérée, mer calme, marée successivement favorable et contraire.
22	De Portsmouth à Plymouth.....	Vap. et vent.	130	16 5	D'abord brise favorable, ensuite calme, puis à la fin vent fort et contraire, mer unie.
27	De Plymouth à Falmouth.....	Id.	40	4 41	Au commencement brise favorable, et à la fin calme, mer unie, marée contraire.
28 et 29	De Falmouth à Bristol.....	Id.	190	23 50	D'abord calme, vers la fin vent fort et contraire, très-grosse mer, marée successivement favorable et contraire.
Juin. 2	De Bristol à Tenby.....	Vapeur.	77	12 45	Violent vent debout, mer très-mauvaise, marée successivement favorable et contraire.
3	De Tenby au dock de Pembroke....	Id.	30	2 45	Vent frais et contraire, mer terrible, courant de la marée fort et très-favorable.
4 et 5	De Pembroke à Liverpool.....	Id.	200	19 30	Calme, mer unie, marée successivement favorable et contraire.
11	De Liverpool à Douglas (île de Man). Vap. et vent.		70	7 40	Brise fraîche, mer forte, marée favorable.
12	De Douglas à Greenock.....	Vapeur.	135	15 30	D'abord calme, vers la fin fort vent debout, mer tranquille, marée successivement favorable et contraire.
18	De Greenock à Campbeltown.....	Vap. et vent.	65	7 15	D'abord fort vent debout, puis brise modérée, mer unie, marée favorable.
19	De Campbeltown au Fort William...	Id.	132	13 10	Vent très-violent et favorable, mer très-forte, marée contraire.
23	Canal calédonien.....	Vapeur.	60	6 30	Vent fort et contraire, eaux tranquilles, pas de marée; on a déduit le temps employé au passage de quatorze écluses.
25	D'Inverness à Aberdeen.....	Vap. et vent.	124	13 45	Brise fraîche par le travers, grosse mer de fond, marée plutôt favorable.
27	D'Aberdeen à Leith.....	Vapeur.	87	10	Calme et mer unie, marée favorable.
Juillet. 2	De Leith à Tynemouth.....	Id.	104	13 9	Vent frais et contraire, mer unie, marée successivement favorable et contraire.
4 et 5	De Tynemouth à Hull.....	Vap. et vent.	127	15 55	D'abord brise fraîche, vers la fin vent contraire, mer unie, marée compensée.
6 et 7	De Hull à Londres.....	Id.	240	29	D'abord forte brise, au milieu et à la fin du voyage, vent violent droit, debout et violent, mer très-grosse, marée plutôt favorable.
	TOTAUX.....		2006	237 h. 25 m.	

Tableau des distances parcourues par l'Archimède pendant ses expériences dans les différents ports, sous la conduite du capitaine Chappell, de la marine royale.

DATES.	DÉSIGNATION DES LIEUX D'EXPÉRIENCES.	DISTANCES en milles NAUTIQUES.
Avril. 28	De Douvres à Dungeness et retour	36
29	De Douvres à Calais et retour.	38
Mai. 1	Id. id. id.	38
21	Portsmouth, Ryde, Spithead, etc.	16
26	A Eddystone et retour, etc.	16
28	A Falmouth et près de Pendennis	14
30	Dans le Float à Bristol	5
Juin. 1	De Bristol à Flat-Holm, Portis Head, etc.	50
8	De Liverpool à Crosby-Light, etc.	25
1	Id. Id.	25
13	De Greenock à Glasgow.	20
1	De Glasgow à Greenock.	20
"	De Greenock à Gerlock et retour.	26
27	Devant le port d'Aberdeen.	14
30	Dans le golfe de Forth.	15
Juillet. 1	Id.	18
2	De Tynemouth à Newcastle	9
4	De Newcastle à Tynemouth.	9
6	Vis-à-vis de Hull	10
	TOTAL.	404

Nous avons obtenu les renseignements authentiques suivants sur un autre bâtiment, muni d'une vis semblable à celle de l'Archimède :

« La Princesse-Royale, appartenant à la Compagnie à vapeur de Brighton et Shoreham, de 101 tonn. et 46 chevaux de force, installée avec la vis de propulsion de M. Smith, a donné diverses preuves de sa capacité, non-seulement comme bâtiment fort commode pour les passagers qu'il reçut tout l'été dernier, pour les transporter aux différents lieux fashionables de la côte de Sussex, ou pour des promenades en mer, mais encore comme utile et puissant remorqueur sur cette même côte, lorsque ses services n'y furent plus requis pour ces promenades quotidiennes. Pendant les coups de vent d'octobre, il remorqua hors de Shoreham deux grands bâtiments à la fois, contre le vent et le courant, avec un sillage de 4 nœuds à l'heure. Le même mois, il sortit un brick, contre une mer qui entraînait dans le port avec une telle violence, que la plupart des personnes présentes considéraient cette entreprise comme impossible. La Princesse-Royale accomplit néanmoins sa tâche noblement, et cependant

le coup de vent était si violent, qu'aussitôt que le vapeur eut laissé le brick, celui-ci perdit ses 2 mâts de perroquet en établissant ses perroquets, le ris pris, et fut forcé de relâcher à New-Haven, port le plus voisin à l'E. de Shoreham. Dans une autre circonstance, en novembre, la Princesse-Royale sortit du port et s'éleva au large avec assez de facilité, tandis que le Dart, vapeur de 120 chevaux, qui avait largué ses amarres 5 minutes plus tard, resta une demi-heure entre les jetées, sans parvenir à les doubler, jusqu'à ce que la force de la marée eut diminué, ayant été rejeté plusieurs fois en arrière jusque dans l'intérieur du port. Cela prouve clairement les désavantages de l'encombrement des tambours et du mode d'action des roues, lorsqu'ils doivent lutter contre une mauvaise mer et un vent contraire violent. Tandis que le propulseur, grâce à sa position dans le massif arrière, restait toujours sous l'eau et conservait une puissance uniforme et assurée, les aubes du Dart étaient aussi souvent hors de l'eau que plongées. Il en doit résulter une immense perte de force, qui explique d'une manière évidente les résultats singuliers d'un essai comparatif fait entre ces deux bâtiments, précisément dans les mêmes circonstances de mer et de vent, ce qui est la seule manière certaine de comparer le mérite des deux systèmes, même en supposant les bâtiments dans les mêmes rapports de puissance et de dimensions. »

Les faits précédents, que nous avons choisis (à l'exclusion d'une masse de résultats semblables), parce que les autorités dont ils émanent les rendent incontestables, nous permettent de terminer cette partie de nos recherches par cette conclusion rationnelle : qu'autant que la question peut-être décidée par les essais que nous avons exposés, il n'a pas été prouvé que l'effet de la vis fut inférieur à celui des roues à aubes. Jusqu'à ce que deux bâtiments de même forme et de même puissance, l'un muni de la vis et l'autre de roues à aubes, aient fait différents voyages qui puissent faire ressortir leurs avantages comparatifs par toute espèce de temps, voilà tout ce que les essais de ce genre, même les plus étendus, peuvent nous permettre d'avancer. Nous sommes heureux d'annoncer que l'amirauté s'occupe de l'exécution de ces expériences si désirables : elle a ordonné que le vapeur Rattler, actuellement en construction à Sheerness, reçût des machines à vis de 200 chevaux, construites par MM. Maudslay et Field. Le Rattler, construit comme le Polyphème, sera exactement de la même force, de sorte que la question si intéressante qui nous occupe sera bientôt résolue.

COMPARAISON ENTRE LA PUISSANCE ET L'EFFET UTILE (1).

Nous devons maintenant déterminer la valeur relative des roues à aubes et de la vis, en ce qui concerne le rapport qui existe entre la puissance et l'effet produit. A cet effet, soit $a b$, Fig. 38, Pl. 3, une portion de la vis de l'Archimède. Si nous faisons mouvoir $a b$ suivant $c d$, ou dans la direction perpendiculaire $c f$, l'eau se déplacera perpendiculairement à la surface $a b$. Mais comme le bâtiment doit se mouvoir suivant $f e g$, l'effort

(1) Voir la NOTE troisième.

qui lui est communiqué par une particule d'eau poussée de c en e est seulement égal à celui qui eût été communiqué par une particule semblable poussée de c en f . En d'autres termes, la résistance présentée par le déplacement de l'eau de c en e est seulement égale, pour faire avancer le bâtiment, à celle présentée par le déplacement de l'eau de c en f : or, comme le rapport entre l'effort et l'effet est comme les carrés de leurs vitesses respectives, il y a évidemment perte par excès de déplacement, d'après la figure, dans le rapport du carré de l'hypothénuse ce au carré de la perpendiculaire cf . Cette perte est évidemment proportionnelle à l'angle que fait a avec g c f, car si ces deux lignes se confondaient, il n'y aurait aucune partie de l'effort communiquée dans le sens $f g$.

Maintenant, comme chaque partie du filet de la vis forme un certain angle avec la ligne hd , il y a évidemment dans ce mode de propulsion une perte proportionnelle à l'angle que fait chaque partie de la vis avec cette ligne. La force est dépensée à donner à l'eau un mouvement hélicoïde.

Cette force peut être réduite en augmentant le diamètre de la vis, ce qui diminuera son recul ; car, dans ce cas, la vis approche davantage de son mode d'action dans une substance solide, cas où, par suite de la cohésion des molécules, l'effort total, à l'exception de la partie employée à vaincre le frottement, est dirigé dans le sens de la longueur. Mais comme tous les fluides cèdent proportionnellement à l'effort qui leur est imprimé, le bâtiment et l'eau ont chacun un mouvement en sens opposé, dont la quantité dépend des résistances respectives qui s'y opposent : or, comme tout propulseur doit avoir un recul, il y a lieu de calculer jusqu'à quel point il convient de le réduire. Auparavant, il est à propos de faire observer que le recul peut également être réduit par la diminution du pas de la vis ; mais, dans ce cas, on éprouve un autre genre de perte due au frottement qu'éprouvent les surfaces dans leur trajet à travers l'eau, perte sur la valeur de laquelle nous aurons bientôt quelques remarques à faire.

On a coutume, lorsqu'on considère cette perte due au recul, de comparer celui de la vis à celui de l'aube ; ces cas ne sont cependant pas entièrement semblables : le recul de l'aube, lorsqu'elle est verticale, n'est accompagné d'aucune perte diagonale. L'eau cède à la pression, mais toute la résistance est communiquée dans le sens du mouvement du bâtiment, et elle est, par conséquent, entièrement absorbée par la propulsion. A cet égard, on a comparé l'effet produit à celui qui résulterait de la pression exercée sur un ressort ou un coussin, pris comme point d'appui. On prétend que, dans l'un ou l'autre de ces cas, le corps pressé réagit, après avoir cédé à la pression, de manière à produire le même effet que si on avait agi sur un corps solide.

D'autres personnes pensent, au contraire, que la force employée à mettre l'eau en mouvement est entièrement perdue. Ce côté de la question n'a, du reste, aucun rapport avec nos recherches actuelles, dont le but est de déterminer la perte diagonale dans les deux systèmes. Les pales entrant dans l'eau et s'en retirant suivant un certain angle, il est évident que ces périodes de leur mouvement présentent une perte, due à la résistance angulaire, analogue à celle de la vis. Pour le démontrer, représentons (*Fig. 39*) le trajet cycloïdal de l'aube à

travers l'eau : la table suivante nous permettra de déterminer les valeurs des résistances effectives ou non effectives.

Calcul du rapport des résistances effectives et non-effectives d'une roue à aube immergée jusqu'à la ligne $a b$, *Fig. 39*.

Distance parcourue de	Résistance de la pale parcourant, dans une direction perpendiculaire à sa surface, une distance de	Rapport de l'effet à la distance parcourue, égal au côté horizontal d'un triangle rectangle dont la perpendiculaire à la surface de la pale est l'hypothénuse.
$b a c$	0.72 dont le carré est = 0.5180	0.601 dont le carré est = 0.3610
$c a d$	0.60 — = 0.3600	0.60 — = 0.3600
$d a e$	0.72 — = 0.5180	0.601 — = 0.3610
Résistance totale. = 1.3960		1.0820

Pour trouver le rapport entre les résistances effectives et non effectives de la vis, prenons-en une dont l'angle, formé par le bord extérieur du filet et l'axe, soit de 70° . Divisant le rayon par un certain nombre de points, équidistants, et décrivant des cercles concentriques passant par tous ces points (*Fig. 40*), les angles des parties de la vis, déterminés par ces cercles, seront représentés par les lignes 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 (*Fig. 41*).

Maintenant, si nous concevons cette vis tournant sur son axe, l'eau sera pressée par un point quelconque donné, comme elle le serait par une surface plane (coïncidant avec l'angle de cette partie) agissant perpendiculairement à son plan. Ainsi la direction du mouvement imprimé à l'eau sera représentée par les lignes hypothénuses $7h$, $6i$, $5j$, etc. (*Fig. 41*). Mais, comme le bâtiment est poussé dans la direction de l'axe, le rapport de l'effort propulseur à la puissance dépensée sera comme les lignes perpendiculaires $7g$, $6f$, $5e$, etc., aux hypothénuses $7h$, $6i$, $5j$, etc. Mais en considérant les sommes totales de résistance et d'effet, nous devons observer qu'outre la différence qui existe entre la direction du mouvement du fluide et celle suivant laquelle l'effort est transmis au bâtiment, il y a encore deux autres éléments qui doivent entrer dans le calcul, ce sont : 1° la distance à laquelle les diverses parties de la vis se meuvent autour de l'axe, et 2° l'aire de ces parties.

L'espace parcouru par les diverses parties sera évidemment comme les distances relatives au centre o (*Fig. 41*), c'est-à-dire que la partie 7 parcourra un espace sept fois plus grand que la partie 1.

Les aires de ces parties seront entre elles comme les longueurs des lignes diagonales tirées des points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, au point x de l'axe (*Fig. 41*).

La résistance absolue est comme le carré de la distance à laquelle l'eau est déplacée dans un temps donné, multiplié par l'aire de la partie de la vis qui a opéré le déplacement.

Il n'est pas aussi facile de s'assurer, au premier coup d'œil, de la quantité dont l'eau est déplacée, par toutes les parties énumérées, dans le même espace de temps, que de quelques-uns des faits précédents.

Prenons, pour rendre ceci plus clair, le triangle $7gh$ (*Fig. 41*).

Dans ce cas, la base étant beaucoup moins grande que la perpendiculaire, ou, en d'autres termes, le mouvement circulaire imprimé à l'eau étant beaucoup moindre que le mouvement di-

rect, il nous suffit de mesurer la longueur de l'hypothénuse 7 h. du triangle, pour trouver la quantité dont l'eau est déplacée, parce que nos calculs étant fondés sur cette hypothèse, que la résistance est égale au carré de la longueur de l'hypothénuse, et la distance traversée circulairement par cette partie de la vis excédant la longueur de cette ligne, nous arrivons à la véritable résistance en trouvant simplement la longueur de 7 h.

Mais en calculant la résistance de la partie 1, comme la base du triangle excède considérablement la distance parcourue par cette partie, ou en d'autres termes, comme le mouvement circulaire communiqué à l'eau excède le mouvement direct, nous devons considérer que l'eau est seulement déplacée d'une quantité égale à cette portion de l'hypothénuse 1 m, qui sera déterminée par la section de la ligne ponctuée o, qui est le 7^e du rayon extrême.

Ainsi, pour trouver la quantité de force dépensée à faire tourner la vis, l'aire totale étant divisée comme l'indique la Fig. 40,

1^o Pour les parties dont le mouvement direct excède le mouvement circulaire, multipliez le carré de la longueur de chaque hypothénuse par l'aire de cette partie, et le produit donnera la force dépensée ;

2^o Pour les parties où la longueur de l'hypothénuse est plus grande que la distance parcourue circulairement, tirez des lignes ponctuées, semblables à o, dont la distance à chaque angle supérieur, 1, 2, etc., serait égale à celle qui existe entre les nombres correspondants et l'axe (Fig. 40) ; le carré de cette portion ainsi séparée, multiplié par l'aire de cette partie, donnera la force dépensée ;

3^o La somme de tous ces produits sera égale à la quantité totale de force dépensée pour faire tourner la vis.

La table suivante fournira donc la résistance absolue d'une vis semblable à celle indiquée (Fig. 40 et 41).

	Aires.	Longueur de l'hypothénuse représentant le mouvement imprimé à l'eau	Distance au centre indiquant le rapport du mouvement circulaire de la partie.	Résistance absolue.
Partie 1.	21.0	× 10 ²	× 1	= 2 100
2.	22.5	× 17 ²	× 2	= 13 004
3.	24.5	× 30 ²	× 3	= 66 150
4.	27.5	× 33 ²	× 4	= 119 790
5.	33.0	× 27 ²	× 5	= 120 185
6.	43.0	× 25 ²	× 6	= 161 250
7.	63.0	× 23 ²	× 7	= 233 289
				—
				Résistance totale... = 715 768

On doit suivre le même principe pour calculer la résistance effective (indiquée par les lignes ponctuées verticales) ; mais dans les parties où la base est plus grande que la perpendiculaire, nous devons considérer l'effet comme égal seulement à cette portion des lignes verticales qui serait la perpendiculaire d'un triangle dont on déterminerait l'hypothénuse de la manière décrite à la page précédente.

	Aires.	Longueur de la perpendiculaire représentant la résistance effective.	Distance au centre indiquant le mouvement circulaire de la partie.	Résistance effective
Partie 1.	21.0	× 2 ²	× 1	= 84
2.	22.5	× 4 ²	× 2	= 720
3.	24.5	× 15 ²	× 3	= 16 537
4.	27.5	× 22 ²	× 4	= 53 240
5.	33.0	× 22 ²	× 5	= 79 860
6.	43.0	× 22 ²	× 6	= 124 872
7.	63.0	× 22 ²	× 7	= 213 444
				—
				Effet total... = 488 757

D'où la différence entre l'effort et l'effet définitif est la suivante :

Force dépensée = 715 768
Effet propulsant = 488 757

Il paraît, d'après ces calculs, que lorsque les aubes sont très-favorablement immergées, abstraction faite des autres déductions communes à celles-ci et à la vis, le rapport entre la force et l'effet peut s'établir ainsi :

	Force.	Effet.
Roues à aubes	13 900	: 10 820
Vis	71 576	: 48 875 (1)

Ces tableaux montrent qu'à l'immersion normale et avec le recul ordinaire, les roues à aubes, à part les autres considérations, seraient supérieures à la vis lorsque celle-ci aurait le même recul ; mais si on diminue suffisamment le recul de la vis, son effet sera supérieur. La vis sera encore plus avantageuse que les roues à aubes, lorsque, par suite du chargement ou par l'effet du roulis, celles-ci seront susceptibles de s'immerger jusqu'à la ligne mn (Fig. 39).

GLISSEMENT AU RECU DE LA VIS.

On pourrait supposer qu'en établissant une comparaison, nous devrions admettre pour les roues la possibilité de diminuer le recul, comme nous proposons de le faire à l'égard de la vis. Cette diminution ne peut cependant avoir lieu dans la pratique ; d'abord, parce que le bord extérieur de l'aube doit avoir nécessairement beaucoup de recul ; sans cela le bord intérieur s'avancerait avec le navire lorsqu'il serait immergé, et le retarderait au lieu de le faire avancer ; et en second lieu, parce que les aubes ne peuvent sortir des dimensions établies pour la largeur, sans augmenter la perte résultant de la résistance angulaire.

Le recul de la vis, au contraire, est presque entièrement une question de grandeur ; car si nous augmentons le diamètre sans changer le pas, nous réduisons le recul de la vis sans aug-

(1) Les roues Morgan, ainsi que les aubes cycloïdales et divisées, dont deux espèces sont de l'invention de l'auteur, donneraient un rapport plus favorable de l'effet à la force dépensée, mais pas assez pour les rendre égales à la vis, dans toutes les circonstances.

menter la vitesse avec laquelle il est nécessaire de la faire mouvoir. Nous ajoutons ainsi, il est vrai, à la surface de frottement, dont nous aurons occasion de parler ci-après.

Dans l'état avancé de notre expérience, résultant d'un long usage de roues à aubes de presque toutes les formes et dimensions, nous pouvons apprécier d'une manière assez exacte la valeur de la perte de force résultant du déplacement de l'eau; mais nous ne pouvons, sans expériences ultérieures, arriver à un semblable résultat à l'égard de la vis. Car, outre que nos expériences se réduisent à un petit nombre d'essais, on a constaté un fait curieux qui semble devoir nous empêcher d'obtenir quelque estimation pratique exacte à cet égard. On a fait, à Bristol, une série d'essais, avec l'Archimède, en employant diverses espèces de Propulseurs, dont on faisait varier la forme et le nombre des filets. L'auteur n'a pu obtenir la permission de les publier, car on ne les a pas trouvés assez exacts pour cela (1). Dans l'un de ces essais on reconnut que le bâtiment s'avancait à une distance plus grande que celle qui serait résultée de l'action de la vis agissant dans une eau tranquille, ou en d'autres termes, le bâtiment n'aurait pas avancé autant qu'il le fit dans cette expérience, quand bien même la vis eût agi dans un corps solide. Ce fait parut si paradoxal, que l'auteur dut s'assurer de son exactitude; mais en même temps qu'il lui fut confirmé par ses recherches, des investigations ultérieures lui firent apercevoir la raison probable de cette anomalie apparente: si nous observons le mouvement dans l'eau, des bâtiments dont l'arrière n'est pas fin, ou, ce qui est la même chose, l'action du courant sur les piles des ponts, nous trouvons qu'il y a immédiatement en arrière une partie du fluide qui approche de l'état de repos, et autour de laquelle vient tournoyer le courant actif; dans ces circonstances, un corps flottant peut rester quelquefois longtemps auprès du bâtiment ou de la pile. Ceci provient de cette propriété de l'eau, conformément à la première loi du mouvement, de rester dans le même état de repos ou de mouvement. Dans le cas du bâtiment il faut que l'eau se précipite en suivant les directions *ab*, *ab*, *Fig. 42*, *Pl. 3*, pour remplir le vide laissé par le bâtiment, et se dirige ainsi après lui dans sa marche en avant. On diminue la vitesse de ce courant en effilant la partie arrière, ce qui permet à l'eau de se rendre plus graduellement et plus latéralement au vide formé, que lorsque l'arrière est renflé; mais un courant de retour doit toujours exister, même avec les façons les plus fines. Le Propulseur se trouvant placé dans une position où existe un tel courant, éprouve l'action d'une force sur sa surface, de sorte que quoiqu'il déplace réellement le fluide sur lequel il exerce sa puissance, son mouvement, par rapport à l'eau inactive environnante, semble coïncider avec l'action d'une vis dans un corps solide, et peut même produire un plus grand effet propulsant, comme dans la circonstance dont il s'agit.

FROTTEMENT DE LA VIS.

Si on diminue le pas de la vis, la perte angulaire peut être diminuée assez pour être réduite, comme nous l'avons établi, au-

(1) En ce qui concerne la vitesse, les résultats furent décidément en faveur de la vis primitive de l'Archimède.

dessous de celles des roues à aubes; mais à mesure qu'on diminue le pas, on augmente le frottement de surface, dont il devient important de déterminer la valeur. Les expériences du colonel Beaufoy fournissent des données pour déterminer cette espèce de résistance; mais comme la forme de la vis conduirait à des calculs compliqués, M. Brunel jeune a fait quelques expériences avec un disque *c* (*Fig. 43*), égal en diamètre à la vis de l'Archimède, c'est-à-dire ayant 5' 9", et dont on avait enlevé à peu près la moitié. Il la fit tourner à différentes vitesses, et trouva que la quantité de force dépensée pour lui imprimer ces vitesses était dans les rapports donnés à la table suivante (1).

Expériences faites à l'atelier des bâtiments à vapeur du Great-Western, sur le frottement d'un disque de fer tournant dans l'eau.

Présents : MM. Brunel, Clarton, Guppy et Humphreys, etc.

Septembre 1840.

MARQUE de l'expérience.	PRESSION moyenne sur le piston en livres.	COUPS de piston	FORCE en chevaux par l'indica- teur.	RÉVOLU- TIONS du disque.	ÉTAT de la machine.
<i>a</i>	4.6	35	6.0	89	vide.
<i>b</i>	4.3	37	5.79	91	-
<i>c</i>	4.8	39.3	6.87	98	-
Carte n° 2.					
<i>d</i>	6.39	38.5	8.9	96	pleine d'eau.
<i>e</i>	5.70	35.5	7.37	89	-
<i>f</i>	6.30	45.8	10.45	113	-
Carte de l'indicateur n° 3.					
<i>g</i>	6.6	49	11.78	119	pleine d'eau.
<i>h</i>	6.53	47	11.1	117	-
<i>i</i>	6.51	45	10.6	113	-
Carte de l'indicateur n° 4.					
<i>k</i>	6.2	41	9.2	101	pleine d'eau.
<i>l</i>	6.0	40	8.7	100	-
<i>m</i>	5.7	38	7.8	94	-
Carte de l'indicateur n° 5.					
<i>n</i>	4.62	41	6.90	102	vide.
<i>o</i>	4.65	39	6.30	98	-
<i>p</i>	4.70	37	6.30	92	-
Carte de l'indicateur n° 6.					
<i>q</i>	4.5	37	6.0	92	vide.
<i>r</i>	4.3	41	6.4	101	-
<i>s</i>	4.4	38	6.0	94	-
Carte de l'indicateur n° 7.					
<i>t</i>	5.6	36.5	7.4	91	pleine d'eau.
<i>u</i>	5.8	38.0	8.0	94	-
<i>v</i>	6.2	40.0	9.0	100	-
Carte de l'indicateur n° 8.					
<i>A</i>	6.21	40	9.0	99	pleine d'eau.
<i>B</i>	6.30	43	9.8	107	-
<i>C</i>	6.24	42.5	9.6	106	-
<i>D</i>	7.10	48.0	12.4	120	-

Ces expériences sont défectueuses, puisque la résistance directe produite par le bord du disque est confondue avec le frottement de surface. Elles suffisent cependant pour indiquer la résistance produite par une vis de dimension connue, et sont ainsi très-précieuses; mais lorsque la forme du bord est modifiée de manière à réduire la résistance directe, comme dans le cas du propulseur de M. Rennie, la table précédente est inapplicable. Il paraît néanmoins, d'après ces expériences, que le

(1) Voir la NOTE quatrième.

frottement des surfaces et la résistance directe réunis, suivent la même loi que celle qui gouverne la résistance directe seulement, c'est-à-dire celle relative au carré de la vitesse. On verra que les résultats s'accordent avec cette loi, autant qu'on peut l'espérer, lorsque la force motrice est la vapeur. Nous en concluons que le frottement des surfaces est aussi comme le carré de la vitesse.

D'après la table, la perte de force à 120 révolutions serait moindre que 5 chevaux : elle serait de $\frac{1}{3}$ plus grande dans une vis, par suite de l'augmentation de surface. Mais on doit se rappeler que les aubes éprouvent aussi un frottement de surface lors de leurs immersions et de leurs émergences. Dans ce cas, il ne doit pas y avoir une perte égale à celle de la vis, car la vitesse des aubes est bien moindre ; mais il y a en outre la résistance directe des bords des aubes, ainsi que celle des rayons et cercles des roues, dont on doit tenir compte. Bien que nous ne possédions pas d'expériences qui puissent nous guider dans l'appréciation de la quantité de force perdue ainsi, il est probable qu'elle ne doit pas être beaucoup moindre que celle perdue avec la vis, par les mêmes causes ; nous avons fait, à la vérité, des calculs tabulaires qui établissaient ce fait ; mais lorsque les éléments sont si nombreux, et qu'il est impossible de tracer clairement leur action et leur résistance, il serait trop hardi de présenter de tels calculs comme présentant des résultats exacts, et le lecteur devra se borner à tirer une simple conséquence du fait.

DÉDUCTIONS GÉNÉRALES.

Les déductions générales des considérations précédentes semblent être :

1° Que lorsque la roue à aubes est à son immersion normale, et que le recul est égal dans les deux systèmes, l'avantage est un peu en faveur des aubes ; mais que lorsque le bâtiment à roues est pesamment chargé, ou qu'il roule en mer de manière à immerger la roue jusqu'à un certain point, ou bien quand la vis est construite de manière à avoir un moindre recul que les aubes, l'avantage est en faveur de la vis. En outre, comme le vent du travers peut faire abaisser assez la roue sous le vent pour la faire enfoncer d'une manière désavantageuse, un vapeur à roues ne peut profiter qu'incomplètement de ce genre de vent ; tandis que la vis ne comporte aucune limite, et on peut se servir, par conséquent, de la voile, aussi complètement qu'avec un bâtiment à voiles. L'avantage que possède la vis, sous ce rapport, fut clairement démontré dans les essais de l'Archimède et du Widgeon : ce dernier gagnait l'Archimède par les temps calmes et les vents de bout, mais il lui était inférieur par les vents de travers.

2° Que le maximum d'effet de la vis dépend de sa vitesse, de son aire et de son pas, qui doivent être tellement proportionnés, que la somme des pertes, par le recul angulaire et le frottement de surface, soit réduite à une quantité minimum. Car il est évident que nous pouvons, jusqu'à un certain point, diminuer la perte angulaire, en réduisant le pas, sans augmenter le frottement de surface d'une manière sérieuse ; et *vice versa*, nous pou-

vons diminuer le frottement de surface sans avoir une perte angulaire égale à la force économisée. Lorsqu'il reste encore tant de renseignements à demander à la pratique, il est encourageant de voir, que dans les essais faits avec la vis de l'Archimède, dont les proportions ne reposaient sur aucune donnée d'expériences, on ait obtenu des résultats aussi satisfaisants.

PAS DE LA VIS (1).

Lorsqu'on veut déterminer le pas de la vis, il est évident qu'il faut prendre en considération : 1° la vitesse proposée du bâtiment ; 2° la meilleure vitesse de la vis ; et 3° la quantité du recul de la vis.

Si nous supposons que le bâtiment se meuve dans l'eau d'une quantité donnée, soit de a en b (Fig. 44), et que la vis puisse tourner sans frottement, un certain point de sa circonférence décrira une ligne angulaire qui, développée sur un plan, peut être représentée par ac . Dans ce cas, le pas est égal à la progression et il n'y a pas de recul. Mais si nous supposons que le bâtiment soit propulsé par la vis, et que le recul soit égal à $\frac{1}{5}$ de la progression de ce bâtiment, à mesure que celui-ci avance, l'eau sera déplacée d'une quantité égale à l'espace renfermé entre les lignes parallèles ac et de . Ainsi, pour trouver le véritable pas, tirant la ligne ec , et la supposant engendrée autour d'un cylindre d'un diamètre égal au diamètre proposé de la vis, nous avons l'angle du filet.

On peut y arriver par le calcul, de la manière suivante : Divisez la vitesse du bâtiment en pieds par minutes, plus la valeur du recul supposé, par le nombre des révolutions que la vis doit faire par minute, et le quotient sera le pas de la vis en pieds.

Exemple : on veut que la vitesse du navire soit de 10 milles par heure ; on pense que le recul sera de deux milles ; on veut le pas de la vis destinée à faire 120 révolutions par minute.

Vitesse du bâtiment en pieds par minute	860
Recul de la vis égal à $\frac{1}{5}$ du nombre ci-dessus	172
	1032

Alors on fait, 120 révolut. : 1032 :: 1 : $x = 8' 6''$ pas de la vis.

SURFACE DE LA VIS.

Nous ne pouvons avoir de données certaines sur cette question jusqu'à ce que la pratique ait mûri davantage notre expérience. Pour le moment, nous ne pouvons pas déterminer jusqu'à quel point on doit étendre le filet pour qu'il imprime au fluide tout le mouvement qui peut lui être avantageusement communiqué sans avoir une surface inutile. On pourrait aisément établir des règles à cet égard, qui feraient bien sur le papier ; mais il est très-préjudiciable de faire un seul pas en avant sans être sûr du terrain sur lequel on marche. Dans l'état actuel de notre expérience, l'aire de la vis ne peut donc être déterminée, mais son diamètre peut l'être approximativement ; car son but définitif

(1) Voyez la NOTE cinquième.

étant de mettre en mouvement un cylindre d'eau d'une aire égale à celle de la vis, soit qu'ultérieurement on trouve ou non qu'elle doive être construite comme celle de l'Archimède (c'est-à-dire pleine), on peut déterminer à peu près son diamètre. Nous disons à peu près, car il existe une circonstance curieuse, que nous devons prendre en considération, et qui affectera probablement cette partie du calcul. Le général russe Alexandre Sabloukoff, ayant fait dans son pays diverses applications de la vis, comme ventilateur et comme machine soufflante (1), avec un succès complet, et l'ayant aussi une fois appliquée comme propulseur, communiqua le résultat de ses travaux, dans un Mémoire adressé à la société polytechnique (2), et pendant un voyage que le général fit en Angleterre, en 1841, il invita l'auteur à examiner son modèle de vis.

Cette vis était à peu près la copie de la première vis de l'Archimède, et assez larg (environ 2 pieds de diamètre) pour permettre de faire quelques expériences intéressantes en la faisant tourner dans l'air. Le général Sabloukoff pensait avec raison que l'air devant être soumis jusqu'à un certain point à la même action que l'eau, son effet serait plus facilement apprécié. On fit usage de fumée, afin de rendre le courant plus visible, et on fit tourner la vis à différentes vitesses. Le mouvement du fluide fut ainsi rendu visible à l'œil, et on put observer plusieurs phénomènes intéressants, au nombre desquels étaient les suivants :

Lorsqu'on lâchait la fumée près de l'extrémité antérieure de la vis, et à un point quelconque voisin de sa périphérie, elle était attirée vers la vis et portée vers son extrémité postérieure.

Lorsque la fumée était lâchée près ou à la périphérie elle-même de l'extrémité postérieure, elle était rejetée de la vis, indiquant qu'un mouvement centrifuge avait été imprimé au courant.

Lorsque la fumée fut lâchée près de l'axe et à la partie antérieure, elle courut le long de celui-ci et à peu près parallèlement à lui, sans paraître avoir reçu l'impression d'*aucun mouvement circulaire*.

Il semblerait d'après ces expériences : 1° que le cylindre de fluide sur lequel exerce son action une vis donnée, est *plus grand* que l'aire de cette vis.

2° Que la perte d'effet résultant de l'action diagonale des parties voisines du centre n'est pas beaucoup plus grande (si elle l'est) que pour les parties qui avoisinent la périphérie (3).

Cette seconde conclusion paraîtra évidente, si nous considé-

rons que le mouvement centrifuge imprimé au fluide tend à produire le vide près du centre, ce qui le fait s'y précipiter aussi vite que le mouvement direct de la vis : ainsi le courant file le long de la vis en droite ligne, au lieu d'être soumis à son action.

Il paraît, d'après la première conclusion, que nous ne pouvons calculer l'aire de la vis en supposant le fluide sur lequel on agit égal à cette aire, puisque le cylindre de déplacement est plus grand, bien qu'on ne sache pas dans quel rapport. S'il n'en avait pas été ainsi, la méthode pour calculer l'aire eût été assez simple, étant fondée sur le même principe que celui que nous avons adopté pour déterminer le rapport de la résistance effective à la force dépensée. Car, comme cette résistance doit être égale à une surface plane dirigée dans le sens du mouvement du bâtiment, et que la force dépensée est égale à la somme des résistances *effectives et non effectives*, la dernière représentera l'aire de la vis et la première l'aire d'une surface plane ; de sorte qu'en nous en rapportant aux tables, nous concluons que l'aire de la vis (Fig. 40 et 41) doit être, afin de produire une résistance propulsante égale à une surface plane, comme 1000 : 488, ou à peu près :: 2 : 1. Et pour trouver l'aire d'une vis susceptible de produire un effet propulsant égal à celui d'une roue à aubes dont les aubes sont d'une aire connue, nous en rapportant au calcul relatif au trajet cycloïdal des pales, nous trouvons que l'effet d'une pale comparée à la force dépensée, c'est-à-dire à l'action d'une surface plane se mouvant à angle droit avec la quille, est comme 10 : 14, ou à peu près 7/10 d'une surface plane ; d'où, l'aire de la vis capable de produire une résistance égale à celle des aubes d'une roue à aubes, serait dans la proportion de 7 : 5.

Nous avons à peine besoin d'ajouter que ces rapports dépendent en grande partie des intervalles entre lesquels l'eau est soumise à l'action de la force dans les deux cas ; c'est-à-dire du nombre d'aubes dans les roues et du nombre de filets dans la vis ; car, à moins qu'une même quantité d'eau ne soit mise en mouvement dans chaque cas, les aires doivent nécessairement différer des rapports précédents.

Dans les roues à aubes, le nombre des pales qui peuvent être adoptées avec avantage est assez bien déterminé ; mais pour la vis, l'expérience seule peut indiquer la surface maximum ainsi que le nombre des filets, ceux-ci formant un nombre de points successifs où l'eau reçoit l'impulsion de la vis. On obtint un avantage sensible dans la marche de l'Archimède, en substituant le double filet au simple filet primitif (1).

POSITION DE LA VIS.

Nous devons maintenant examiner si la position dans le massif arrière est la meilleure qu'on puisse choisir. S'il n'y a qu'une vis, on ne peut la mettre qu'à l'avant ou à l'arrière, pour qu'elle puisse imprimer un mouvement direct au bâtiment ; si on la place à l'arrière, le massif est le seul endroit convenable où on puisse la mettre sans gêner le gouvernail. Mais on pourra la placer à l'avant, comme dans le système de M. Brown ; rien ne prouve qu'en eau calme, ce système ne

(1) Voir la NOTE première.

(1) La vis a été récemment adoptée (et nous croyons brevetée) en Angleterre, comme machine soufflante. Le principal mérite de cette application est néanmoins dû au général Sabloukoff, qui, au commencement de 1841, fit circuler dans ce pays plusieurs copies du mémoire dont il est question dans la note suivante.

(2) *Mémoire concernant quelques applications et la construction des machines généralement connues sous le nom de ventilateurs ou tarares, et l'application nouvelle du même principe pour le déplacement des corps liquides*. Paris. Imprimerie de Guiraudet et Jouaust, 45, rue Saint-Honoré. — 1841.

(3) Ces résultats peuvent paraître, à la première vue, affecter les calculs que nous avons établis précédemment, pour trouver le rapport du pouvoir à l'effet. Il n'est cependant pas probable que cela ait lieu d'une manière sensible, car le courant plus direct, produit près du centre, est l'effet d'une divergence centrifuge à la périphérie.

vaille pas celui de M. Smith. La vis agirait alors sur une eau que le bâtiment n'aurait pas encore mise en mouvement, ce qui serait évidemment plus favorable pour obtenir le maximum de résistance, que lorsque le fluide a été troublé par la marche du bâtiment. L'eau morte, ou le courant qui suit, dont nous avons déjà parlé, doit empêcher jusqu'à un certain point le plein effet du propulseur; car si nous supposons un cas extrême, et que nous admettions que l'action ait lieu dans une cavité de la proue, comme l'indique la *Fig. 45*, la vis ne pouvant, dans ce cas, être nourrie d'eau en ligne directe, ou, pour parler plus correctement, la plus grande partie de l'eau contenue dans la cavité s'avancant avec le bâtiment, l'action approcherait de celle d'une vis fonctionnant dans un réservoir d'eau ferme: d'autant plus qu'une grande partie de la force de la machine serait employée à vaincre une résistance qui ne tendrait pas à faire marcher le navire.

Il s'ensuit qu'il est évident qu'on dépensera une certaine force, qui ne contribuera pas à la marche du bâtiment, proportionnelle à la disposition que l'eau aura à suivre. D'une autre part, si on place la vis à l'avant, en obviant par-là à l'inconvénient que nous venons de signaler, on rencontre cet autre inconvénient, que l'eau mise en mouvement par la vis est projetée contre l'avant du navire, ce qui occasionne une perte de force, nécessaire pour vaincre la résistance du courant contraire ainsi créé, laquelle s'ajoute à la résistance ordinaire et inévitable qui résulte du passage du bâtiment à travers l'eau. La vis placée en avant serait en outre plus exposée à être avariée que dans le massif arrière. On a aussi proposé d'employer deux vis de chaque côté du massif, comme dans la *Fig. 46* (1).

Ce système mérite d'être pris en considération. Il faudrait évidemment une plus grande complication de mécanisme pour mener deux vis au lieu d'une, et à moins que l'arrière ne fût très-plein, il y aurait entre le navire et la vis une très-grande longueur d'arbre sans support. Sous un autre rapport, un accident arrivant à l'une des vis, peut fort bien ne pas interrompre le travail de l'autre, tandis que lorsqu'on n'a qu'une seule vis, une avarie peut être fatale à tout le système. En outre, la position du système, sous les flancs du navire, permet de l'appliquer à tous les bâtiments existants, vapeurs ou bâtiments à voiles, ce qui ne peut se faire avec une vis unique, sans changements considérables. — Au reste, c'est là une de ces questions pratiques que l'expérience seule peut résoudre: tout ce que nous pouvons faire, dans l'état actuel de nos connaissances, se réduit à établir les avantages saillants de chaque côté, et à attendre les résultats de l'expérience pour nous déterminer sur leur valeur relative.

On a aussi proposé d'employer 2 vis sur les côtés du bâtiment, comme l'indique la *Fig. 47*, en rattachant les arbres aux vis au moyen de joints universels. L'objection à faire à ce système, c'est que le joint universel est un mécanisme compliqué, qui, se trouvant sous l'eau, serait inaccessible; il opposerait en outre la résistance de ses divers organes à la marche du navire.

Nous livrant à l'examen des propriétés des systèmes que nous venons d'exposer, nous ne pouvons nous dispenser d'accorder une valeur légitime à l'opinion d'un officier de marine aussi expérimenté que le capitaine Chappell; nous terminerons donc nos remarques sur cette partie de notre sujet par la citation suivante:

« *L'Archimède* n'a qu'une seule vis de propulsion, qui est placée dans une ouverture longitudinale pratiquée dans le massif, immédiatement devant le gouvernail, la quille se continuant le long et au-dessous de la vis. Je trouve, pour plusieurs raisons, que c'est là la meilleure place où l'on puisse mettre la vis. En effet, elle est placée dans un endroit plus à l'abri, ou elle est moins sujette aux accidents et moins exposée aux chocs des lames qu'à l'avant du navire. Son action sur le gouvernail augmente beaucoup la puissance de celui-ci, et en faisant mouvoir la machine en sens contraire, le vaisseau marche en arrière contre un fort vent et un courant rapide, tout aussi librement que s'il allait de l'avant. D'ailleurs, l'ouverture pratiquée dans le massif ne prive le navire que de peu ou point d'emplacement, tandis que si l'on eût disposé la vis plus à l'avant, ou au milieu du vaisseau, ou bien sous la voûte, elle aurait occupé nécessairement plus de place. A Plymouth, j'allai visiter, avec M. Smith, la carène du *Foudroyant*, vaisseau de 78 canons, alors échoué dans une forme, et nous nous assûrâmes, par des mesures et en y traçant à la craie l'ouverture nécessaire pour y placer une vis, que sa pose ne dérangerait en rien la distribution intérieure du bâtiment.

« Bien que la vis de *L'Archimède* soit placée seulement à 2' au-dessous de la surface de l'eau, dans les plus grosses mers, soit à la cape, soit en fuyant devant le temps, positions dans lesquelles le bâtiment s'est trouvé durant son voyage, je n'ai pu réussir, malgré toute mon attention, à en apercevoir aucune partie. Il est probable que, comme l'eau est projetée avec une grande force de tous les points de la circonférence, une masse considérable de liquide est soulevée par la rotation de la vis, de sorte que l'on pourrait dire, jusqu'à un certain point, qu'elle se fournit à elle-même l'eau qui manque à son action, ou du moins qu'elle en soulève une quantité suffisante pour se soustraire à la vue. En conséquence, je pense que dans les bateaux en fer tirant très-peu d'eau, la vis serait toujours cachée, lors même qu'elle ne se trouverait pas complètement immergée au départ, et quoique, à la vérité, sa puissance pût être un peu diminuée.

« Ayant traversé huit fois l'Atlantique par tous les temps possibles, je n'ignore pas à quelles tempêtes un vaisseau peut être exposé sur l'Océan; mais, néanmoins, je suis persuadé que dans de grands navires ayant un fort tirant d'eau, aucun tangage, aucun roulis ou aucune embardée du bâtiment ne parviendrait à mettre la vis à découvert ou à nuire sensiblement à la régularité de sa rotation. »

DES MOYENS DE CONSTRUIRE LA VIS.

Nous avons déjà décrit le mode de construction de la vis de *L'Archimède*. Cette méthode, cependant, est coûteuse et n'est pas mathématiquement exacte. Le frottement de surface serait considérablement augmenté, si le filet s'éloignait un peu de sa

(1) Le capitaine George Smith, de la marine royale anglaise, a pris, en 1838, un brevet pour l'application de deux propulseurs, composés de lames planes, tribord et babord du massif.

forme véritable. La vis est aussi susceptible de s'oxyder intérieurement entre les plaques, ainsi qu'aux joints. Une vis en fer est, en outre, sujette à objection pour les vaisseaux doublés en cuivre, à cause de l'effet destructif produit par l'action galvanique du cuivre sur le fer, ce dernier protégeant le premier en se décomposant lui-même. Il serait donc nécessaire d'employer des vis en fer pour les bâtiments en fer et des vis en bronze pour ceux doublés en cuivre (1). D'après cela, l'auteur propose de fondre les vis dans toutes les circonstances. On peut opérer de telle sorte que le moule produise un modèle parfait. Une vis semblable fut exécutée par MM. Rennie, sous la direction de l'auteur, et comme on admira beaucoup son exactitude et la manière dont elle fut construite, l'exposé de ce mode d'exécution ne peut manquer d'être intéressant.

Le pas et le diamètre de la vis ayant été déterminés, deux feuilles de tôle, planes, furent découpées de manière à représenter la ligne de la périphérie, développée sur un plan comme dans les Fig. 48 et 49; ces feuilles furent alors ployées sur un cylindre d'un diamètre égal à celui de la vis, et fixées ensuite sur un lit de fer plat au moyen d'oreilles (brackets) en fer, de manière à se trouver équidistantes d'un centre commun *f*, et que les points d'égale élévation se trouvassent directement opposés les uns aux autres; dans le centre fut placée une tige droite, tournée avec soin et munie d'un collier portant 2 bras en bois, nommés balais. L'intérieur ayant été rempli d'argile, on fit tourner les balais, en les maintenant constamment pressés sur les bords des feuilles de tôle, et l'argile se trouva moulée sous forme hélicoïdale. Les balais étaient taillés de manière à permettre une augmentation d'épaisseur en approchant de l'axe.

On plaça alors le moule dans l'étuve pour le faire sécher; lorsque cela fut effectué, la surface fut saupoudrée de sable sec, et une légère couche d'argile fut déposée sur la surface supérieure, laquelle fut râclée par un autre balai ayant la forme de la partie inférieure de la Fig. 48 renversée. Ayant ainsi étendu sur le premier moule un gâteau de la forme et de la dimension de la vis proposée, le moule a été de nouveau parfaitement séché à l'étuve; on l'a ensuite saupoudré de sable sec, recouvert d'argile, et enfin entièrement rempli avec les matériaux ordinaires, de manière à former un cylindre plein. On le fit sécher de nouveau, et ensuite on enleva la partie supérieure du moule; le sable sec facilite la séparation du gâteau intermédiaire. Le gâteau ayant été détaché de la partie inférieure du moule, tout fut prêt pour la coulée de la fonte. Il est bien évident qu'après avoir remplacé la partie supérieure du moule, l'enlèvement du gâteau intermédiaire a laissé un espace de la forme de la vis proposée et de son axe, et qu'en remplissant de métal liquide le vide ainsi laissé, on obtient une vis d'une forme parfaite.

On a aussi proposé de construire des vis en bois et fer combinés ensemble, et l'auteur a proposé de procéder de la manière suivante: Fixer des bras en fer sur l'axe, comme pour la vis de l'*Archimède*, remplir de bois l'espace laissé entre eux, et lier la périphérie au moyen d'une espèce de cercle.

Toute la surface des segments en bois devait être parfaitement unie. Une semblable vis serait très-légère et peu coûteuse, mais

elle ne posséderait pas l'exactitude que nous avons démontré être si désirable. Nous préférons, en définitive, fondre les vis plutôt que de les fabriquer de toute autre manière (1).

DE LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT DE LA MACHINE A LA VIS.

Jusqu'ici nous nous sommes occupé de la vis sans parler des moyens par lesquels on la met en mouvement. Ce n'est cependant pas là une considération secondaire, car, quelle que soit en définitive le degré d'efficacité qu'on puisse reconnaître à la vis comparativement aux roues, cette question établira toujours une grande différence entre elles. Dans les roues à aubes, la vitesse de la machine, la circonférence de la roue et la marche du bâtiment, sont susceptibles d'être si parfaitement proportionnées, que le mouvement peut être et est invariablement transmis par la machine à l'arbre des roues sans l'intermédiaire d'aucun mécanisme destiné à changer la vitesse, tandis que la vis exige un mouvement si rapide, qu'il est toujours nécessaire d'employer un moyen quelconque pour multiplier la vitesse de l'arbre de la machine. Il est donc essentiel d'examiner l'effet que de tels multiplicateurs peuvent produire, soit en compliquant le mécanisme, soit en altérant la durée du système. Les moyens connus pour augmenter la vitesse sont:

Les roues dentées.

Les courroies ou cordages.

Le contact par pression de surfaces unies.

Il n'y a rien de nouveau à dire sur l'action des roues dentées. Il y a des cas où elles ont servi pendant trente ans sans exiger de réparations, et on peut citer comme un exemple admirable à cet égard, celles fournies pour la mécanique du Royal Mint, par le défunt M. Rennie; les dents de ces roues sont encore en bon état.

Mais, bien que nous puissions multiplier les exemples de la durée des roues dentées, il faut convenir qu'elles ne pourront jamais être comparables pour la sûreté à l'action directe sur l'arbre des roues. Les chances d'avaries qui peuvent arriver à l'arbre de la machine sont communes aux roues à aubes et à la vis, mais elles sont augmentées dans le cas de la vis en proportion du nombre des pièces. Lorsque la communication entre les roues est effectuée au moyen de dents en fonte et en bois, il arrive quelquefois que l'une ou l'autre espèce de dents s'échappe par suite d'un changement brusque de résistance, ou par une altération imperceptible des dents. On peut diminuer en partie les chances de semblables accidents en exagérant la force des pièces, en employant des dents très-longues, ou en plaçant les dents en échelons de manière à avoir une rangée de plusieurs dents agissant à la fois.

Nous n'avons pas l'intention de dire que les roues dentées ne puissent pas être faites de manière à résister suffisamment pour parer aux accidents ordinaires, mais ce n'est pas là la question. Tout le monde conviendra que ce n'est pas un système *désirable*.

(1) Depuis que ceci a été écrit, l'auteur a appris que cette méthode avait été adoptée pour un bâtiment construit par M. Whinskur, et qui est propulsé par une paire de machines sans condensation.

(1) Voir la NOTE sixième.

et qu'on l'abandonnera volontiers dès qu'on pourra y substituer un système simple et efficace.

Nous devons maintenant examiner l'effet des courroies ou cordages. Cette disposition n'a été généralement appliquée jusqu'ici qu'aux mécanismes légers, et son application aux machines marines serait certainement un essai hasardeux, jusqu'à ce qu'on ait des données plus certaines sur les garanties présentées par quelques modifications proposées. Le défaut de ces modifications, qui, nous le craignons, sera celui de toutes les dispositions de ce genre, provient de la tendance que les bandes ont à s'allonger. Si on emploie une poulie de tension, on forme un coude aigu à son point d'application qui détruit promptement la courroie; c'est pour cela et pour d'autres raisons, que nous répétons qu'une modification des courroies quelconque est trop incertaine pour justifier leur adoption à l'égard des vapeurs allant à la mer.

L'autre mode de communication de mouvement s'obtient par le contact des surfaces, communément (quoique à tort) appelée adhésion. Notre opinion à l'égard de cette méthode ne peut qu'être hypothétique, car nous ne pouvons nous appuyer sur une application pratique à la production du mouvement rotatif faite sur une grande échelle ou dans le cas où la résistance serait considérable. Mais, en raisonnant par analogie, nous sommes en droit de conclure que, puisque la puissance totale d'une machine locomotive est appliquée à tirer un train de wagons par le seul contact de surfaces unies, nous ne trouverons pas de difficultés insurmontables, au moins pour ce qui se rapporte à la résistance au glissement; car, si une force considérable peut être transmise de la circonférence d'une roue à la surface horizontale d'un rail, elle peut aussi évidemment être transmise de la circonférence d'une roue à celle d'une autre. Il existe pourtant cette différence, que la pression de la roue sur le rail étant produite par la gravité, la quantité de pression est toujours la même, tandis que dans le cas des roues, si elles étaient fixées dans leurs paliers respectifs, la plus légère différence dans leur diamètre produirait un changement instantané dans la quantité de pression au point de contact. Pour obvier à cet inconvénient, MM. Rennie se proposent de rendre mobiles les paliers de l'axe de l'une des roues, et d'obtenir la pression au moyen d'un ressort disposé à peu près de la manière indiquée *Fig. 50*. Cependant, dans ce cas, la perte par le frottement serait considérable, puisque les deux axes devraient supporter la pression nécessaire pour assurer un contact suffisant qui, pour empêcher le glissement, doit excéder $1/6$ de la force totale. La roue placée sur l'axe de la vis doit aussi être nécessairement d'un diamètre beaucoup moindre que celui de la vis, sans cela la roue menante serait trop grande pour les dimensions d'un bâtiment à vapeur. Si nous supposons que le cercle représentant la ligne de moyenne résistance de la vis soit d'un diamètre double de celui de la roue fixée sur l'axe, nous aurions besoin d'une pression au point de contact égale à $1/3$ de la force nécessaire pour faire tourner la vis, qui occasionnerait par conséquent sur les deux axes un frottement qui serait dans le rapport des diamètres des roues à ceux de leurs arbres.

On a aussi proposé de faire tourner la vis par l'action combinée des courroies et de la pression tangentielle : cette dispo-

sition est évidemment sujette aux objections que nous avons faites aux courroies.

L'auteur soumet ici un plan de son invention, au moyen duquel on peut obtenir la pression tangentielle, et un frottement sur l'axe comparativement très-petit.

Dans ce système, indiqué *Fig. 51*, on propose d'employer deux machines fixes construites comme le sont ordinairement ces machines, c'est-à-dire dont les balanciers soient au-dessus des cylindres et des manivelles coudées; *dd* sont les manivelles à angle droit entre elles; *cc* l'arbre intermédiaire; *bab* une double roue conique réunie par la partie cylindrique *a*. Le tout est fondu d'une seule pièce et exactement tourné aux parties coniques *bb*; *eg* et *fh* sont deux roues liées aux axes *i* et *j*. Les parties *f* et *e* sont coniques et les parties *h* et *g* cylindriques; leur diamètre est le quart de celui des grands cônes *bb*. L'axe *i* est l'axe de la vis, et *j* l'axe d'ajustage; *k* est un ressort qui peut, au moyen d'une vis, pousser le cône *f* vers l'axe *cc*. Si nous supposons une force quelconque ainsi communiquée, elle rapprochera les surfaces des cônes avec quatre fois la pression exercée en *k*. Si alors la machine est mise en mouvement, il en résultera que les cônes *bb* feront tourner les petites roues *eg*, *fh*, en sens contraire; mais la pression nécessaire pour produire le contact sera principalement exercée sur les parties cylindriques *g* et *h*, qui, ayant un mouvement de roulement, n'éprouvent pas de frottement, et la force de la machine est ainsi transmise à la vis, moins seulement la perte de force résultant d'un léger frottement en *k*. Il est aussi évident que, dans ce système, il y a très-peu de frottement aux paliers des axes *i* et *j* qui n'y exercent d'autre pression que celle provenant de leur pesanteur, puisque les cônes reçoivent l'impression de la force à deux points opposés de leur circonférence.

On peut considérer le mode de mise en mouvement de la vis comme la seule partie hypothétique de cet intéressant sujet.

La vis de propulsion présente de tels avantages dans certaines circonstances, que nous pouvons bien nous soumettre à la plus grande complication qu'elle entraîne avec elle; mais il est contraire aux habitudes des ouvriers anglais d'accepter patiemment un défaut reconnu. Nous ne devons pas douter, connaissant les ressources intellectuelles de nos ingénieurs, qui ont surmonté de plus grandes difficultés, que nous ne soyons bientôt mis en possession d'un moyen simple et efficace de transmission de mouvement de la machine à la vis. Nous avons étendu nos remarques sur la vis plus loin que nous ne nous le propositions d'abord, quoique probablement pas plus que ne le comporte l'importance du sujet. Nos recherches se sont exclusivement rapportées jusqu'ici à la vis de *l'Archimède*, non-seulement parce que ce sont ses heureux essais qui ont produit l'impression favorable et excité l'intérêt qui s'attache maintenant à ce genre de propulseur; mais encore parce que ce sont les seuls essais comparatifs et par conséquent les seuls d'une valeur pratique réelle. Ces résultats satisfaisants ont déjà produit un effet qui accompagne invariablement le succès, c'est-à-dire qu'ils ont fait surgir un grand nombre de patentes pour des modifications qui se rapprochent toutes du système primitif. Il serait impossible de les citer toutes dans les limites qui nous sont imposées; c'est pourquoi nous décrirons seulement celles d'entre elles qui sont ac-

tuellement en essai ou sur le point d'être introduites dans la pratique.

SYSTÈME ÉRICSON.

En 1838, M. Ericson prit une patente pour le genre de propulseur représenté dans les *Fig. 1 et 2, Pl. 14*. Il se compose de six lames *a, a, a, a, a, a*, fixées à distances égales autour d'un cylindre concentrique à l'axe *b*. Les lames et les bras sont des segments de vis.

Il paraît qu'un bâtiment appelé le *Robert Stockton* fut essayé sur la Tamise, avec un propulseur de cette espèce. On dit que sa force était de 60 chevaux; il était muni d'une paire de machines sans condensation, placées à angle droit et agissant sur une manivelle, de manière que la vis était mise en mouvement directement par la machine. Les cylindres avaient 16 pouces de diamètre et 18° de course; pression de 40 livres par pouce carré. Dans une expérience, ce bâtiment fit 9 milles en 35 minutes avec le courant, ce qui équivaut à 11 ou 12 milles par heure en eau tranquille.

Le manque de données qui puissent nous permettre de comparer la force de la machine à la section du milieu du bâtiment, nous empêche de nous former aucune opinion de ses qualités, comparativement à celles de l'*Archimède*. Ce système a été depuis essayé en Amérique sur un bâtiment d'un fort tonnage, le *Clarrion*, mais nous ne possédons aucun renseignement positif sur son efficacité. Il paraît qu'il a excité beaucoup d'attention en Amérique, et il mérite assurément que l'on en fasse mention.

Le but de ce système paraît être d'appliquer la force à plus grande distance de l'axe, et d'éviter ainsi une partie de la perte de force diagonale résultant du mouvement circulaire imprimé à l'eau. Mais on s'apercevra tout d'abord que la perte de force diagonale est peu considérable, et ne doit pas être si grande que la résistance directe qu'éprouvent les bras (qui lient le cylindre à l'axe), le cylindre lui-même, ainsi que les segments hélicoïdes.

SPIRALE DE M. RENNIE (1).

La vis de l'*Archimède* est une hélice, c'est-à-dire qu'elle se compose d'un plan incliné enroulé autour d'un cylindre. Lorsqu'une pareille vis a imprimé à l'eau un mouvement rétrograde égal à son propre recul, la continuation du filet est non-seulement inutile, mais encore elle produit une addition de frottement sur une surface qui n'est pas nécessaire. — M. Rennie propose de remplacer l'hélice par une vis spirale, c'est-à-dire que son propulseur sera engendré en enroulant un plan incliné autour d'un cône logarithmique ou spire. Son but est d'augmenter graduellement le pas du filet, de sorte que, lorsque l'eau aura acquis toute la vitesse que la partie antérieure de la vis peut lui donner, elle continue à recevoir une nouvelle impulsion; et ainsi le filet peut être continué jusqu'à ce qu'il devienne presque droit.

(1) Voir la Note septième.

En outre, si les bords antérieurs du propulseur étaient radiaux (comme ceux de l'*Archimède*), la résistance de la section de ces bords serait plus grande que s'ils étaient disposés obliquement à la direction du mouvement, ce que M. Rennie se propose d'obtenir en augmentant graduellement le rayon du filet. Les propulseurs sont représentés *Fig. 52, 53, 54, 55*; les *Fig. 52 et 53* sont les vues de côté, et les *Fig. 54 et 55* les vues de face. On voit que le rayon augmente constamment à partir des points *c c*. *Fig. 52 et 54*, et à partir du centre, *Fig. 53 et 55*: on évite ainsi la résistance d'un bord antérieur radial. Ainsi ces lignes recourbées agissent sur l'eau, comme l'avant d'un bâtiment et avec une semblable diminution de résistance inutile. Il y a une autre disposition dans le système qui doit être signalée. Entre les points *c c* et l'axe (*Fig. 52 et 54*), le propulseur est un peu rétréci; il diffère en cela de la vis de l'*Archimède*, qui est de la même longueur à l'axe et à la circonférence. On se propose ainsi de réduire la perte d'effet occasionnée près du centre d'une vis par la grande proportion de l'effet diagonal relativement à l'effet direct. En se rapportant aux tables déjà citées, on verra qu'une très-petite quantité de la force dépensée près du centre est employée à propulser le navire, de sorte qu'une réduction de longueur de cette partie doit évidemment être avantageuse. Il y a dans ces modifications élégantes et ingénieuses quelque chose de séduisant qui les rend dignes d'admiration, quelle que puisse être d'ailleurs leur efficacité définitive. La disposition remarquable de ces systèmes est fondée sur une observation attentive des formes que la nature a données à celles de ses créatures qui se meuvent dans l'eau.

L'impulsion progressive ou spirale fut admirablement démontrée à la galerie Adélaïde, au moyen de l'anguille électrique; l'auteur a souvent remarqué, en effet, que l'aileron du ventre agissait selon des courbes qui s'allongeaient vers la queue (cet aileron ayant l'aspect indiqué *Fig. 56*), lorsqu'il était en mouvement. La queue des poissons qui nagent avec une grande vitesse peut aussi être citée comme une autorité en faveur de l'accroissement du propulseur vers la partie postérieure.

Les *Fig. 57, 58, 59*, représentent les queues du saumon, du maquereau et du hareng, qui nagent tous très-vite, et qui tous, il est à peine besoin de le faire observer, sont propulsés par leurs queues. On remarquera que les arêtes antérieures rayonnent à peu près du même point, loi que M. Rennie a suivie (quoique la figure ne puisse l'indiquer) en disposant les arêtes guidantes de son propulseur de telle sorte qu'elles seraient tangentes de toutes parts à la surface intérieure d'un cône.

On doit admettre, comme principe salubre, que le grand architecte a adopté les meilleures formes pour tous ses ouvrages. La difficulté que nous rencontrons dans nos imitations provient généralement de ce que nous ne comprenons pas parfaitement toutes les intentions du système, ou de ce que nous sommes inhabiles à les appliquer de la même manière, ou à leur donner les mêmes propriétés. Ainsi le pouvoir propulseur du poisson résulte d'une action alternative, et une forme semblable à celle de sa queue peut n'être pas aussi bien adaptée au mouvement rotatif. Le poisson, en outre, est doué de vie, sa queue est élastique, de sorte qu'il l'oblige à se prêter au mou-

vement du fluide, d'une manière telle, que sa forme pourrait perdre ses meilleures propriétés si elle n'était pas réglée et changée à la volonté de l'animal.

Nous nous sommes exprimé ainsi, pour prouver surtout combien il est difficile de formuler un jugement sur une chose qui n'a pas encore été démontrée pratiquement.

Quoi qu'il en soit, MM. Rennie ont reçu ordre de l'amirauté d'installer ce propulseur sur un bâtiment, où il sera parfaitement essayé, et nous doutons peu de son entière réussite, si le reste des détails est exécuté avec l'habileté ordinaire de ces ingénieurs.

PROPULSEUR DE M. HUNT.

Cette invention est représentée *Fig. 4, Pl. 14, et 60, Pl. 16*; elle se compose de 4 palettes *a a a a*, fixées au moyeu *b*. On la comprendra facilement à l'inspection des figures. La manière dont le gouvernail est combiné avec le propulseur dans un même appareil, est une chose nouvelle. *d* est un axe vertical qui porte à son extrémité supérieure une roue d'angle *e* mise en mouvement par une autre roue que fait mouvoir la machine. L'axe *d* agit dans un axe creux en bronze, qui se rattache ou plutôt fait partie d'une boîte ou caisse *ff*. Cette boîte repose sur le support *l*, où elle peut tourner librement; *j* est une lame qui s'étend de l'axe creux à la boîte, et constitue le gouvernail. La boîte contient une autre paire de roues d'angle *g h*, destinée à transmettre le mouvement de l'axe vertical *d* au propulseur *a a*, composé de quatre palettes en fer forgé, tordues de manière à former des sections d'hélice. On comprend facilement maintenant que si, par un moyen quelconque, on empêche l'axe creux de tourner, l'action de la machine sera transmise de son arbre au propulseur, par le moyen des roues d'angles. On gouverne le bâtiment au moyen d'une vis sans fin, qui engrène avec un secteur fixé à l'axe creux, de sorte qu'en faisant mouvoir la vis, on fait tourner tout le système et par conséquent le gouvernail (ce mouvement s'opère d'une manière analogue à celui des ailes des moulins à vent), sans exercer d'influence sur le mouvement des roues. Un trou percé au centre de l'axe *d* sert à maintenir pleine d'huile la boîte au milieu de laquelle fonctionnent les roues.

Cette invention a été appliquée par MM. Penn et fils, de Greenwich, sur un bateau appelé *Infant prince*; on nous a fourni les détails suivants sur ses dimensions et sur son mécanisme.

Dimensions du bâtiment.

Longueur extrême.....	54'
Largeur id.	10'
Tirant d'eau.	2' 8"

Ce bâtiment est propulsé au moyen de deux machines oscillantes, sans condensation. MM. Penn ont justement acquis beaucoup de célébrité dans ce genre de machines. Les cylindres ont 8 pouces de diamètre et 12 pouces de course. Ces machines donnent

75 à 80 coups de piston par minute, et cette vitesse est multipliée par 4 au moyen des roues d'angles; de sorte que le propulseur accomplit 300 à 320 révolutions par minute. Le diamètre du propulseur = 2 pieds $\frac{1}{4}$ pouces, et son bord extérieur forme un angle de 60° avec l'axe.

L'auteur s'adressa à M. Penn, qui mit le bâtiment à sa disposition pour faire un essai. La vitesse, dans cette circonstance, fut de 10 milles à l'heure, la pression de la vapeur étant de 40 livres environ par pouce carré. Nous devons faire observer qu'on ne fait pas usage du gouvernail *j* sur ce bâtiment; on gouverne uniquement en changeant la position du propulseur au moyen de la vis sans fin, déjà décrite.

PROPULSEUR DE M. BLAXLAND.

Nous devons faire mention du propulseur Blaxland, parce qu'il a été essayé sur une grande échelle, ayant été appliqué à un vapeur de rivière, auparavant muni de roues à aubes, en conservant les mêmes machines. Ce bâtiment se nomme le *Swiftsure*, jaugeant environ 140 tonneaux, ayant une paire de machines à condensation de Bolton et Watt, dont la force totale est estimée à 40 chevaux.

Avant de parler des résultats obtenus, nous allons décrire la manière dont l'inventeur construit son propulseur, ainsi que le mode employé pour multiplier et transmettre le mouvement des machines à l'arbre du propulseur.

Le propulseur est représenté *Fig. 61 et 62*. Il se compose d'un moyeu *b*, fixé sur l'arbre du propulseur *a*, reposant sur un palier dans le faux étambot, qui est muni d'une boîte à étoupe. Il y a dans le massif arrière une ouverture semblable à celle de l'*Archimède*, dans laquelle agit le propulseur; mais celui-ci repose entièrement sur le palier déjà nommé, au lieu d'en avoir un 2° postérieur, comme à bord de ce bâtiment: du moyeu partent quatre bras *c, e, e, e*, sur lesquels sont rivés ou vissés un nombre de segments *d, e, f, g, h*, et c'est la manière de fixer ces segments, suivant des angles particuliers, qui constitue les avantages spécifiés par M. Blaxland dans sa patente. La *Fig. 63* indique le principe d'après lequel ces angles sont déterminés.

On construit le propulseur en plaçant un certain nombre de lames concentriques suivant différents plans, de manière que l'angle devienne plus aigu en se rapprochant de l'axe; afin de trouver l'angle respectif que ces lames doivent faire les unes par rapport aux autres, on tire une ligne droite égale à la circonférence de *l* en *m*. Une ligne est alors tirée de *m* au centre, sous l'angle d'après lequel on se propose de placer la lame extérieure, et en tirant cette ligne *m* au centre, nous formons un triangle dont l'angle de la lame représente l'hypothénuse; en tirant de la même manière un nombre de lignes horizontales équidistantes à travers le quart de cercle, nous trouvons les degrés d'inclinaison que ces lames respectives doivent avoir les unes par rapport aux autres. L'inventeur préfère que les lames ne soient pas plus rapprochées du centre que lorsqu'elles forment un angle de 45° avec l'axe.

La *Fig. 64* indique la manière de communiquer le mouvement à l'arbre du propulseur: *aa* est un grand tambour fixé sur l'ar-

bre de la machine ; ce tambour se compose d'un certain nombre de planches épaisses placées sur les cercles extérieurs des roues *bb*, parallèlement à l'axe, comme les douves d'une barrique ; on a pratiqué une série de rainures sur la circonférence extérieure du tambour ainsi formé : *cc* est un tambour plus petit fixé à l'arbre du propulseur, lequel a des rainures en même nombre et de même forme que celles du grand tambour *aa*.

Le mouvement est communiqué de l'arbre de la machine à celui du propulseur, au moyen de cordes sans fin semblables entre elles, placées dans les rainures, et auxquelles on peut donner la tension et par conséquent l'adhésion voulue par le moyen suivant : *dd* est une poulie de serrage soutenue par les tiges *ee*, qui sont munies chacune de coussinets avec bride et clef ; *ff* sont deux tiges de suspension qui maintiennent la poulie de serrage à même distance de l'axe principal. Les extrémités *g* des tiges *e* sont taraudées et munies d'écrous, de sorte qu'en les serrant la poulie de serrage peut être tirée vers *g* et faire ainsi raidir les cordes.

Quiconque cherche à éclaircir une découverte mécanique, surtout lorsqu'elle est dans l'enfance, est utile à la société et mérite nos remerciements, même lorsqu'il échoue dans ses entreprises. Les erreurs constituent véritablement la partie la plus utile de notre expérience, par la même raison que nous ne pouvons nous assurer de la force d'un corps qu'en le brisant. C'est pourquoi nous avons décrit le propulseur de M. Blaxland, quoiqu'il soit nécessairement inférieur à la vis de l'Archimède, parce que d'abord, par suite de son système de construction, les bras sur lesquels les lames sont fixées opposent à l'eau la projection de leurs surfaces, ce qui augmente considérablement la résistance directe ; en second lieu, parce que les lames, étant planes, n'exercent pas un effet uniforme, et produisent en outre une plus grande action diagonale sur l'eau, excepté en un point, que si c'étaient des segments de vis. En comparant à la vis le propulseur Blaxland, il est évident que ce dernier est plus faible et plus susceptible d'être avarié, puisque les lames n'ont d'autre appui que les bras sur lesquels elles sont fixées. En fait, il ne paraît y avoir aucune raison plausible en faveur de ce système, qui semble se résumer dans une manière particulière de faire une vis en substituant les lames circulaires aux feuilles triangulaires, décrites et représentées déjà comme le moyen employé pour construire la vis de l'Archimède. Si tel est le but qu'on s'est proposé, il est évident qu'on reste au-dessous de ce dernier système. La marche du *Swifsure* confirme l'opinion que nous avons exprimée. On dit que sa vitesse actuelle est de un mille et demi par heure plus grande que celle antérieure. Une semblable extravagance se détruit d'elle-même, et on peut assurer, sans craindre d'être contredit, qu'une telle augmentation de vitesse est impossible avec le même bâtiment et la même machine.

Nous avons montré que la perte de force des roues à aubes à leur immersion ordinaire n'était pas plus grande que $\frac{3}{4}$, et une augmentation de vitesse exigeant une augmentation de force égale au carré de la vitesse (1), il s'ensuit que si toute la force eût été employée sans aucune perte, à la façon des dents d'une roue agissant sur une crémaillère, la vitesse n'aurait été aug-

mentée que de $\frac{7}{8}$ de mille par heure. Si donc le *Swifsure* a jamais atteint, comme on l'assure, une vitesse de 9 milles à l'heure, il faut qu'il y ait eu quelque autre changement dont on n'a pas parlé, et s'il en est ainsi, tous les essais deviennent sans valeur. Quoi qu'il en soit, si cette vitesse a été atteinte, il faut que ce ne soit pas habituellement, car nous savons que dans une circonstance le *Swifsure* a été battu par le *Novelty*, bâtiment de 320 tonneaux, mal installé, tirant 9 à 10 pieds d'eau, et propulsé au moyen de machines d'environ 12 chevaux chacune, par une vis semblable à celle de l'Archimède, ayant, en outre, 150 tonneaux de lest à bord. Le *Novelty* gagna le *Swifsure* d'environ 1 mille par heure ; or, comme le premier n'a jamais dépassé 7 milles, nous pouvons en conclure que la vitesse du *Swifsure* n'excéda guère 6 milles dans cette occasion.

PROPULSEUR DE M. DAVID NAPIER.

Bien que l'objet principal de cet article soit l'examen des propulseurs sous-marins, l'essai fait par M. Napier s'en rapproche tellement, sous le rapport de la forme et de l'effet, que nous croyons de notre devoir d'en donner la description.

Les Fig. 65 et 66 représentent ce système de propulsion qui exige peu d'explication. La différence consiste en ce que les propulseurs ne sont qu'en partie immergés, ce qui permet de réduire la vitesse de leurs axes, et d'éviter la perte angulaire produite dans le mouvement rotatif des parties rapprochées du centre. La disposition consiste à placer à l'arrière, dans un encadrement, deux roues d'égal diamètre. L'une est un peu de l'avant de l'autre, de manière que les extrémités des lames viennent raser les axes respectifs.

Un bateau à vapeur en fer, construit par M. Napier, pour essayer ce système, a atteint une vitesse de 11 milles par heure, quoique évidemment de forme défectueuse. (L'arrière se terminait presque carrément, de sorte que les propulseurs consommaient une grande partie de leur force à agir dans une eau morte, conséquence de cette construction.)

PROPULSEUR DU CAPITAINE CARPENTER.

Ce système a été adapté, par ordre de l'amirauté, à la pinasse du bateau à vapeur de Sa Majesté *Geyser*, dont l'inventeur est commandant. Ce système admet deux propulseurs qui sont placés sous les fesses du navire, comme l'indiquent les figures 67 et 68. Ils sont mis en mouvement par une machine rotative, appelée *Disc engine* (machine à Disque). Ces propulseurs, différents de tous ceux dont nous avons fait mention, se composent uniquement de deux trapèzes plans, rattachés à l'axe par des bras. Ce ne sont donc pas des portions de vis, bien qu'elles agissent hélicoïdalement.

Dans cette circonstance, les expériences ne peuvent conduire à aucun résultat susceptible d'établir l'efficacité de ce propulseur. La machine est d'un genre qui ne peut être comparé avec les machines ordinaires, et la pinasse est dans de telles conditions qu'il est peu probable qu'elle puisse lutter convenablement avec

(1) Et une dépense égale au cube.

(N. du Trad.)

aucun bâtiment existant. Nous pensons que le capitaine Carpenter se propose de réduire la résistance directe, dans cette supposition que les pointes des lames étant les points guidants, les angles diviseront l'eau comme un coin ou l'avant d'un bâtiment. Si tel est le but qu'il se propose (nous pouvons être dans l'erreur à cet égard), il se trompe évidemment, car les bords étant radiaux, la résistance sera égale à celle de la vis de l'*Archimède*. Cependant le principal défaut de ce système consiste en ce qu'il est composé de lames à surfaces planes au lieu de sections de vis. Il en résulte soit un déplacement excessif par les parties extrêmes, soit une opposition directe des parties voisines de l'axe, à la marche du bâtiment.

MODIFICATIONS PROPOSÉES PAR L'AUTEUR.

Si nous nous reportons à ce qui a été déjà dit, nous verrons que les parties de la vis voisines de l'axe dépensent la plus grande partie de leur effort à imprimer à l'eau un mouvement de rotation, sans aider beaucoup à la propulsion du bâtiment. Quelques-unes des modifications que nous avons décrites, ont particulièrement pour but d'obvier à cet inconvénient. On peut cependant y remédier en grande partie, sans s'écarter beaucoup de la forme de la vis de l'*Archimède*.

Supposons, pour nous faire comprendre, que la partie intérieure de la vis soit enlevée, et que la partie extérieure soit rattachée à l'axe au moyen de rayons fixés seulement aux extrémités antérieures et postérieures de la vis, et qu'on ait attaché au rayon antérieur un certain nombre de cordes ou lignes flexibles. Si, dans cet état, on fait mouvoir la vis pour propulser le bâtiment à son maximum de vitesse, ces cordes ou lignes flexibles engendreront des hélices dans leur passage à travers l'eau. Mais le pas de ces hélices sera moindre que celui de la vis, puisqu'elles coïncident avec la vitesse actuelle du bâtiment, tandis que le pas de la vis est égal à cette vitesse, plus son recul.

Si donc nous donnons à la partie de la vis la plus rapprochée du centre la forme des hélices ainsi engendrées, nous pouvons obtenir une vis dont le filet régnera de l'axe au bord extérieur, sans perte diagonale près du centre; pour s'en rapprocher autant que possible, l'auteur propose de diminuer le pas, du bord extérieur à l'axe, de manière à ce que les parties voisines du milieu coïncident avec la vitesse du bâtiment. La manière indiquée de fondre les vis donne les moyens d'en construire facilement une d'une telle forme. Son principal avantage, à nos yeux, consiste dans la faculté qu'elle nous donne de rattacher la vis à l'axe sur toute sa longueur, comme la vis de l'*Archimède*, sans la même perte de force.

EXPÉRIENCES DU BÂTIMENT A VAPEUR DE S. M. B. BEE.

L'amirauté ayant ordonné à MM. Maudslay et Field de lui installer un petit bâtiment, il fut résolu que le mécanisme serait disposé de telle façon qu'on pût faire alternativement usage des roues ou de la vis Smith. La machine (il n'y en a qu'une) est de 10 chevaux, et les roues à aubes sont arrangées à la manière

ordinaire. Le mouvement est transmis à la vis au moyen d'une disposition représentée *Fig. 69*, qui demande peu d'explication. Le mouvement est communiqué de l'arbre de la machine à l'axe de la vis au moyen de roues d'angle et d'une courroie. La vis est construite comme celle de l'*Archimède*. Les essais suivants ont été faits au mille mesuré à *Long Reach*; on enlevait la vis lorsqu'on employait les pales, et celles-ci (on du moins celles immergées) lorsqu'on se servait de la vis.

Expérience du Vapeur Bee avec les pales, le 20 juin 1842.

	Vitesse moyenne en m. s. milles.	Vent.	Courant.	Revolutions.	Vapeur.	Barom.
1 ^{er} essai en descend.	6.42	7.388	travers	favorable 32	—32	haute 28
1 ^{er} — en montant	10.16		id.	contraire 32	—32 ¹ / ₂	id. id.
2 ^e — en descend.	6.16	7.314	id.	favorable 31 ¹ / ₂	—32	id. id.
2 ^e — en montant	11.51		id.	contraire 31 ¹ / ₂	—32	basse id.
3 ^e — en descend.	6.4	7.714	id.	favorable 32	—32	haute id.
3 ^e — en montant	10.50		id.	contraire 32	—32	id. id.
4 ^e — en descend.	6.21	7.536	id.	favorable 32	—32	id. id.
4 ^e — en montant	10.40		id.	contraire 32	—32	id. id.
5 ^e — en descend.	6.27	7.549	id.	favorable 32	—32	id. id.
5 ^e — en montant	10.21		id.	contraire 32	—32	id. id.
37.501						
Moyenne de 5 essais. . . 7.500						
Tirant d'eau arrière.					3' 5"	
id. id. arrêté.					3' 7"	
Tirant d'eau avant.					3' 5"	
id. id. arrêté.					3' 4"	
Immersion des pales.					14'	
Vitesse par le lock ordinaire.					6 nœuds 4'	
Vitesse par le lock de Massey.					5 9/10 nœuds.	
Largeur des pales.					8'	
Longueur des pales.					3' 6"	

Ces expériences ne furent pas considérées comme très-satisfaisantes, la machine ne faisant pas le nombre de révolutions calculé, qui devait être de 40 environ par minute. Il fut décidé, en conséquence, qu'on ferait des expériences avec la vis le jour suivant, et avec les pales postérieurement, en diminuant leur immersion, afin d'augmenter la vitesse de la machine.

	Vitesse moyenne en m. s. milles.	Vent.	Courant.	Revolutions.	Vapeur.	Barom.
1 ^{er} essai en descend.	6.39	6.708	travers	favorable 42 ¹ / ₂	—42	pleine 27 7/8
1 ^{er} — en montant	13.7		id.	contraire 42	—42	pleine 27 7/8
2 ^e — en descend.	6.29	7.086	id.	favorable 42	—42	pleine 27 7/8
2 ^e — en montant	12.27		id.	contraire 42	—41	basse 28
3 ^e — en descend.	6.54	6.733 ^p	le bessoir	favorable 42	—41 1/2	basse id.
3 ^e — en montant	12.36		id.	contraire 41	—42	basse id.
4 ^e — en descend.	7.2	6.789	id.	favorable 42	—42	pleine id.
4 ^e — en montant	11.53		id.	contraire 42	—42	pleine id.
5 ^e — en descend.	6.59	6.855	id.	favorable 42	—42	pleine id.
5 ^e — en montant	11.43		id.	contraire 42	—42	pleine id.
34.261						
Moyenne de 5 essais. . . 6.852						
Tirant d'eau arrière.					3' 8"	
id. id. arrêté.					3' 7"	
Tirant d'eau avant.					3' 4"	
id. id. arrêté.					3' 4"	
Vitesse par le lock ordinaire.					5 nœuds 6'	
Vitesse par le lock de Massey.					5 7/10 nœuds.	

Dans ces essais, la vitesse de la machine était trop grande, ce qui indique que la vis, soit dans sa vitesse, soit dans sa surface, n'était pas bien proportionnée. M. Smith pense qu'il faut augmenter le diamètre de la vis, ce que l'espace permet. Cependant cela demandait du temps, car il fallait construire une autre vis. On se décida donc à procéder à une autre expérience avec les pales, après avoir réduit leur immersion de 14 à 9 pouces, changement qui subit de nouveau une légère altération, comme on le verra.

	Vitesse moyenne en m. s. milles.	Vent.	Courant	Révolutions	Vapeur	Barom.
1 ^{er} essai en descend.	6.57	7.372	travers	nul	40 — 40	haute 28
1 ^{er} — en montant	9.49	7.372	id.	nul	39 1/2 — 40	id. 27 7/8
2 ^e — en descend.	6.6	7.642	id.	favorable	40 — 40	id. 27 7/8
2 ^e — en montant	11.0	7.642	id.	contraire	40 — 40	id. 23
3 ^e — en descend.	5.46	7.827	id.	favorable	40 — 40	id. id.
3 ^e — en montant	11.39	7.827	id.	contraire	39 1/2 — 40	basse id.
4 ^e — en descend.	5.47	7.887	id.	favorable	39 1/2 — 39 1/2	basse id.
4 ^e — en montant	11.7	7.887	id.	contraire	39 1/2 — 40	haute id.
5 ^e — en descend.	5.57	7.890	id.	favorable	40 1/2 — 40	id. id.
5 ^e — en montant	10.32	7.890	id.	contraire	40 — 40	id. id.
38.618						
Moyenne de 5 essais.	7.723					
Tirant d'eau arrière					3'6"	
id. id. arrêté.					3'7"	
Tirant d'eau avant.					3'5"	
id. id. arrêté.					3'4"	
Vitesse par le lock de Massey					(incertaine).	
Vitesse par le lock ordinaire.					(incertaine).	
Immersion des pales					9"	
La machine faisant 42 1/2—43, 43—43 révolutions						

Les pales ont été ensuite portées en dehors de 3/4 de pouce, ce qui donnait à la roue 8' 3" de diamètre.

Ces résultats sont certainement plus défavorables à la vis que ne nous l'avaient fait espérer les expériences de *l'Archimède*, ainsi que nos calculs. Cependant M. Smith les attribue, comme nous l'avons dit, à ce que la vis était trop petite; c'est pourquoi on en construit une autre.

CONCLUSION.

Le sort futur de ces moyens de propulsion est jugé favorablement par les uns, défavorablement par les autres. Quatre bâtiments, déjà en service, sont munis du système de M. Smith, et *la Grande-Bretagne* (Mamouth), actuellement en construction à Bristol, sera propulsée par une vis mise en mouvement par des machines de 1000 chevaux; un bâtiment de 1500 tonneaux, qui doit être propulsé de la même manière, vient d'être achevé à Londonderry.

Le gouvernement anglais arme *le Rattler*, de 800 tonneaux, muni de machines de 200 chevaux, afin de s'assurer de la puissance de la vis, en le faisant lutter avec *le Polyphème*, de la même force et du même tonnage. Le gouvernement français arme aussi trois bâtiments à vis. MM. Rennie et autres sont sur le point de mettre leurs plans à exécution sur une grande échelle. Les rapides progrès qu'a faits depuis deux années ce système, généralement impopulaire auparavant, sont la meilleure preuve de son importance, et il n'est pas douteux que si on parvient à rendre simple et durable le mécanisme destiné à transmettre à la vis l'action de la machine, ce moyen de propulsion deviendra utile comme force auxiliaire, surtout pour certains vapeurs de guerre, quand bien même il demeurerait inférieur aux roues à aubes dans certaines circonstances.

NOTES DU TRADUCTEUR

SUR LE MÉMOIRE DE M. GALLOWAY.

NOTE 1^{re}. — L'auteur constate ici un fait bien reconnu en Angleterre, c'est que la substitution de l'hélice divisée à l'hélice simple a été favorable à la *vitesse*. Cependant M. Séguier ayant rendu compte à l'Académie des Sciences, d'expériences qui auraient donné des résultats contraires, nous croyons utile d'entrer dans quelques explications à cet égard. Dans les expériences faites en présence de la commission de l'Académie, le bateau à hélice était attaché à un levier chargé d'un certain poids; le bâtiment restait donc stationnaire. L'hélice agit-elle dans ce cas comme si le bâtiment était en marche? Il est évident que non. Supposons, en effet, une hélice divisée en quatre segments séparés entre eux de quantités dont la somme soit égale au recul de la vis au maximum de vitesse du bâtiment, et considérons le moment où l'un des segments est vertical. Il est clair que lorsque ce segment sera arrivé à la position horizontale, le bâtiment aura parcouru une distance égale au quart du pas de la vis, moins le recul; l'eau pressée dans cette position ne sera donc pas celle déjà mise en mouvement par le segment précédent; tandis que lorsque le bâtiment est arrêté, tous les segments suivent absolument la même voie, de sorte que la vis à quatre filets agit sur une masse d'eau quatre fois moindre que la vis à un seul filet. Il est évident que si, dans le cas où le bâtiment est stationnaire, on multipliait le nombre des segments de telle sorte que l'espace entre eux ne fût pas assez grand, vu la vitesse de la vis, pour que l'eau déplacée par l'un d'eux eût le temps d'être remplacée avant l'arrivée du segment suivant, l'effet propulsant deviendrait nul, ce qui n'arriverait pas si le bâtiment pouvait avancer. On voit pourquoi la vis divisée, désavantageuse lorsque le bâtiment est stationnaire, peut ne pas l'être lorsque le bâtiment est en marche. Nous allons expliquer comment il se fait qu'au contraire elle favorise la vitesse, comme l'expérience l'a démontré. Une certaine quantité de surface de pression est nécessaire pour propulser le bâtiment: le diamètre de la vis étant limité par le tirant d'eau du navire, on a dû donner à l'hélice une certaine longueur (un tour entier environ). Cette condition est indispensable lorsque la vis n'a qu'un seul filet, sans quoi elle ne serait pas balancée. L'eau pressée par les différents éléments de la vis acquiert d'autant plus de vitesse, et procure par conséquent d'autant moins d'effet utile, qu'elle est plus longtemps soumise à cette action; or, elle y sera soumise quatre fois plus longtemps dans la vis à un filet que dans celle à quatre; néanmoins nous devons convenir que la résistance directe opposée par les sections des bords perpendiculaires à l'axe est quatre fois plus grande dans la vis à quatre segments. Mais il paraît que cet inconvénient est moindre que celui d'une

grande vitesse imprimée à l'eau, puisque l'expérience démontre que la vis divisée est plus favorable à la vitesse que la vis à un seul filet. On verra, à la fin des notes, le moyen que nous proposons pour diminuer la résistance directe des bords.

On fit, dans le bassin de l'institution polytechnique, pendant notre séjour en Angleterre, une expérience semblable à celle dont on a rendu témoin la commission de l'Académie des Sciences. Le propulseur à surfaces planes de M. Carpenter, dont nous pensons avoir démontré l'infériorité dans les questions de vitesse, présenta les résultats les plus avantageux. Cela s'explique parfaitement, puisque les parties voisines du centre qui s'opposent par leur moindre vitesse à la marche du bâtiment, concourent au contraire, lorsqu'il est stationnaire, dans la proportion de leur effort à l'effet total. C'est absolument le cas d'une rame dont une partie peut être nuisible, lorsqu'elle est trop plongée, si le canot marche plus vite que cette partie, ce qui n'a pas lieu lorsqu'il marche lentement ou pas du tout. Nous pensons que le propulseur Carpenter pourrait être préférable, même à la vis à un seul filet, pour remorquer de lourdes masses; mais pour la vitesse, l'avantage nous paraît décidément en faveur de l'hélice divisée, qui exige d'ailleurs une moindre ouverture dans le massif-arrière, position la plus favorable, selon nous.

Nous avons nous-même assisté à des expériences de vitesse exécutées avec le petit bateau de M. Sauvage. Le bateau avait à peu près la même vitesse, soit qu'on employât l'hélice simple ou celle à deux segments; mais elle diminuait d'une manière notable, lorsqu'on faisait usage de l'hélice à trois segments. Nous ne pouvons attribuer cette différence qu'à un défaut d'exactitude dans la vis, qu'il est d'ailleurs bien difficile de construire d'une manière correcte sur une aussi petite échelle; celle à trois segments est évidemment celle dont la construction est la plus délicate. On ne peut donner une forme parfaite à d'aussi petites vis qu'en les fondant comme l'indique M. Galloway.

On remarquera en outre, ci-après, que, pour les vis de petite dimension, la division de l'hélice peut être nuisible, tandis qu'elle est évidemment avantageuse pour celles de grande dimension. (Voir l'article *Vis*, du projet de Corvette, à la fin de l'ouvrage.)

NOTE 2^e. — Nous avons supprimé les détails de cette opération dans notre Mémoire, mais nous ferons remarquer qu'il ne serait pas absolument nécessaire d'attacher les cordages à l'axe même. Nous pensons qu'on pourrait très-bien les fixer sur les bords des lames elles-mêmes, qui restent toujours à peu de distance au-dessous de l'eau, quel que soit le tirant d'eau du bâtiment. Dans tous les cas, on ne peut se dissimuler les incon-

venients de cette manœuvre sous-marine, que nous évitons par la disposition indiquée dans notre rapport.

NOTE 3°. — Nos calculs différant essentiellement de ceux établis par M. Galloway, il est nécessaire que nous les discutions sommairement. Pour déterminer le rapport entre la force dépensée et l'effet utile dans le trajet cycloïdal de la roue à travers l'eau, M. Galloway considère la pale dans quatre positions différentes. Il établit les rapports qui existent entre la force dépensée et l'effet utile pendant les intervalles qui séparent ces positions, ne tenant compte que de la position de la pale au départ, et les sommes de la force dépensée et de l'effet dans chaque position lui donnent le rapport de 13 969 : 10 820.

Il en agit autrement à l'égard de la vis : il choisit sept points, différents et équidistants, et il détermine, pour les éléments passant par ces différents points : 1° la grandeur des surfaces d'action pour chaque élément ; 2° la force totale dépensée, et la force utile qui en résulte ; 3° la distance, par rapport au centre, à laquelle agissent les divers éléments. Il multiplie les produits des premières et deuxième quantités d'abord par la force dépensée et fait la somme des produits, puis par l'effet utile, et obtient une seconde somme.

La première lui fournit la force totale dépensée 715 768, et la deuxième l'effet utile 488 757, qui lui donnent le rapport de 715 768 : 488 757, qu'il compare à 13 960 : 10 820.

Remarquons en premier lieu que ces deux rapports ne sont pas comparables ; celui de 715 768 : 488 757 représente la force totale dépensée par la vis dans son recul, comparée à la force utilisée, tandis que celui de 13 960 : 10 820 indiquerait seulement le mode d'action de la roue dans quatre positions, sans tenir compte de la quantité de force dépensée dans ces diverses positions, relativement à la surface immergée et au centre d'effort. Ce rapport devrait être comparé à celui de 4261 : 2181, dont le premier terme représente la somme des carrés des hypothénuses de la vis 10^2 , 17^2 , etc., et le second la somme des carrés des perpendiculaires 2^2 , 4^2 , etc. ; mais une telle comparaison ne représenterait nullement le rapport qui existe entre la force totale dépensée et l'effet utile dans les deux systèmes. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire d'opérer de la même manière pour la roue et pour la vis ; c'est-à-dire qu'il faut tenir compte, pour la roue, de la relation qui existe entre la force totale dépensée et l'effet utile, en faisant entrer, comme élément du calcul, la quantité de surface agissante, son mode d'action et la distance parcourue par le centre d'efforts, non-seulement dans quelques positions moyennes, mais pour les diverses positions occupées par l'aube dans son trajet cycloïdal.

Ajoutons, toutefois, que nous n'avons pas compris l'action de la vis comme M. Galloway, qui s'exprime ainsi : *Les angles des parties de la vis indiquées par les cercles concentriques de la fig. 40 sont représentés par les lignes 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, de la fig. 41.* Nous ne pouvons admettre ce fait, et nous pensons que ce ne sont pas les angles qui doivent augmenter régulièrement, mais les bases $v'a'$, $v'b'$, $v'e'$, etc. (Fig. 70), lesquelles représentent les développements des cercles concentriques : il en résulte que les aires des diverses parties ne sont plus les-mêmes.

M. Galloway établit, d'une autre part, que la partie 4, par

exemple (Fig. 41), opère un plus grand déplacement pour une quantité de recul donnée qu'aucune autre partie ; nous n'admettons pas davantage un semblable effet, et nous pensons que les quantités absolues de déplacement diminuent graduellement de la circonférence au centre, comme l'indique la Fig. 70, où ces déplacements sont représentés par les lignes $g'h$, $f'i$, $e'j$, etc., de sorte que les perpendiculaires deviennent $g'g$, ff , etc. Ajoutons encore que nous ne calculons pas la quantité de force dépensée comme M. Galloway, qui la fait résulter du produit de la surface par le carré de la vitesse multiplié par la distance au centre : nous la trouvons en multipliant la surface par le carré de la vitesse normale et par la projection sur la direction du déplacement normal de la vitesse circulaire de l'élément.

Il en résulte qu'en supposant la hauteur du pas égale à 22 et la vitesse du bâtiment nulle, nous aurions pour un tour de la vis :

Parties.	Surface.	Deplacement normal ou longueur de l'hypothénuse représentant le mouvement imprimé à l'eau	Projection de la vitesse circulaire sur la direction du déplacement normal	Force totale dépensée.
1	23. 6	× 8. 0 ²	× 8. 0	= 12 083. 2
2	27. 9	× 13. 7 ²	× 13. 7	= 71 730. 9
3	33. 9	× 16. 8 ²	× 16. 8	= 160 719. 9
4	40. 9	× 18. 5 ²	× 18. 5	= 198 978. 8
5	48. 4	× 19. 6 ²	× 19. 6	= 364 403. 6
6	56. 2	× 20. 3 ²	× 20. 3	= 470 113. 0
7	64. 3	× 20. 6 ²	× 20. 6	= 562 110. 6
				1,840 140. 0

au lieu de

1	21. 0	× 10 ²	× 1	= 2 100
2	22. 5	× 17 ²	× 2	= 13 004
3	24. 5	× 30 ²	× 3	= 66 150
4	27. 5	× 33 ²	× 4	= 119 790
5	33. 0	× 27 ²	× 5	= 120 185
6	43. 0	× 25 ²	× 6	= 161 250
7	63. 0	× 23 ²	× 7	= 233 289
				715 763

Nous avons pris pour hauteur du pas 22, parce que c'est le nombre qui résulte du tableau de M. Galloway, où les hypothénuses $7h$, $6i$, etc. Fig. 41, donnent 22 pour les perpendiculaires $7g$, $6f$, etc. Cependant, il est évident que dans le triangle $7xo$, Fig. 41, l'hypothénuse $7x$ étant 63, xo ne peut être 22, puisque l'angle x est de 70° ; dans ce cas xo doit être 21.5 ; mais si nous faisons $xo = 21.5$, il nous serait également impossible de comprendre pourquoi, dans le triangle $1xo$, on a fait $1x = 21$, puisque l'angle x étant de 10° , $1x$ devrait être plus grand que xo , c'est-à-dire que 21.5. Quoi qu'il en soit, nous ne nous arrêterons pas davantage sur les calculs de M. Galloway, qui diffèrent essentiellement, comme on le verra ci-après dans nos *Etudes Théoriques*, de ceux au moyen desquels nous avons déterminé le rapport de la force dépensée à l'effet utile.

Nous nous bornerons à faire remarquer en passant que si $7g$ est bien réellement la composante de $7h$, $7g^2$ n'est pas celle de $7h^2$: la composante de $7h^2$ est égale à $7h^2 \times \cos. h7g$.

M. Galloway a relevé deux assertions de Tredgold qu'il signale comme erronées. Nous ne pensons pas, pour notre part, qu'il soit absolument exact de dire qu'un tour entier de vis suffit

pour donner à l'eau toute la vitesse du filet ; il est impossible de lui procurer cette vitesse, quel que soit le nombre de tours du filet ; car, du moment où elle l'aurait obtenue, elle cesserait de recevoir l'impulsion nécessaire à la continuation de son mouvement, de sorte qu'elle serait soumise de nouveau à la pression du filet par suite de la diminution de la vitesse : nous pensons que dans certains cas la vitesse communiquée à l'eau par un tour entier est assez grande pour rendre plus nuisible qu'utile la continuation du filet ; telle n'est pas la réfutation de M. Galloway, qui pense qu'on ne peut pas dire qu'un tour entier communique à l'eau toute la vitesse possible, puisqu'une fraction de tour douée d'une vitesse plus grande lui procurera plus de vitesse que le tour entier : mais ce n'est pas là la question ; il ne s'agit pas ici de la vitesse absolue de l'eau, mais bien de sa vitesse relative par rapport à celle du filet.

A l'égard de la seconde observation, nous pensons que puisque dans le calcul de Tredgold il n'est pas tenu compte du frottement, cet auteur a raison ; car, dans le cas extrême cité par M. Galloway, où le filet serait perpendiculaire à l'axe, c'est-à-dire lorsque l'hypothénuse se confond avec la perpendiculaire, si l'effet propulsant $= 0$, la force dépensée $= 0$ aussi, puisqu'on suppose qu'il n'y a pas de frottement.

NOTE 4^e. — Nous regrettons que l'auteur ne nous ait pas donné assez de détails sur ces expériences intéressantes, pour nous faire comprendre la relation qui existe entre les coups de piston et les révolutions du disque. Nous devons faire remarquer toutefois que le frottement de l'eau sur le disque ne peut être comparé à celui qu'elle exerce sur une vis qui la presse de toute sa force, tandis que dans le cas du disque, il n'y a de pression que celle résultant de la dénivellation de l'eau. Or, il nous paraît évident que l'eau, comme tous les corps, doit exercer un frottement proportionnel à la pression. (Voir à la 3^e partie.)

NOTE 5^e. — Ce n'est pas ainsi que nous comprenons qu'on doive déterminer la longueur du pas de la vis. Cette longueur du pas doit résulter du diamètre de la vis déterminé par le tirant d'eau du navire, et de l'angle milieu reconnu le plus favorable par l'expérience : c'est sur la longueur de ce pas qu'il faut régler le nombre de révolutions, et non la longueur du pas sur le nombre de révolutions comme l'indique M. Galloway.

En agissant d'après son système, il pourrait arriver qu'avec les 8' 6" de pas qu'il trouve, il n'eût que 2 pieds de tirant d'eau, et par conséquent 2 pieds de diamètre tout au plus : quel serait l'effet d'une telle vis dont le plus grand angle atteindrait à peine 35° ?

NOTE 6^e. — Une vis en bronze, pour les bâtiments doublés en cuivre, corroderait son arbre et ses coussinets, si on la laissait habituellement en place, plus promptement qu'elle ne se corroderait elle-même si elle était en fer. Il y a donc, dans tous les cas, presque nécessité de la tenir embarquée toutes les fois qu'on

n'en fait pas usage. Si le système que nous avons proposé pour l'embarquement de la vis ne pouvait être adopté, nous préférierions deux vis avec le joint universel du capitaine Carpenter.

NOTE 7^e. — *Propulseur Rennie*. — Ce système de propulsion n'avait pas encore été rendu public quand nous partîmes de l'Angleterre.

Nous ne saurions admettre, comme M. Galloway, que la partie postérieure de la vis ordinaire nuit par son frottement sans être d'aucune utilité. En premier lieu, nous ferons remarquer que l'eau n'a jamais, même en abandonnant la vis, une vitesse égale au recul, ce qui permet à la partie postérieure d'exercer une certaine action, quoique moindre ; et en second lieu, le frottement étant peut-être proportionnel à la pression, si l'effet est moindre, faute de pression suffisante, le frottement doit aussi diminuer.

Nous ne nous dissimulons pas néanmoins l'avantage que présenterait un propulseur pressant l'eau également dans toute sa longueur ; mais pour obtenir ce résultat avec le propulseur de M. Rennie, il faut enrouler l'hélice sur un cône qui nuira à la marche du bâtiment, ou si on conserve l'arbre cylindrique, il s'ensuivra que si les angles de la partie antérieure sont favorables, ceux de la partie postérieure seront trop allongés. Il y a donc inconvénient, soit que l'arbre soit conique ou cylindrique. A l'égard du rétrécissement du propulseur vers l'axe, nous ferons remarquer que c'est une imitation incomplète du propulseur Hunt, qui fait bien disparaître les surfaces voisines du centre, mais en y substituant naturellement un bras plus épais, qui augmente la résistance directe.

On pourrait, à la vérité, remplacer l'arbre conique par des rayons qui augmenteraient graduellement de manière à ne conserver que la bande hélicoïde qui présente la moyenne des angles les plus favorables ; mais ces rayons opposeraient eux-mêmes un obstacle à la marche.

Mais, dans ce cas comme dans celui où l'arbre serait cylindrique, comme le propose M. Rennie, l'eau mise en mouvement par la partie antérieure du propulseur ne sera pas celle pressée par les surfaces extrêmes de la partie postérieure, car la direction imprimée à l'eau est à peu près parallèle à l'axe. Le système de M. Rennie se rapproche donc de la disposition proposée par M. Galloway, pag. 49, pour soustraire à la pression de l'eau la partie de la surface hélicoïde la plus rapprochée de l'arbre ; et, en effet, la partie antérieure du propulseur Rennie n'exercerait aucune action sur l'eau si la surface de la partie postérieure était assez grande pour que le recul fût égal à la différence du pas de ces deux parties.

Du reste nous indiquerons un moyen d'augmenter le nombre des tours de l'hélice de la vis, sans soumettre l'eau plus longtemps à l'action des divers segments.

Nous reconnaissons cependant que le propulseur de M. Rennie mérite d'attirer l'attention, mais nous ne le croyons pas comparable à l'hélice.

TROISIÈME PARTIE.

DES

PROPULSEURS SOUS-MARINS.

ÉTUDES THÉORIQUES.

Lorsque l'on considère l'action de la vis, abstraction faite du frottement et du déplacement, on reconnaît que les différents angles formés par les éléments d'un large filet produisent tous absolument le même résultat; en effet, le rapport entre la puissance et la résistance étant déterminé par la hauteur du pas, qui est constante, et par les circonférences décrites par les points d'application de la résistance, on remarquera que la puissance agit sur un levier dont la longueur relative augmente à mesure que les circonférences diminuent et dans le même rapport; de sorte qu'il s'établit une compensation, d'où résulte pour tous les angles un même effet utile produit pour une même dépense de force (1).

Depuis qu'il a été démontré, par les expériences de M. Morin, que pour les corps solides le frottement était indépendant des vitesses et des surfaces, et seulement proportionnel aux pressions, on peut ajouter que cette même loi régirait l'action de la vis, même en tenant compte du frottement, en supposant toutefois que l'écrou fût composé d'une substance parfaitement résistante (2).

(1) Comme nous désirons être compris non-seulement de nos camarades, mais encore de tous les mécaniciens, nous avons transporté dans les notes la plus grande partie des calculs, de telle sorte que le texte présente une suite d'inductions simples qui seront facilement comprises par toutes les personnes qui ont quelques connaissances en mécanique élémentaire.

(2) Supposons en effet que la quantité de pression exercée par l'élément $t a'$ Fig. 70 soit représentée par $a' a_1$, la quantité de pression exercée par l'élément $t b'$ n'en sera que la moitié, puisque le bras de levier sur lequel agit la puissance reste le même; mais par cette même raison que la résistance qui en résulte sera exercée à l'extrémité d'un levier $v b'$ double de $v a'$, l'effet en sera doublé, de sorte qu'elle pourra être représentée par une quantité $b' a_1 = a' a_1$, dont les déplacements seront $b_1 b'$ et $b_1 a'$: la première sera exercée pendant $t b'$, et la seconde pendant $t a'$: il suffit donc que $b_1 b' \times t b' = b_1 a' \times t a'$ pour que l'influence du frottement soit la même pour les éléments, puisque la vitesse n'y entre pas comme composante. Pour le démontrer, désignons par

Mais la vis se comporte d'une manière bien différente lorsque, appliquée à la propulsion des bâtiments, elle agit sur l'eau, substance peu résistante. Dans ce cas, outre la perte de force due au frottement, il y a perte de force additionnelle par le déplacement. Le frottement n'est plus indépendant de la vitesse; mais il paraîtrait, d'après les expériences de Bristol, qu'il croît proportionnellement au carré des vitesses.

La perte de force résultant du déplacement auquel on donne généralement le nom de recul, est commune à la vis et aux roues, avec cette différence que dans la première sa réduction est limitée par le frottement, et que dans les roues elle l'est par la nature même de leur mode d'action. La perte due au frottement, considérable pour la vis, l'est bien moins pour les roues.

Quelque incomplets que soient les renseignements qui nous ont été donnés par M. Galloway sur les expériences du Bee, les seules vraiment exactes, à notre avis, ils nous fournissent les moyens de déterminer, avec quelque exactitude, la valeur du frottement de la vis, et par suite sa forme la plus avantageuse.

RAPPORT DE LA FORCE DÉPENSÉE À L'EFFET UTILE DANS L'EMPLOI DE LA VIS.

Nous rechercherons d'abord le rapport qui existe dans la vis, entre la force dépensée et l'effet utile, abstraction faite du frottement. Prenant dans la théorie de la vis, publiée par M. le pro-

x l'angle $a' t v$, et par z l'angle $b' t v$; on a $b_1 b' = b' a_1 \cos z$ et $t b' = \frac{v t}{\cos z}$; donc $b_1 b' \times t b' = v t \times b' a_1$; de même $b_1 a' = a' a_1 \cos x$ et $t a' = \frac{v t}{\cos x}$; d'où $b_1 a' \times t a' = v t \times a' a_1$. Mais $a' a_1 = b' a_1$, donc $b_1 a' \times t a' = b_1 b' \times t b'$.

fesseur Taurines (A) (1), les valeurs de $R=T$, résistance du bâtiment, et P , force dépensée, nous voyons (B) qu'en multipliant cette résistance par la vitesse du bâtiment, et en supposant le recul égal à un quart, le rapport de l'effet utile à la force dépensée est exactement égal au recul : on voit de plus que ce rapport existe pour tous les angles de la vis, puisque ceux-ci n'y entrent pas.

Pour rendre ceci encore plus clair, nous appliquerons des valeurs numériques aux angles fg' de 20° , fg' de 45° et fg , de 70° (Fig. 74), appartenant à une vis ayant une longueur de pas = 100 et un recul de $1/5$. Les valeurs des autres éléments du calcul seront :

	Angle de 20° .	Angle de 45° .	Angle de 70° .
Surfaces.....	$fg' = 106.5$	$fg' = 141.3$	$fg_1 = 292.2$
Déplacements...	$b'c' = 8.60$	$b'c' = 17.7$	$b_1c_1 = 23.5$
Projection des déplacements.....	$b'd' = 2.945$	$b'd' = 12.504$	$b_1d_1 = 22.09$
Projections.....	$ac' = 42.8$	$ac' = 88.3$	$ac_1 = 117.5$

Nous savons que les forces dépensées sont égales aux produits des résistances normales, c'est-à-dire $b'c'^2$, $b'c'^2$, $b_1c_1^2$, par les projections des vitesses rotatives $a'c'$, $a'c'$, a_1c_1 , multipliées par les surfaces fg' , fg' , fg_1 , et que les effets utiles correspondants sont égaux aux produits des déplacements par la projection de ces déplacements sur une ligne parallèle à l'axe multipliés par la surface d'action et le chemin parcouru par le navire, c'est-à-dire $b'c' \times b'd' \times fg' \times 100$; nous aurons donc pour les forces dépensées :

$$8.6^2 \times 42.8 \times 106.5, \quad 17.7^2 \times 88.3 \times 141.3, \quad 23.5^2 \times 117.5 \times 292.2$$

et pour les effets utiles :

$$8.6 \times 2.945 \times 106.5 \times 100, \quad 17.7 \times 12.504 \times 141.3 \times 100, \\ 23.5 \times 22.09 \times 292.2 \times 100$$

ce qui donne les rapports :

$$337 : 270 = 390 : 312 = 1896 : 1517 = 5 : 4.$$

Il demeure donc constant que dans une vis *quelconque*, abstraction faite du frottement, le rapport de la force dépensée à l'effet utile est le même pour tous les angles, et que la perte de force est égale au recul.

RAPPORT DE LA FORCE DÉPENSÉE À L'EFFET UTILE DANS L'EMPLOI DES ROUES À AUBES.

Il n'est pas aussi facile de déterminer ce rapport pour la roue à aubes : dans ce cas il dépend, non-seulement de la quantité de surface agissante, du mode d'action de cette surface et de sa

(1) Pour les notes relatives aux calculs et auxquelles on renvoie dans le cours de cette partie théorique par des lettres capitales, voir, à la fin de cette même partie.

vitesse relative, pour toutes les positions de la roue dans son trajet cycloïdal, mais encore du centre d'effort, qui varie pour toutes ces positions. En l'absence de renseignements sur les dimensions du *Bee*, nous avons choisi, pour rechercher ce rapport, un bâtiment à vapeur de 200 chevaux, le *Dee*, sur lequel des expériences exactes ont été faites, et dont les roues nous ont paru avoir à l'immersion normale le recul le plus convenable.

Dimensions des roues.

Diamètre extérieur des roues.....	5 ^m 90
Longueur des pales.....	3.05
Hauteur id.....	0.61
Immersion du bord intérieur.....	0.10
Recul.....	1/4
Nombre des pales.....	16

Pour trouver le rapport absolu de la force dépensée à l'effet utile, nous avons préalablement déterminé le centre d'effort de la pale en la faisant varier de 5 en 5 degrés (C). La courbe *bc*, Fig. 73, a été ainsi déterminée. Nous avons alors cherché le rapport entre la force dépensée et l'effet utile pour chacune des positions de la pale en introduisant un nombre suffisant d'interpolations de 25° à 40° , pour que nous pussions compter sur un rapport suffisamment exact : nous avons ainsi obtenu celui de

$$3.17630 : 2.35837 \text{ ou } 1 : 0.74. \text{ (D)}$$

Cette perte de force, des roues que nous considérons, ne peut qu'être faiblement diminuée; car on remarquera, Fig. 73, à l'examen de la fraction de cycloïde *ab*, que le recul ne peut être diminué d'une manière sensible sans que la vitesse du bord intérieur de la pale devienne inférieure à celle du navire, et sans par conséquent que cette partie devienne nuisible à la marche. On remarquera d'une autre part dans le même calcul, que c'est à son entrée dans l'eau que la pale donne le rapport le plus défavorable; on ne pourrait obvier à cet inconvénient qu'en faisant émerger la roue d'une certaine quantité, ce qui augmenterait le recul. Le seul moyen d'obtenir un rapport absolu plus favorable consisterait à augmenter la longueur des pales en diminuant leur hauteur; mais on ne peut, à cet égard, dépasser certaines limites sans rencontrer des difficultés pratiques insurmontables.

Cependant, comme nous devons nous servir des résultats comparatifs du *Bee*, et que nous devons supposer que les roues de ce petit bâtiment, qui ont été modifiées deux fois, étaient dans les conditions les plus avantageuses, nous ferons subir une certaine réduction à la perte de force résultant du rapport de $1 : 0.74$, et comme nous aurons aussi à tenir compte de la perte résultant du frottement des pales, que nous déterminerons ci-après, nous pourrions porter à 0.25 la perte totale des roues dans les circonstances les plus favorables.

Le rapport de la force dépensée à l'effet utile ayant été calculé pour la roue d'après les mêmes principes que celui de la vis, et le recul qui constitue la perte de force, abstraction

faite du frottement, devant être considéré par rapport au centre d'effort, cette perte devrait être moindre que $1/5$ si le recul de la pale dans sa position verticale était le même pour les autres positions ; mais il est loin d'en être ainsi, puisque le recul du bord de la pale à son entrée dans l'eau est presque égal à $1/2$. L'inspection de la Fig. 73 rend facilement compte de cette différence de recul, qu'on retrouve établie dans les tableaux numériques (D).

COMPARAISON ENTRE LE FROTTEMENT QUI RÉSULTE DE L'EMPLOI DE LA VIS ET CELUI QUI RÉSULTE DE L'EMPLOI DES ROUES A AUBES.

Supposons que nous adoptions pour le *Dee* une vis proportionnée comme celle du *Bee*. Nous savons que la vis du *Bee* était semblable à celle de l'*Archimède* : celle-ci avait $5'9''$ de diamètre ou $1^m 752$ pour une surface transversale de 143 pieds carrés, ou 13.275 mètres carrés ; donc la vis du *Dee* devra avoir $2^m 254$ de diamètre pour 22 mètres carrés de surface transversale immergée.

Cette vis de l'*Archimède*, qui a procuré les résultats les plus avantageux, avait 8 pieds de hauteur de pas, ou $2^m 438$; la vis du *Dee* aura donc $3^m 136$ de hauteur de pas ; son recul, dans les circonstances les plus favorables, était, d'après les données du capitaine Chappell, de $1/4$: c'est donc ce recul que nous devons supposer à la vis du *Bee* et que nous adopterons pour celle dont nous nous occupons. Or, nous avons vu que la perte de force résultant de l'action de la vis, abstraction faite du frottement, était égale au recul ; nous aurons donc dans ce cas, où le recul = $1/4$, le rapport de 4 : 3 entre la force dépensée et l'effet utile. Nous trouvons ce même rapport pour la roue du *Dee*, en faisant également abstraction du frottement ; il s'ensuit donc que dans les deux systèmes la vitesse du bâtiment pour une même force dépensée devrait être égale, et que si cette vitesse n'est pas la même, cette différence est entièrement due au frottement. Les expériences du *Bee* nous montrent que le rapport des vitesses procurées par la vis et les roues est :: 6.852 : 7.723 (1).

Les dépenses de force augmentant proportionnellement au cube des vitesses, ce rapport deviendra celui de $6.852^3 : 7.723^3$, ou 321.7 : 460.6, d'où 0.30 représentera la perte de force de la vis comparativement aux roues, perte de force résultant de la différence de frottement dans les deux systèmes, ou du frottement de la vis, si la perte des roues est de 0.25, y compris leur frottement.

Ainsi donc la perte de force de la vis est due à peu près également, dans le cas dont il s'agit, au recul de la vis et au frottement. Pour déterminer le recul le plus favorable, afin d'obtenir le minimum de perte absolue, il faudrait connaître les causes du frottement. Si, comme dans les corps solides, il était seulement dû à la pression, il est évident qu'il faudrait que le recul s'approchât autant que possible de zéro, puisque la pres-

sion ne changeant pas, le frottement, qui serait indépendant de la vitesse et de la surface d'action, ne changerait pas non plus, et on économiserait ainsi à peu près toute la force perdue par le recul. C'est d'après ces idées que furent entreprises les premières expériences de Bristol, mais les résultats prouvèrent qu'il n'en était pas ainsi, car on perdit de la vitesse par l'augmentation de diamètre et la réduction du pas de la vis primitive. (Voir notre mémoire, page 12.)

Il fut donc clairement démontré que si la pression exerçait de l'influence sur le frottement, la vitesse et les surfaces en exerçaient beaucoup davantage. Les expériences postérieures, rapportées par M. Galloway, l'ont autorisé à penser qu'il dépendait uniquement des surfaces et du carré des vitesses.

Puisque le frottement exerce une telle influence sur l'action de la vis, il est nécessaire de rechercher s'il existe un angle sous lequel les surfaces hélicoïdales subissent à un moindre degré cette influence. Soient trois bandes hélicoïdales fg', fg'', fg_1 , Fig. 74. Nous pouvons admettre que ces bandes soient assez étroites pour que les angles extrêmes soient sensiblement égaux aux angles milieu fg', fg'', fg_1 ; pour que ces bandes hélicoïdales successivement appliquées à un même bâtiment lui procurent la même vitesse, c'est-à-dire lui fassent parcourir une même distance dans un temps donné, il faudra que leur effet utile soit le même, et que, par conséquent, leurs composantes soient égales, puisque, multipliées par le chemin parcouru, facteur commun, elles représentent l'effet utile. Il sera toujours facile de rendre les composantes égales en augmentant convenablement les surfaces d'action qui entrent comme facteurs dans leur formation. Cette augmentation de surface peut être effectuée, soit en multipliant le nombre des vis, soit en augmentant leurs dimensions sans changer les angles, de manière que le nombre de tours du filet reste le même dans chaque vis.

L'effet utile étant le même pour chacune des fractions de vis fg', fg'', fg_1 , comme nous venons de le dire, et le rapport de cet effet à la force dépensée étant invariables pour toutes, il s'ensuit que cette dernière sera la même dans tous les cas ; de sorte que, s'il n'y avait pas de frottement, toutes les espèces de vis seraient également bonnes pour la propulsion d'un bâtiment, puisqu'elles le feraient toutes avancer d'une même quantité pour une même dépense de force.

Mais puisque l'expérience nous a démontré qu'il y avait frottement occasionnant une perte notable de force, il est évident qu'on devra donner la préférence à celle de ces bandes hélicoïdales qui en subira le moins l'influence ; et ce sera celle qui devra être adoptée dans la pratique, à moins de difficultés matérielles, que nous examinerons plus loin. Nous avons vu que si la vis agissait sur un corps solide, son frottement serait indépendant de la surface et de la vitesse, et seulement proportionnel à la pression ; mais que l'expérience a prouvé que, lorsqu'elle agit sur l'eau, il est possible que le frottement soit indépendant de la pression, mais qu'il dépend sûrement de la surface d'action et de la vitesse. Nous examinerons quelle serait dans ces différents cas sa valeur relative pour les angles fg', fg'', fg_1 , ainsi que pour les angles fg et fg_1 , et nous établirons $fg = 10^\circ$, $fg = 20^\circ$, $fg'' = 45^\circ$, $fg_1 = 70^\circ$, $fg_1 = 80^\circ$, Fig. 74 ; hauteur du pas $af = 100$; recul = $\frac{1}{4}$.

(1) Nous disions dans notre mémoire, page 14, que la vis de l'*Archimède* devait procurer une perte de vitesse de 0.12. On voit que l'expérience est venue confirmer ce que nous avançons, puisque $6.852 : 7.723 :: 88.7 : 100$.

Angles des bandes hélicoïdes.	Chemins parcourus.	Déplacements normaux.	Projection des déplacements.
10°.	$fg = 101.5$	$bc = 4.3$	$bd = 0.75$
20°.	$fg' = 106.5$	$b'e' = 8.6$	$b'd' = 2.9$
45°.	$fg'' = 141.4$	$b'e'' = 17.7$	$b'd'' = 12.5$
70°.	$fg_1 = 292.3$	$b_1e_1 = 23.5$	$b_1d_1 = 22.1$
80°.	$fg_2 = 575.9$	$b_2e_2 = 24.6$	$b_2d_2 = 24.2$

Il nous reste à déterminer les surfaces d'action de ces différentes fractions de vis; puisque nous avons dit que ces surfaces devaient être telles que les composantes à la formation desquelles elles concourent fussent tous égales, en appelant s, s', s'', s_1, s_2 , ces surfaces, nous devons avoir :

$$s \times bc \times bd = s' \times b'e' \times b'd' = s'' \times b'e'' \times b'd'' = s_1 \times b_1e_1 \times b_1d_1 = s_2 \times b_2e_2 \times b_2d_2.$$

Supposant $s' = 1$, et remplaçant par les valeurs numériques, nous aurons :

$$158.417 \times 4.3 \times 0.75 = 20.740 \times 8.6 \times 2.9 = 2.3445 \times 17.7 \times 12.5 = 1 \times 23.5 \times 22.1 = 0.8686 \times 24.6 \times 24.2.$$

Les surfaces seront donc :

Angles des bandes hélicoïdes.	10°.	20°.	45°.	70°.	80°.
Surfaces	158.417	20.740	2.3445	1	0.8686

Nous calculerons, d'après ces données, la valeur du frottement pour chacune des fractions de vis en supposant qu'il dépende :

1° De la pression seulement, comme pour les corps solides, et nous aurons :

Angles des bandes hélicoïdes.	10°.	20°.	45°.	70°.	80°.
Frottements	303	161	103	161	303

2° De la surface et du carré de la vitesse seulement :

Angles des bandes hélicoïdes.	10°.	20°.	45°.	70°.	80°.
Frottements	1657	250	66	250	1657

3° De la pression, de la surface et du carré de la vitesse (1) :

Angles des bandes hélicoïdes.	10°.	20°.	45°.	70°.	80°.
Frottements	4937	376	48	137	862

(1) Entièrement dépourvus d'expériences qui pussent nous conduire à déterminer les coefficients des diverses composantes du frottement, nous avons néanmoins adopté cette combinaison, pour démontrer, comme on le verra plus loin, que même dans ce cas, relativement le plus défavorable au frottement des roues, celui-ci est presque insignifiant comparativement au frottement de la vis, et qu'en outre, dans cette hypothèse, l'angle de 45° ne cesse pas d'être le plus favorable. Cependant les valeurs que nous obtenons ainsi ne représentent pas le frottement en fonction de la surface, du carré de la vitesse et de la pression; pour l'obtenir, il faudrait déterminer le frottement de l'unité de surface en fonction de la pression et du carré de la vitesse, affecter ce frottement partiel d'un coefficient variable avec la pression, lequel sera obtenu par les expériences du disque que nous indiquons plus loin, et en multipliant le résultat ainsi obtenu par la surface d'action, on obtiendra le frottement total en fonction du carré de la vitesse, de la pression et de la surface.

4° De la pression et du carré de la vitesse :

Angles des bandes hélicoïdes.	10°.	20°.	45°.	70°.	80°.
	30	18	20	138	992

On voit, d'après ces tableaux, que si le frottement dépend de la surface et du carré de la vitesse ou de la pression seulement, il augmente également à mesure qu'on s'éloigne de 45°, soit que les angles augmentent ou qu'ils diminuent; mais si le frottement dépend de la surface du carré de la vitesse et de la pression, les angles perdent davantage en diminuant qu'en augmentant. Le contraire a lieu si le frottement dépend de la pression et du carré de la vitesse seulement. On voit, en outre, que, quelles que soient les causes du frottement, l'angle de 45° est celui de tous qui en subit le moins l'influence (1). On peut, du reste, s'en rendre compte à l'inspection de la Fig. 74. On voit que c'est avec la vis de 45° que l'angle $g'fn$ est le plus grand, c'est-à-dire que c'est celle qui produira le plus grand effet propulsant pour une surface donnée. On remarquera qu'après une révolution et $1/4$ de la vis, fg'' ne doit pas occuper la position mn , mais bien la position nm' , puisque la vis s'est avancée de f en a de la quantité fa , pendant qu'elle s'est portée de f en m pendant le même temps; mais il n'était pas nécessaire pour notre calcul d'indiquer ces positions, qui auraient compliqué la figure inutilement.

Puisqu'il est démontré que l'angle de 45° est le plus favorable, il est évident qu'il serait avantageux de n'agir sensiblement qu'avec cet angle, au moyen d'une bande très-longue et très-étroite, formant un grand nombre de tours de filet, afin de présenter une surface d'action suffisante, ou un seul tour d'un très-grand diamètre. Mais ici se présente une première difficulté matérielle : si on adopte plus d'un tour du filet, les tours suivants auront peu d'action, parce qu'ils presseront une eau douée d'une trop grande vitesse; et, d'autre part, le diamètre ne peut guère excéder le tirant d'eau du navire. Il faudrait donc donner au bâtiment, en adoptant un genre de construction que nous indiquons plus loin, le plus grand tirant d'eau possible, tirant d'eau qui ne peut lui-même dépasser certaines limites, ce qui oblige de donner au filet de la vis, composée d'un seul tour, une largeur suffisante pour obtenir le recul convenable.

Mais cette bande hélicoïde doit être rattachée à l'axe, et plusieurs moyens ont été proposés pour atteindre ce but. Quels qu'ils soient, il est évident qu'ils doivent occasionner une certaine perte de force; il est donc important de rechercher celui d'entre eux qui présente le plus d'avantages, afin d'en conclure la meilleure forme de vis, matériellement possible : nous discuterons ces divers procédés; mais, pour cela, il est nécessaire que nous déterminions approximativement la valeur exacte du frottement de la vis et des causes qui le produisent.

D'après les expériences de Bristol et ce qu'en dit M. Galloway, il paraît que les mécaniciens anglais pensent que le frottement dépend de la surface et du carré de la vitesse seulement : pour notre part, nous supposons qu'il doit dépendre de la surface, du

(1) Excepté cependant dans le dernier cas; mais un tel frottement doit être affecté d'un coefficient que l'expérience peut seule procurer.

carré de la vitesse et de la pression. Nous examinerons donc la question en admettant l'une et l'autre hypothèse, et nous donnerons les moyens de vérifier par l'expérience celle qui devra être rejetée, de sorte que nos calculs trouveront dans tous les cas leur application.

Cherchons donc la valeur du frottement éprouvé par la vis du *Dee* dans les conditions que nous avons exposées. Pour cela, nous calculerons 1° la surface totale de cette vis (E); 2° le nombre qui, multiplié par cette surface, donnerait la somme des produits de ses éléments multipliés par les chemins respectivement parcourus par eux (F); 3° le nombre qui, multiplié par cette surface, donnerait la somme des produits des éléments par les carrés de leurs vitesses respectives (G). Nous aurons donc, appelant c le premier nombre, v^2 le second et s la surface de la vis :

$$s = 5.1526 \quad c = 5.511 \quad v^2 = 32.49$$

d'où nous obtiendrons pour valeur du frottement $s \times c \times v^2 = 922.58$, puisque nous le supposons indépendant de la pression.

Pour déterminer la valeur de ce frottement en fonction de la surface, du carré de la vitesse et de la pression, nous avons dû chercher (H) le nombre qui, multiplié par la surface totale, donnerait la somme des produits de tous les éléments de cette surface par leurs pressions respectives pour l'unité de surface. Appelant p ce nombre, nous aurons donc dans ce cas pour valeur du frottement :

$$F = 922.58 \times s \times p = 922.58 \times 5.1526 \times 0.739 = 3.512.97$$

Mais pour que ces deux frottements soient comparables aux frottements analogues des roues, nous devons les multiplier par un coefficient dépendant de la vitesse du navire. Dans les expériences du *Dee*, les roues ont procuré une vitesse de 4^m 743 par seconde; elle serait réduite à 4^m 268 avec la vis, puisque nous avons supposé entre les vitesses dans ces deux cas le même rapport que celui des vitesses du *Bee*; puisque la hauteur du pas de la vis égale 3^m 166, ce coefficient $K = 1.342$. Le premier frottement sera multiplié par K^2 , et le 2° par K , d'où résulte $s c v^2 K^2 = 1661.57$ et $s^2 c v^2 p K^3 = 11382.02$.

Nous n'ignorons pas qu'il a été démontré par l'expérience que le frottement résultant du mouvement circulaire d'une surface n'est pas le même que celui qui résulte du mouvement direct : dans la vis, ces deux mouvements se trouvent combinés de telle sorte pour les divers éléments, que les plus éloignés de l'axe se meuvent presque circulairement, tandis que ceux qui en sont le plus rapprochés ont un mouvement presque direct. Le mouvement général de la vis est donc une moyenne entre ces deux espèces de mouvements. Il s'ensuit que les expériences du disque ne pourraient procurer la valeur réelle des coefficients des diverses composantes du frottement, mais ils en donneraient le rapport, ce qui serait suffisant pour le but que nous nous proposons. On pourrait néanmoins y parvenir en comparant les résultats obtenus avec ceux des expériences faites par MM. Piobert, Morin et Didier sur les surfaces qui se meuvent directement dans l'eau. Nous ferons observer néanmoins que, dans l'expres-

sion de la valeur du frottement, ces messieurs ont introduit un coefficient constant, ce qui s'explique naturellement, puisqu'il paraît que la pression ne pouvait pas varier d'une manière sensible pendant les expériences. Nous persistons donc à penser que ce coefficient doit varier avec la pression, car, sans cela, la pression totale restant constante, l'étendue de la surface totale n'aurait pas d'influence sur la valeur du frottement.

Nous devons maintenant déterminer la valeur relative du frottement de la roue, dans les deux hypothèses précédentes.

Nous chercherons pour la moitié seulement du trajet cycloïdal d'une pale, la valeur du frottement en fonction de la surface et du carré de la vitesse (I).

Nous avons pour cette valeur 1.7070440.

Pour trouver le frottement, en fonction de la surface, du carré de la vitesse et de la pression, nous avons déterminé (K) la pression normale au centre d'effort, pour toutes les positions que nous avons considérées dans le calcul précédent : et nous avons obtenu pour le frottement $F = 5.0534432$.

Puisque nous avons établi à 1/4 le recul du bord extérieur de la pale, il s'ensuit que pour un tour de roue, le bâtiment avancera de 14^m 80; toutes les pales, au nombre de 32, auront donc, pendant ce temps, accompli leur trajet cycloïdal dans l'eau : le frottement que nous avons déterminé ne représentant que celui exercé pendant la moitié du trajet d'une pale, il s'ensuit que pour une distance de 14^m 80 parcourue, la valeur totale du frottement des roues sera 64 fois plus grande. Nous devons faire remarquer qu'il n'est pas parfaitement exact de comparer la pression des aubes de haut en bas à celle de bas en haut, c'est-à-dire de supposer la pression la même, dans la première moitié du trajet cycloïdal et dans la seconde; mais la différence qui peut exister influerait peu sur le résultat, et elle eût été presque impossible à déterminer.

Remarquons maintenant que la valeur du frottement trouvée pour la vis se rapporte à une révolution complète seulement; or, la hauteur du pas étant de 3^m 136 et le recul de 0.25, il s'ensuit que pour faire parcourir au navire la même distance de 14^m 80, il faudra que la vis accomplisse 6.300 révolutions. La valeur 1661.57 du frottement, en fonction de la surface et du carré de la vitesse, et celle 11282.02 en fonction de la surface, du carré de la vitesse et de la pression, trouvées pour une révolution, devront donc être multipliées par 6.300.

Si donc le frottement dépend de la surface et du carré de la vitesse seulement, le rapport entre celui des roues et celui de la vis est comme. 10467.89 : 109.25

S'il dépend de la surface, du carré de la vitesse et de la pression, il devient. 71706.73 : 323.42

On voit que le frottement de la roue est assez faible pour que nous ayons pu admettre qu'en donnant au *Dee* le recul le plus favorable, qui devait être celui du *Bee*, la perte totale des roues, y compris le frottement, pouvait ne pas excéder 0.25.

Nous admettrons aussi que la résistance directe éprouvée par les arêtes antérieures du filet est compensée par les résistances des cercles de la roue, les crochets et les arêtes des aubes; d'où nous concluons que la valeur du frottement de la vis du *Dee*

serait de 60 chevaux, c'est-à-dire 0.3 de la force de la machine.

Il est évident que si dans la valeur absolue du frottement de la vis en fonction de la surface, du carré de la vitesse et de la pression, on connaissait la valeur relative de $s \times c \times v^2$, on connaîtrait également celle de la pression. Si les renseignements qui nous ont été transmis par M. Galloway sur les expériences de Bristol avaient été assez détaillés, il est certain qu'en évaluant à 5 ch. le frottement du $1/2$ disque accomplissant 120 révolutions par minute, nous aurions pu déterminer le coefficient de ce frottement, puisqu'en procédant comme nous l'avons fait à l'égard de la vis pour trouver les valeurs de c et de v^2 , nous aurions facilement obtenu la valeur du frottement de un mètre carré traversant l'eau avec une vitesse de un mètre par seconde, frottement qui eût uniquement résulté de la surface et de la vitesse. Mais ces calculs, établis sur des bases inexactes, auraient pu nous conduire à des appréciations fort erronées, et de nature à faire condamner notre théorie par les personnes qui ne se seraient pas bien rendu compte de l'insuffisance de nos renseignements. Ainsi donc, à moins qu'on ne puisse se procurer d'autres détails ultérieurs, il conviendra de renouveler ces expériences.

Au lieu d'employer un demi-disque tournant autour de l'extrémité d'un rayon, il nous paraîtrait plus rationnel de se servir d'un disque entier, dont le point de rotation serait le centre. Les bords seraient tranchants, afin de rendre plus facile l'appréciation de la surface totale. On pourrait, en outre, s'assurer de l'influence de la pression sur le frottement, et en déterminer la valeur relative en faisant tourner le disque à différentes profondeurs sans changer l'axe le long duquel il glisserait. Il est clair que dans ces circonstances le disque éprouverait des pressions en rapport avec la profondeur de l'eau, et dont la valeur pourrait être parfaitement appréciée.

S'il était permis de compter sur l'exactitude absolue des résultats de ces expériences, ils seraient suffisants pour résoudre toutes les questions relatives aux diverses formes de vis, puisqu'ils procureraient les valeurs relatives de la surface, de la vitesse et de la pression, comme composantes du frottement. Mais il conviendra de procéder à d'autres expériences sur un bâtiment, ne fût-ce que pour confirmer l'exactitude de la théorie que nous exposons. On ne pourrait exactement se rendre compte sans cela du rapport réel qui existe entre l'action des roues et celle de la vis, ce qu'il est important de déterminer, afin d'être définitivement fixé à cet égard.

Le bâtiment destiné aux expériences sera d'abord mis en marche muni de roues à aubes, et on tiendra compte exactement :

- 1° Du recul des roues ;
- 2° De la vitesse ;
- 3° De l'immersion des pales, dont on mesurera avec soin les dimensions.

On remplacera les roues par une vis quelconque, mais construite autant que possible d'après les principes que nous exposerons, c'est-à-dire, ayant les bords tranchants, et l'angle de 45° moyen ou même un peu plus éloigné de l'axe, et la surface

parfaitement unie. Le bâtiment sera de nouveau mis en marche, et on tiendra exactement compte :

- 1° Du recul de la vis ;
- 2° De la vitesse du bâtiment.

Avec ces données et les précédentes, on calculera comme nous l'avons fait pour le *Dee* :

- 1° La surface de la vis ;
- 2° Le centre d'effort de l'une des pales dans diverses positions de son trajet cycloïdal ;
- 3° Le frottement de la vis et celui des roues en fonction de la surface et du carré de la vitesse ;
- 4° La valeur de la pression dans les deux cas ;
- 5° Le frottement de la vis et des roues en fonction de la surface du carré, de la vitesse et de la pression ;
- 6° On connaîtra d'abord la perte de force de la vis due au recul, puisqu'elle lui est égale ; mais il faudra, comme nous l'avons vu, la calculer pour la pale, dont le recul varie pour toutes les positions ; le rapport de ces reculs varie d'ailleurs avec le degré d'immersion des pales.

La perte de force due au déplacement de l'eau étant connue dans les deux cas, on en conclura la valeur de la perte occasionnée par le frottement. Puisqu'on aura déterminé d'avance le coefficient de la surface et de la vitesse, on reconnaîtra si la pression entre comme composante du frottement, et dans quel rapport. Ces derniers renseignements serviront à déterminer le recul à donner à la vis, et la position la plus favorable à assigner à l'angle de 45° .

Nous citerons un exemple, afin de mieux faire comprendre ce que nous venons de dire.

Supposons qu'on ait déterminé, par les expériences du disque, le coefficient du frottement dû à la surface et au carré de la vitesse.

Supposons, d'autre part, que la perte de force résultant du recul des roues ait été trouvée de 0.25, et que celle résultant du recul de la vis fût également de 0.25 ; que les roues aient procuré au navire une vitesse de 10 nœuds, et la vis seulement 8.88, la force de la machine étant de 200 chevaux.

Les forces dépensées étant comme les cubes des vitesses, la perte de la vis, comparativement aux roues, résultera du rapport de $10^3 : 8.88^3$ ou $1000 : 700$; elle sera donc de 60 chevaux, qui sera la différence entre le frottement des roues et celui de la vis. Admettons que la partie du frottement de la vis dû à la surface et au carré de la vitesse, dont nous connaissons le coefficient, soit de 60 chevaux, et de 2 chevaux pour les roues ; il en résultera que sur les 60 chevaux de perte, 2 proviendront de la pression. Mais nous pouvons trouver le rapport des pressions entre les roues et la vis ; supposons, en effet, que la surface d'action de la vis = 3 mètres carrés, la pression normale $p = 2$, et le chemin parcouru = 1, nous aurons $3 \times 2 \times 1 = 6$; supposons maintenant que la surface des roues = 15^m carrés, la pression = 1, et le chemin parcouru = $0^m 134$, nous aurons $15 \times 1 \times 0.134 = 2$. Les pertes résultant des pressions seront donc comme $6 : 2$ ou comme $3 : 1$. La perte de 2 chevaux étant la différence de ces deux nombres, il en résultera que la perte due à la

pression sur la vis sera de 3 chevaux ou $1/2$ cheval par mètre carré de surface parcourant un mètre de chemin avec une pression normale qui sera égale à 1. On connaîtra donc, non-seulement la valeur du frottement de la vis pour une surface, un recul et un déplacement donnés, mais encore la valeur de ses composantes; on en déduira le recul le plus favorable, ainsi que la position, à assigner à l'angle de 45° , en procédant comme nous l'indiquerons.

S'il résultait, au contraire des expériences, que le frottement fût indépendant de la pression, le recul le plus favorable resterait le même, mais l'angle de 45° devrait être l'angle moyen.

Si les résultats de ces expériences confirmaient les observations faites au moyen du disque, on pourrait déterminer avec certitude, à l'aide des formules que nous donnons, le genre de vis le plus favorable à la propulsion, puisqu'on pourrait apprécier rigoureusement les divers moyens qui ont été proposés pour rattacher à l'arbre la bande hélicoïde.

Cependant, avant de procéder à l'examen de ces moyens, nous devons faire mention de la division de cette bande en un nombre plus ou moins grand de segments. Cette disposition constitue la vis Delisle. M. Delisle, comme M. Ericson, fixait ces segments sur un tambour rattaché à l'arbre par un certain nombre de bras ayant les courbures hélicoïdes convenables, mais en nombre inférieur à celui des segments. Nous comprenons une semblable disposition pour les roues dont les pales, n'agissant pas toutes à la fois, exercent ainsi successivement leur effort sur la totalité des rayons, ce qui permet de donner à ceux-ci moins de force que s'ils n'étaient pas tous rendus solidaires au moyen des cercles. Mais dans la vis où tous les segments agissent ensemble, les bras doivent être d'autant plus épais qu'ils sont en moins grand nombre, de sorte qu'on perd en résistance directe une partie de la force économisée sur le frottement. Si on y ajoute le frottement du tambour, qui exerce une énorme pression dans les mouvements de tangage, on verra que cette disposition ne peut être avantageuse.

Nous préférons donc supprimer le tambour et rattacher chaque segment directement à l'arbre.

Voici les divers moyens proposés pour atteindre ce but :

1° Prolonger la vis jusqu'à l'arbre, mais effacer la surface comprise entre celui-ci et la surface agissante, de manière à ce qu'elle n'exerce aucune pression sur l'eau; ainsi, dans ce cas, la ligne fg' (Fig. 74) deviendrait fn . Il est évident que cet effet ne pouvant avoir lieu que pour un recul donné, il faudrait que cette direction se rapportât au moindre recul, afin que la surface ainsi effacée ne devînt, dans aucun cas, un obstacle à la marche.

Cette disposition serait évidemment défectueuse si le frottement dépendait seulement de la surface et du carré de la vitesse, puisque la surface étant à peu près la même que si elle concourait à la propulsion, on perdrait une quantité de force égale au frottement d'une partie de la surface agissante qui pourrait être supprimée si cette surface effacée produisait un effet propulsant.

Dans le cas où le frottement dépendrait de la surface du carré de la vitesse et de la pression, cette perte serait moins grande; mais pour qu'il y eût avantage, il faudrait que l'économie de force résultant de l'absence de pression sur la surface effacée,

fût plus grande que la perte due au frottement total de cette même partie de la surface agissante dont nous avons parlé.

Il suffira, pour s'en assurer, de calculer, au moyen des données d'expériences qu'on aura obtenues, la valeur du frottement qui résulterait de la pression sur la surface effacée, si elle ne l'était pas, et celle du frottement total sur la partie mentionnée de la surface agissante; nous avons indiqué la marche à suivre à cet égard, qui ne présenterait aucune difficulté.

2° Le système de M. Hunt, que nous avons déjà exposé, se réduit à rattacher les segments hélicoïdes au moyen de bras qui ont les courbures convenables, et qui se rétrécissent en devenant plus épais à mesure qu'ils se rapprochent de l'arbre. Cette disposition nous semble bien entendue, en ce sens que ces bras ont plus de largeur et moins d'épaisseur aux points où la perte par frottement est la moins considérable et où celle par résistance directe est la plus forte, tandis que le contraire a lieu près de l'axe, où précisément les bras diminuent en surface et augmentent en épaisseur.

3° Enfin la vis Sauvage est aussi un moyen de rattacher la bande hélicoïde à l'axe.

Il est évident *à priori*, que, sous le rapport du frottement, cette vis offrira une perte de force plus considérable qu'une bande agissant à une plus grande distance de l'axe, puisque les angles extrêmes différeront extrêmement de l'angle de 45° que nous avons reconnu beaucoup plus favorable, tandis que dans la bande hélicoïde, ces angles en différeront d'autant moins, qu'elle sera plus éloignée de l'axe; cette perte ne sera balancée que par celle résultant de l'action des bras rattachant la bande à l'arbre; mais cette dernière perte de force nous paraît devoir être moindre, et il résultera toujours pour la bande ou vis évidée l'avantage de pouvoir être mise en mouvement par l'action directe de la machine.

Pour reconnaître d'ailleurs de quel côté se trouve l'avantage, il suffira de procéder comme dans le cas précédent, c'est-à-dire, déterminer la surface totale de la vis pleine et celle de la vis évidée plus celle des bras, et chercher la valeur du frottement exercé sur chacune d'elles. Il faudra ajouter la résistance directe des bras au frottement de la vis évidée; mais en adoptant la disposition indiquée col. 512, cette résistance directe sera bien peu considérable.

DU RECU DE LA VIS.

Puisque le frottement dépend des surfaces et des vitesses, la quantité de recul la plus avantageuse à donner à la vis doit dépendre de la valeur de ce frottement. Si, abstraction faite de la pression, nous supposons, dans une vis quelconque, le recul et le frottement chacun de $1/4$ ou 0.25, le recul le plus favorable serait de 0.3162. En effet, dans ce cas la surface de la vis, et par conséquent le frottement, est réduite de $3/8$, c'est-à-dire que le frottement qui était 0.25 est devenu 0.1562; de sorte que la somme des pertes auparavant égale à 0.50, n'est plus que 0.4724 (1); en réduisant la surface de moitié, la somme

(1) Supposons la surface de la vis = 8 et le recul 0.25 = 2. La résistance

des pertes devient 0.4787. Mais cette réduction nous semblerait préférable, parce que les segments sont ainsi plus espacés et que la vis est d'autant plus légère. Cette diminution, au lieu de porter sur la longueur du filet, pourrait d'ailleurs porter sur la hauteur, d'où résulterait l'avantage d'agir avec des angles plus rapprochés de celui de 45° .

Il est évident que ce recul devra être d'autant moins grand que le frottement sera plus petit, ce qu'on obtiendra par des moyens pratiques que nous allons indiquer.

Nous ferons néanmoins observer que, si la pression entre dans la composition du frottement, ce recul devra être relativement moindre, puisque nous avons dit que celui-ci devrait être sensiblement égal à 0, si le frottement dépendait uniquement de la pression.

MODIFICATIONS A APPORTER A LA VIS.

Tous les marins savent quelle grande influence exerce sur la marche d'un navire, un doublage en cuivre plus ou moins neuf, plus ou moins propre. La vis, dont certaines parties traversent l'eau avec trois à quatre fois la vitesse du bâtiment, doit nécessairement être soumise à cette influence à un haut degré : il conviendrait donc de la polir parfaitement et même de l'étamer ou de la zinguer, si elle était en fer, de manière à lui donner la surface la plus unie possible. L'étamage ou zinguage contribuerait en outre à sa conservation.

Dans une expérience récente faite à Toulon, on a trouvé, entre la résistance d'une carène malpropre et celle d'une carène nettoyée d'un bâtiment à vapeur de 160 chevaux, le rapport de 19 à 12.

En second lieu, on sait que les façons des navires en diminuent beaucoup la résistance directe, qui n'est moyennement que le 17° de la surface de la section immergée. Il y aura donc avantage à effiler autant que possible les bords des segments perpendiculaires à l'axe ; et il est également rationnel d'effiler le bord extérieur, puisque la somme des efforts exercés agit principalement près de l'arbre. Cette disposition sera surtout avantageuse pour la vis à plusieurs segments, qui présente un plus grand nombre d'arêtes à la résistance directe. Nous voudrions donc que les segments fussent absolument tranchants sur tous les bords, de sorte que la plus forte épaisseur de métal fût près de l'arbre et au milieu. On agirait de même à l'égard des bras qui rattachent le segment à l'arbre ; mais il est évident qu'il ne faudrait nullement altérer la forme des segments à la face destinée à faire marcher le navire en avant. Tous ces changements devraient porter sur la face qui agit lorsque le navire marche en arrière, car il est peu important que le navire déploie toute la vitesse possible dans cette direction. Les Fig. 77 et 78 indiquent ces

sur l'eau sera $8 \times 2^3 = 32$. Si la vis est réduite à une surface = 5, le recul sera 2.53, puisque $5 \times 2.53^2 = 32$. Ainsi donc le recul sera devenu $\frac{0.25 \times 2.53}{2} = 0.3162$

La perte résultant du frottement étant aussi 0.25 deviendra $\frac{0.25 \times 5}{8} = 0.1562$, donc la perte totale = $0.3162 + 0.1562 = 0.4724$.

modifications. Peut-être serait-il avantageux de donner à la base des bras, et jusqu'à une certaine distance à partir de l'arbre, la forme olive (qui est ponctuée dans la figure), en effaçant cette partie comme l'indique M. Galloway ; on éviterait ainsi la perte résultant du vide formé par l'eau à l'arrière des bras. Nous avons représenté le segment très-épais et très-court, afin qu'on pût mieux saisir notre idée. La ligne hélicoïde ponctuée est celle qui disparaîtrait.

Nous devons faire remarquer ici que, s'il était utile de diminuer d'une certaine quantité le recul de la vis d'un bâtiment ayant un tirant d'eau donné, comme on ne peut employer qu'un seul tour du filet d'une part, et que d'une autre part le diamètre ne peut pas beaucoup excéder le tirant d'eau, on pourrait se trouver obligé d'adopter la disposition recommandée par M. Taurines, c'est-à-dire diminuer le pas de la vis en augmentant proportionnellement sa vitesse. Il suffit, pour s'en convaincre, de considérer (Fig. 74) que la surface de la bande de 70° étant 1, son diamètre sera 0.318, tandis que pour le même recul la bande de 20° devrait avoir une surface de 20.74 et un diamètre de 2.23. Dans ce cas, le pas de la vis, et par conséquent son recul, ne devraient être diminués que jusqu'à une limite telle que les avantages résultant d'un moindre recul ne fussent pas plus que compensés par l'augmentation du frottement due à une forme de vis moins avantageuse, comme l'ont d'ailleurs prouvé, outre les calculs que nous avons présentés, les expériences de Bristol citées dans notre premier mémoire, page 12. Mais, dans les circonstances ordinaires, on pourra toujours donner au bâtiment une différence de tirant d'eau telle, qu'on puisse faire usage de la forme de vis la plus avantageuse, en se bornant à un seul tour de filet.

Nous venons de dire que le diamètre de la vis ne devait pas beaucoup excéder le tirant d'eau du bâtiment, d'où l'on peut en conclure que nous admettons qu'il puisse l'excéder dans une certaine proportion. Il résulte en effet d'expériences faites en Amérique, que la partie supérieure de la vis peut être un peu émergée, sans empêcher pour cela le navire de gouverner droit. On le comprendra facilement si on considère combien est faible, en effet, la composante latérale des parties de la vis situées près du bord extérieur. Il ne faudrait pas cependant excéder certaines limites, et nous pensons que le bâtiment à vis dont les machines sont construites par M. Pauwels, et dont les segments hélicoïdes ont 50 centimètres de hauteur au-dessus du tambour, pourra éprouver une certaine tendance à dévier de la route lorsque ces segments seront émergés de 30 centimètres, ce qui arrivera quelquefois.

POSITION DE L'ANGLE DE 45° .

Cherchons maintenant quelle doit être la position de l'angle de 45° dans la bande hélicoïde : si le frottement ne dépend que de la surface et du carré de la vitesse, il doit être moyen entre les deux angles extrêmes, c'est-à-dire que la demi-somme de ces angles doit être de 45° . Cet angle ne doit donc pas être confondu avec l'angle milieu dont nous avons donné la définition au commencement de notre mémoire. Dans la vis pleine de M. Sauvage,

l'angle intérieur serait déterminé par la grosseur de l'arbre; ainsi, pour une vis dont l'arbre aura 345 millimètres de diamètre et 3.136 mètres de longueur, l'angle du premier élément tangent à l'arbre sera de 20° (1); il faudrait donc que l'angle extérieur fût de 70°, de sorte qu'on eût $\frac{70 + 20}{2} = 45^\circ$

Si, comme nous le pensons, la pression entre dans la composition du frottement, l'angle de 45° devra peut-être s'éloigner un peu plus de l'axe que dans les cas précédents, mais sa position ne pourra être exactement déterminée que lorsqu'on aura obtenu, au moyen des expériences du disque, les coefficients des diverses composantes du frottement. Du reste, on remarquera qu'en portant l'angle extérieur jusqu'à 70°, angle déjà très-défavorable, nous avons raisonné dans cette hypothèse, qu'il valait mieux subir cet inconvénient que de donner à la vis plus d'un tour entier; mais il est évident qu'il doit y avoir entre la perte résultant du frottement et celle résultant de la vitesse relative imprimée à l'eau un rapport que l'expérience peut faire connaître, lequel permettrait de déterminer la relation qui doit exister entre l'angle extérieur et la longueur du filet.

Nous pensons que l'angle extérieur ne devrait jamais excéder 60°. À l'égard des angles rapprochés de l'arbre, dans la vis pleine, leur action nuisible ne peut être atténuée qu'en échancrant plus ou moins cette partie de la vis, modification qui est la base du système de M. Hunt.

VIS À ÉCHELONS.

Nous avons dit que si on se trouvait obligé de diminuer le recul d'un bâtiment ayant un faible tirant d'eau et une seule vis, on pourrait être contraint à donner au filet une inclinaison qui ne serait pas la plus favorable. Il nous semble qu'on pourrait obvier à cet inconvénient en allongeant l'arbre de la vis de manière à placer les segments en échelons comme on le voit *Fig. 76*; en doublant la longueur de l'arbre d'une vis composée de quatre segments, on peut augmenter sa surface de 1/3, sans rien changer au diamètre ni à l'action des segments, en les disposant de telle sorte qu'au lieu de se trouver à même hauteur comme auparavant, on les fasse avancer chacun de 1/3 de la longueur de l'arbre primitif. Ce moyen pourrait être adopté généralement, car il permet de faire agir les segments dans une eau moins agitée, si on les échelonne ainsi sans les augmenter, et il ne présente d'autre inconvénient que d'occuper plus d'espace en longueur.

Mais il serait plus avantageux d'augmenter les segments de manière à former dans le cas dont il s'agit un tour et un tiers de filet, ce qui permettrait de diminuer d'autant leur hauteur, et par conséquent de se rapprocher davantage de l'angle de 45°; il s'ensuivrait en outre qu'on pourrait diminuer d'autant le tirant d'eau du bâtiment: on conçoit en effet que si les segments avaient 60 centimètres de hauteur, et que cette hauteur fût réduite à

30 centimètres, l'angle de 45° ne variant pas, le diamètre de la vis serait diminué de 44 centimètres, sans que la longueur du pas eût été changée. Bien que dans la figure nous ayons fixé les segments sur un tambour pour plus de simplicité, nous le supprimerions si nous exécutions la vis.

EXPÉRIENCES.

Nous avons vu que les expériences faites avec un bâtiment sur une vis quelconque, non-seulement suffiraient pour donner les moyens de déterminer la forme la plus avantageuse de ce genre de propulseur, mais que les expériences faites avec un disque rempliraient également ce but si on pouvait ajouter entièrement foi à des essais hydrodynamiques quelconques qui n'ont pas un rapport absolu avec la question que l'on considère.

Cependant les frais que pourraient entraîner des expériences directes sur les différents genres de propulseurs, lorsque le bâtiment aurait déjà été disposé pour un premier essai, sont si minimes, qu'on serait inexcusable de ne pas examiner la question à fond. Il serait donc convenable de comparer la vis pleine qui aurait servi aux essais indiqués page 62, avec une vis évidée dont l'angle de 45° serait situé d'une manière analogue, et dont le recul devrait être le même. Comme, dans une question aussi compliquée, la surface déterminée par le calcul pourrait ne pas remplir le but proposé, il serait prudent de se tenir au-dessus de la limite, en donnant plus de hauteur aux segments, qu'on diminuerait, s'il était nécessaire, mais de manière à conserver à l'angle de 45° sa position relative.

Les deux vis devraient avoir toutes deux un tour entier ou un peu moins, mais conserver le même rapport à cet égard.

Les engrenages devraient être calculés de manière à ce que la machine donnât le même nombre de coups de piston pour les deux roues et qu'avec ce même nombre de coups de piston, la vitesse du bâtiment restât la même: ce serait par la détente de la vapeur qu'on pourrait s'assurer de la différence d'action des deux vis: c'est, selon nous, le moyen le plus exact.

Si, contre notre opinion, il résultait des essais que la vis évidée eût un désavantage marqué sur la vis pleine, il y aurait lieu de décider si ce désavantage n'est pas compensé par la suppression des roues dentées, indispensables quand on fait usage de la vis pleine. Si le désavantage était léger, il pourrait disparaître avec l'engrenage, qui doit occasionner une certaine perte de force, et qui n'est pas nécessaire pour la vis évidée. Ces essais terminés, on pourrait essayer l'influence sur la vitesse du plus ou moins grand fractionnement du filet; et il serait convenable d'essayer les surfaces concaves proposées par M. Taurines, bien que nous craignons que l'augmentation du frottement ne compense et au delà l'avantage qui résulte d'une surface évidemment plus résistante. Il serait aussi fort intéressant d'essayer des vis dont les bras auraient, sur toute la longueur, la forme olive indiquée par les lignes ponctuées, *Fig. 78*. Si ces bras ne présentaient pas beaucoup plus de résistance que les autres, ils seraient préférables, car ils permettraient de rendre les segments amovibles en les construisant d'une manière analogue aux segments d'essai des *Fig. 13* et *14*. On pourrait ainsi remplacer la

(1) Le diamètre qu'il est nécessaire de donner à l'arbre de la vis pour qu'il ait une force suffisante portera toujours à environ 20° l'angle des éléments les plus rapprochés.

vis ordinairement en usage, par une autre d'un pas plus petit, lorsqu'on aurait à lutter contre le mauvais temps ou à remorquer un autre bâtiment, circonstances dans lesquelles la vis d'un moindre pas produirait un effet analogue au changement d'engrenage dont nous avons montré les avantages dans notre premier mémoire.

RÉSUMÉ.

En résumé, il résulte de ce que nous venons d'établir :

1° Qu'une partie de la perte de force est due au déplacement de l'eau ; que cette perte ne dépend pas d'un déplacement plus ou moins oblique de l'eau par les diverses parties de la surface de la vis, mais qu'elle est la même, quel que soit l'angle formé avec l'axe par le développement des éléments, ceux-ci ayant tous le même recul, et la perte de force étant dans tous les cas égale au recul ; que, par conséquent, s'il n'y avait pas de perte de force résultant du frottement, toutes les formes de vis seraient également avantageuses.

2° Que l'autre partie de la perte de force est due au frottement, c'est-à-dire à la résistance que la vis éprouve à traverser l'eau. Si cette résistance dépendait de la pression seulement comme dans les solides, le recul devrait être sensiblement réduit à zéro, ce qu'on obtiendrait par l'augmentation des surfaces, ou en rapprochant l'angle extérieur du filet de la perpendiculaire à l'axe, en donnant en même temps à la vis une augmentation de vitesse proportionnelle. Mais le frottement dépendant de la surface et du carré de la vitesse, il existe une relation entre celui-ci et le recul, qui produit un minimum de perte absolue.

3° Que le recul doit être d'autant plus grand, que la perte relative par le frottement des surfaces est plus considérable.

4° Qu'il résulte des expériences du *Bee* que, dans ses conditions actuelles, la vis de l'Archimède fait perdre 0.25 par le recul et 0.30 par le frottement, si on admet que dans les circonstances les plus favorables la perte totale des roues, y compris le frottement des pales, puisse être réduite à 0.25, ce qui nous paraît évident.

5° Que par conséquent la vis fait perdre 0.30 de la force, comparativement aux roues ; mais cette perte reste constante dans toutes les circonstances, tandis que celle des roues augmente considérablement par suite de l'immersion ou des mouvements du bâtiment.

6° Que la perte de force des roues, résultant de leur construction même, ne peut descendre au-dessous d'une limite déterminée, tandis que celle de la vis qui ne dépend que du frottement, diminuera avec celui-ci.

7° Que la diminution du frottement de la vis sera d'autant plus grande qu'on agira avec des surfaces plus unies et dont les angles se rapprocheront davantage, toutes choses égales d'ailleurs,

de celui de 45°. On est en droit d'espérer que lorsque la vis sera arrivée à son état de perfection, la perte totale sera réduite à 0.40, qui est bien certainement la moyenne perte des meilleurs bâtiments à roues, puisqu'il résulte des calculs de M. Mornay qu'en *eau calme* la perte de force du Salamander était de 0.42 à l'immersion de 3 pieds au-dessus du bord intérieur de la pale verticale.

8° Que dans la vis évidée, l'angle de 45° pourra être moyen entre les angles extrêmes des segments de la bande hélicoïde, mais que, pour la vis pleine, cet angle devra s'éloigner davantage de l'axe et d'une quantité que l'expérience pourra seule déterminer ; qu'il sera également utile de rechercher s'il y aurait avantage à échancre la surface de la vis voisine de l'arbre, et jusqu'à quel point cette surface devrait être échancrée.

9° Qu'il suffira des expériences faites avec le disque, pour déterminer la valeur des composantes du frottement, et décider la question entre la vis pleine et la vis évidée.

Ainsi donc, et nous ne saurions trop insister sur ce point fondamental de la théorie que nous avons exposée, la perte de force ne dépend pas de la manière plus ou moins oblique dont l'eau est déplacée par les divers éléments de la vis, puisque le rapport de la force dépensée à l'effet utile est toujours le même, mais de la plus ou moins grande quantité de frottement à laquelle sont soumis ces éléments, pour produire un effet propulsant donné : d'où il suit que c'est l'angle de 45°, et non celui qui s'approche le plus de la perpendiculaire à l'axe, qui est le plus favorable.

L'opinion contraire, généralement reçue jusqu'ici en opposition avec les résultats de l'expérience, ne pouvait que retarder les progrès de la question, car elle empêchait d'aller rechercher le mal à sa source et d'y porter remède.

Nous nous sommes borné à comparer l'action de la vis à celle des roues à aubes fixes, car il est évident qu'on déduira facilement le rapport qui existe entre la vis et les roues à aubes mobiles de celui que nous avons déterminé entre la vis et la roue à aubes fixes, lorsqu'on connaîtra celui qui existe entre les deux genres de roues.

On a vu qu'en l'absence de certaines données d'expérience qui nous étaient indispensables, auxquelles ne sauraient suppléer les recherches les plus patientes et les plus assidues, nous n'avons pu traiter la question des propulseurs d'une manière aussi complète que nous l'eussions désiré.

Nous avons l'intention de solliciter du gouvernement la mise à exécution des expériences du disque que nous avons indiquées, en fournissant d'ailleurs tous les détails d'exécution nécessaires. Si notre demande est favorablement accueillie, nous ferons connaître dans un appendice les résultats qui auront été obtenus, et qui nous permettront de combler la lacune que nous avons été obligés de laisser dans cet ouvrage.

NOTES DES ÉTUDES THÉORIQUES.

NOTE A.

Considérons un cylindre droit dont la hauteur et le rayon seront donnés, et traçons sur sa surface une ligne courbe quelconque aboutissant aux deux extrémités de ce cylindre. De tous les points de cette ligne abaissons des perpendiculaires sur l'axe; on formera ainsi une surface courbe. Si ce cylindre, après avoir été évidé, de manière à mettre à nu cette surface, est placé à l'arrière d'un bâtiment, dans le sens de la quille, et vient à tourner autour de son axe avec une vitesse suffisante et dans un sens dépendant de la courbe, on conçoit que cette surface éprouvera une résistance qui pourra faire marcher le navire. Il s'agit de déterminer la grandeur de cette résistance et la quantité de travail nécessaire pour la produire.

Pour cela, prenons trois axes rectangulaires, *Fig. 71*, *OA, OB, OC*, dirigés de manière que *OC* coïncide avec l'axe du cylindre, et *OA* avec le rayon de la base passant par un des points extrêmes *A*. Soit *u* l'angle que le plan passant par l'axe et un point *M* de la surface fait avec le plan *COA*, faisons *OP = r* et *MP = z*. Le point *M* sera ainsi connu de position, au moyen de l'angle *u*, de sa distance *r* à l'axe, et de sa hauteur *z*. Pour fixer les idées, on supposera qu'à partir du point *A*, on a tracé une courbe convexe par rapport à la circonférence de la base et aboutissant à l'autre point donné. Dans l'hélice, l'angle formé par sa tangente en un point quelconque, et la tangente au même point de la circonférence du cylindre, est constant. Dans les autres courbes il sera variable; la tangente de cet angle sera représentée par $\left(\frac{dz}{r du}\right)$. Lorsque le cylindre tournera dans le sens de la flèche *f*,

l'impulsion produite par la résistance sera dirigée suivant la flèche *f'*. Cela posé, soient *m* un élément de la surface courbe représenté dans la *Fig. 72* par *ss'*; *k k'* une ligne normale à cet élément; *MI* la direction de la vitesse de rotation du point *M*, laquelle sera égale à *i r*, en désignant par *i* la vitesse angulaire égale à $\frac{2\pi n}{60}$, *n* étant le nombre de

tours dans une minute. Soit *v* la vitesse du navire dirigée suivant *MN*, et *c* l'angle que la tangente au point *M* de la courbe fait avec celle menée à la circonférence passant par ce point. L'élément *m*, animé de la vitesse de rotation et de celle du bâtiment, frappera l'eau avec une vitesse normale relative égale à $i r \sin c - v \cos c$, et, pour qu'il y ait choc en sens contraire du mouvement du bâtiment, il faudra que l'on ait $i r \sin c > v \cos c$, sans quoi l'élément *m* retarderait la marche du navire. Cet élément, en désignant par *K* la résistance de l'eau correspondante à l'unité de surface et de vitesse, supportera suivant *MK* une résistance égale à $K m (i r \sin c - v \cos c)^2 = f$, *f* étant la résistance normale éprouvée par *m*. La composante de cette force parallèle à *MN*, c'est-à-dire à l'axe du cylindre, sera $f \cos c$. Nous désignerons par *R* la somme de ces composantes étendue à toute la surface. Ce sera cette force qui produira le mouvement du bâtiment. Soit *P* le travail de la force mouvante. Cette quantité de travail sera absorbée par la résistance normale; elle sera ainsi égale à la somme des résistances

normales de chaque point, multipliées respectivement par les projections, sur les directions de ces forces, des vitesses de rotation de ces points. Si *T* représente la résistance du navire, on voit que, lorsque son mouvement sera devenu uniforme, on aura, *S* étant le signe somme, $T = R$; $R = S f \cos c$; $P = S f i r \sin c = S f \cos c i r \tan c$ et,

à cause de $\tan c = \frac{dz}{r du}$, on aura $P = \int \frac{i dz}{du} dR$. Dans l'hélice $\frac{dz}{du}$

est constant. En effet si *l* est la hauteur de la courbe et *u'* l'angle formé par le plan passant par l'axe et le deuxième point extrême avec le plan

COA, on a $\tan c = \frac{l}{ru'}$ et $\frac{dz}{du} = \frac{l}{u'}$ alors il vient $P = \frac{il}{u'} R$.

Dans le cas général, *ds* étant un élément de la courbe à la distance *r*,

on a $m = dr ds$; $ds = r du \sqrt{1 + \frac{dz^2}{r^2 du^2}}$ et, à cause de

$\cos c = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{dz^2}{r^2 du^2}}}$, on aura $ds = \frac{r du}{\cos c}$, d'où

$$f = k r dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2 \cos c, \text{ c'est}$$

$$R = K \iint \frac{r^3 dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2}{r^3 + \frac{dz^2}{du^2}}$$

$$P = i K \iint \frac{r^3 dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2 \frac{dz}{du}}{r^3 + \frac{dz^2}{du^2}}$$

Ces intégrales doubles devront être prises depuis *u = 0* jusqu'à *u = u'*, et depuis *r = 0* ou *r = b* jusqu'à *r = a* suivant que la surface sera pleine ou d'un filet égal à *a - b* en largeur.

Nous considérerons en premier lieu la vis de l'Archimède, pour laquelle on a $\frac{dz}{du} = \frac{l}{u'}$; dans ce cas la quantité $i \frac{dz}{du}$ égale à $i \frac{l}{u'}$ sera constante pour tous les éléments de la vis. Dès lors, si elle est plus grande que *v*, tous les éléments, même les plus rapprochés de l'axe, choqueront l'eau d'une manière utile à la marche du bâtiment, malgré leur faible vitesse de rotation, et loin de la retarder, comme le pense M. Mellet dans ses notes sur l'ouvrage de M. Tredgold, ils contribueront à son mouvement. Il n'est donc pas nécessaire d'évider l'intérieur de l'hélice de manière à n'avoir qu'une bande hélicoïde, dont tous les filets aient sensiblement la même vitesse, et il sera plus simple d'avoir une vis en-

tièrement pleine. En faisant $u' = 2\pi$, ce qui revient à supposer que l'on prend un seul pas de vis, on devra avoir :

$$\frac{il}{2\pi} > v \text{ ou } l > \frac{v}{n'} \text{ en posant } n' = \frac{n}{60}.$$

Ainsi, pour que la vis fasse marcher le bâtiment, il faut que la hauteur du pas soit plus grande que le chemin parcouru par le navire pendant une révolution entière de l'hélice, et il sera toujours possible de satisfaire à cette condition en augmentant convenablement la vitesse de rotation de l'appareil.

Dans le cas de l'hélice, il viendra pour R :

$$R = K \left(\frac{il}{u'} - v \right)^2 \iint \frac{r^3 dr du}{r^2 + \frac{l^2}{u'^2}}$$

$$R = Ku'^3 \left(\frac{il}{u'} - v \right)^2 \int \frac{r^3 dr}{u'^2 r^2 + l^2};$$

en intégrant depuis $r = 0$ jusqu'à $r = a$, on aura :

$$R = K \left(\frac{il}{u'} - v \right)^2 \left[\frac{u' a^2}{2} - \frac{l^2}{2u'} L \left(1 + \frac{u'^2 a^2}{l^2} \right) \right].$$

L étant la caractéristique des logarithmes népériens.

Si e représente l'angle de l'hélice extrême, et l la hauteur du cylindre, on aura $\tan e = \frac{l}{au'}$. Lorsqu'on prendra une révolution entière, on fera $u' = 2\pi$. Pour une demi-révolution, $u' = \pi$, etc. En faisant $h = \frac{il}{u'}$, on aura $h = ia \tan e$ et $P = Rh$.

$$R = \frac{Ku' a^2}{2} (1 + \tan^2 e L \sin^2 e) (ia \tan e - v)^2.$$

$\frac{u' a^2}{2}$ est la projection de la portion de vis que l'on considère sur un

plan perpendiculaire à l'axe de la surface. Soit $A = \frac{u' a^2}{2}$, $g = 1 + \tan^2 e L \sin^2 e$, g est une quantité fractionnaire qui diminue lorsque e augmente, ainsi qu'il est facile de le voir. En effet,

$$L \sin^2 e = L(1 - \cos^2 e) = -\cos^2 e \left(1 + \frac{\cos^2 e}{2} + \frac{\cos^4 e}{3} + \text{etc.} \right),$$

d'où

$$g = 1 - \sin^2 e \left(1 + \frac{\cos^2 e}{2} + \frac{\cos^4 e}{3} + \text{etc.} \right),$$

pour $e = 0$, $g = 1$; $e = 90^\circ$, $g = 0$; on voit par là que la quantité g diminue à mesure que e devient plus grand. L'effet de la vis est donc le même que celui d'une surface normale Ag , qui se ment dans l'eau en sens contraire du bâtiment, avec une vitesse égale à $ia \tan e$. En désignant par K' la résistance du navire pour l'unité de vitesse, on aura : $T = K'v^2$, et à cause de $T = R$, il viendra $K'v^2 = KAg(ia \tan e$

$$- v)^2, \text{ d'où l'on déduit : } v = \frac{ia \tan e}{1 + \sqrt{\frac{K'}{KAg}}} \text{ et } P = \left(1 + \sqrt{\frac{K'}{KAg}} \right)$$

$$K'v^3 \text{ ou } P = \frac{i^3 a^3 \tan^3 e}{\left(1 + \sqrt{\frac{K'}{KAg}} \right)^2}$$

La deuxième formule nous montre que, dans le cas de P constant, le bâtiment gagnera en vitesse lorsqu'on diminuera l'angle e ; en même temps il faudra que i augmente; ce que l'on démontre facilement à l'aide de la troisième équation. On voit de même que, pour obtenir une vitesse donnée, P décroîtra avec l'angle e (1).

NOTE B.

Rapport de l'effet utile au travail dépensé dans l'emploi de la Vis.

$$R = K \iint \frac{r^3 dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2}{r^2 + \frac{dz^2}{du^2}}$$

$$P = iK \iint \frac{r^3 dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2 \frac{dz}{du}}{r^2 + \frac{dz^2}{du^2}}; \text{ mais dans la vis}$$

$$\frac{dz}{du} = \frac{l}{u'}, \text{ donc } P = i \frac{l}{u'} K \iint \frac{r^3 dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2}{r^2 + \frac{dz^2}{du^2}}$$

pour avoir le travail utile, il suffit de multiplier R par v , qui est la vitesse du bâtiment. Désignons par E ce travail utile, il viendra :

$$E = vK \iint \frac{r^3 dr du \left(i \frac{dz}{du} - v \right)^2}{r^2 + \frac{dz^2}{du^2}};$$

le rapport du travail utile au travail dépensé sera, par conséquent

$$\frac{E}{P} = \frac{vu'}{il}, \text{ et en faisant } u' = 2\pi, \frac{E}{P} = \frac{2\pi v}{il}.$$

Supposons que l'espace parcouru par le navire pendant une révolution de la vis soit égal aux trois quarts du pas de la vis, on aura la proportion

$$ir : 2\pi r :: v : \frac{3}{4} l \text{ d'où } v = \frac{ir \times \frac{3}{4} l}{2\pi r}$$

$$\text{et enfin } \frac{E}{P} = \frac{3}{4}.$$

(1) Nous devons prévenir que lorsque nous parlons de la diminution ou de l'augmentation des angles du filet, nous entendons le contraire de ce que dit ici l'auteur.

NOTE C.

Recherche du centre de pression des pales.

Nous aurons deux cas à considérer : 1° le cas où la palette n'est plongée qu'en partie dans l'eau ; 2° le cas où elle est entièrement plongée, *Fig. 75*.

Soit y , l'angle que fait la pale avec la verticale, posons $om = a$ $on = r$, la portion de la pale plongée dans l'eau sera égale à $a - \frac{r}{\cos y}$.

Considérons un élément de cette pale et désignons par x sa distance au centre o de la roue, et par dx sa hauteur ; soit v la vitesse du bâtiment : la pression exercée par cet élément sur l'eau sera proportionnelle à sa surface et au carré de la vitesse normale relative : sa surface est $dx (1)$, sa vitesse normale relative $ix - v \cos y$, i désignant la vitesse angulaire.

Nous supposons que la vitesse du bâtiment soit les $3/4$ de la vitesse du bord extérieur de la roue, c'est-à-dire, $\frac{3}{4} ia$.

La vitesse relative sera $i \left(x - \frac{3}{4} a \cos y \right)$ et la force avec laquelle l'élément pressera l'eau pourra être représentée par $i^2 \left(x - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 dx$.

En intégrant depuis $x = \frac{r}{\cos y}$ jusqu'à $x = a$ on aura la pression exercée par toute la pale : cette pression totale sera donc

$$i^2 \int_{\frac{r}{\cos y}}^a \left(x - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 dx.$$

Soit maintenant z la distance du centre de pression au centre de la roue, en supposant toute la surface de la pale se mouvant avec la même vitesse que le centre de pression, l'action sera la même que dans le cas précédent : or, la vitesse normale relative

du centre de pression est $i \left(z - \frac{3}{4} a \cos y \right)$ on aura donc,

$$i^2 \left(z - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 \left(a - \frac{r}{\cos y} \right) = i^2 \int_{\frac{r}{\cos y}}^a \left(x - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 dx.$$

(1) Pour plus de simplicité, nous avons représenté les surfaces par les hauteurs des pales qui leur sont proportionnelles.

$$\left(z - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 \left(a - \frac{r}{\cos y} \right) = \int_{\frac{r}{\cos y}}^a \frac{r}{\cos y} \left(x - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 dx$$

$$\text{et en intégrant, } \left(z - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 \left(a - \frac{r}{\cos y} \right) = \frac{1}{3} a^3 - \frac{3}{4} a^2 \cos y + \frac{9}{16} a^3 \cos^2 y - \frac{1}{3} \frac{r^3}{\cos^3 y} + \frac{3}{4} \frac{ar^2}{\cos^2 y} - \frac{9}{16} a^2 r \cos y.$$

Le second membre peut se mettre sous la forme suivante :

$$\frac{1}{3} \left(a^3 - \frac{r^3}{\cos^3 y} \right) - \frac{3}{4} a \cos y \left(a^2 - \frac{r^2}{\cos^2 y} \right) + \frac{9}{16} a^2 \cos^2 y \left(a - \frac{r}{\cos y} \right)$$

$$\text{ou bien } \left(a - \frac{r}{\cos y} \right) \left\{ \frac{1}{3} \left(a^2 + \frac{ar}{\cos y} + \frac{r^2}{\cos^2 y} \right) - \frac{5}{4} a \cos y \left(a + \frac{r}{\cos y} \right) + \frac{9}{16} a^2 \cos^2 y \right\}$$

$$\text{donc } \left(z - \frac{3}{4} a \cos y \right)^2 \left(a - \frac{r}{\cos y} \right) = \left(a - \frac{r}{\cos y} \right) \left\{ \frac{1}{3} \left(a^2 + \frac{ar}{\cos y} + \frac{r^2}{\cos^2 y} \right) - \frac{3}{4} a \cos y \left(a + \frac{r}{\cos y} \right) + \frac{9}{16} a^2 \cos^2 y \right\}$$

$$\text{et } z = \frac{3}{4} a \cos y + \sqrt{\frac{1}{3} \left(a^2 + \frac{ar}{\cos y} + \frac{r^2}{\cos^2 y} \right) - \frac{3}{4} a \cos y \left(a + \frac{r}{\cos y} \right) + \frac{9}{16} a^2 \cos^2 y}.$$

En suivant le même raisonnement, et par un calcul semblable, cherchant la distance du centre de pression au centre de la roue pour le cas où la pale est entièrement plongée dans l'eau, on arrive à

$$z = \frac{3}{4} a \cos y + \sqrt{\frac{1}{3} (a^2 + ab + b^2) - \frac{3}{4} a \cos y (a + b) + \frac{9}{16} a^2 \cos^2 y}.$$

b étant égal à $a - r$.

C'est ainsi qu'a été déterminée la ligne bc , *Fig. 75*.

NOTE D.

Rapport de l'effet utile au travail dépensé dans l'emploi de la Roue.

Le centre d'effort de la pale ayant été déterminé pour un nombre de positions tel qu'on pût compter sur une exactitude suffisante, il est facile de calculer le rapport de la force dépensée

à l'effet utile d'une pale, dans son trajet à travers l'eau. Nous avons cherché ce rapport pour chacune des positions considérées pendant la première moitié du trajet, en procédant d'ailleurs comme nous l'avons fait à l'égard de la vis, c'est-à-dire que nous avons obtenu la force dépensée en multipliant la surface d'action par la résistance normale au centre de pression et par la projection sur la direction normale, du chemin parcouru par le navire, augmenté du déplacement. Pour avoir l'effet utile, nous avons multiplié la composante, déterminée comme pour la vis, par le chemin parcouru par le navire dans le même temps. Les surfaces d'actions sont les moyennes entre deux positions consécutives.

Appelant donc s la surface d'action,

c le chemin parcouru par le navire,

a le déplacement de l'eau au centre de pression,

r résistance normale au centre de pression,

b l'angle formé par la direction normale et la ligne parallèle à la quille,

P la force dépensée,

E l'effet utile,

K un coefficient dépendant de la vitesse du bâtiment,

Nous aurons $E = Kr \cos b \times s \times c$,

$P = Kr \times s \times (c \cos b + a)$ (1).

Nous avons négligé le coefficient constant K , qui ne change rien au rapport, mais nous en avons tenu compte pour le calcul du frottement que nous devions comparer à celui de la vis.

Les surfaces ont été représentées par les portions immergées de la hauteur de la pale, qui seules varient; la longueur de la pale étant constante, il était plus simple de n'en pas tenir compte.

De 37° 30' à 40°

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.050 & \\ c & = 0.097 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.04615 \\ \text{force dépensée} = 0.07666 \end{array} \right. \\ s & = 61 & \\ \cos 38^\circ 45' & = 0.780 & \end{array}$$

De 32° 50' à 37° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.094 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.26372 \\ \text{force dépensée} = 0.44248 \end{array} \right. \\ s & = 188 & \\ \cos 35^\circ & = 0.818 & \end{array}$$

De 27° 50' à 32° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.068 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.28595 \\ \text{force dépensée} = 0.40120 \end{array} \right. \\ s & = 368 & \\ \cos 30^\circ & = 0.866 & \end{array}$$

(1) La résistance est égale au carré de déplacement pour tous les trajets partiels, excepté pour celui de 0° à 2° 30', et 37° 30' à 40°, où elle est égale à $(2a)^2$.

De 22° 50' à 27° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.064 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.34609 \\ \text{force dépensée} = 0.47083 \end{array} \right. \\ s & = 483 & \\ \cos 25^\circ & = 0.906 & \end{array}$$

De 17° 30' à 22° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.054 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.30926 \\ \text{force dépensée} = 0.40026 \end{array} \right. \\ s & = 571 & \\ \cos 20^\circ & = 0.94 & \end{array}$$

De 12° 50' à 17° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.054 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.33906 \\ \text{force dépensée} = 0.43826 \end{array} \right. \\ s & = 610 & \\ \cos 15^\circ & = 0.966 & \end{array}$$

De 7° 50' à 12° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.054 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.34538 \\ \text{force dépensée} = 0.44369 \end{array} \right. \\ s & = 610 & \\ \cos 10^\circ & = 0.984 & \end{array}$$

De 2° 50' à 7° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.051 & \\ c & = 0.194 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.30278 \\ \text{force dépensée} = 0.38235 \end{array} \right. \\ s & = 610 & \\ \cos 5^\circ & = 0.996 & \end{array}$$

De 0° à 2° 50'

$$\begin{array}{lcl} a & = 0.0225 & \\ c & = 0.097 & \left\{ \begin{array}{l} \text{effet utile} = 0.11998 \\ \text{force dépensée} = 0.14257 \end{array} \right. \\ s & = 610 & \\ \cos 1^\circ 15' & = 0.9999 & \end{array}$$

Effet utile, total = 2.35837

Force dépensée, totale = 3.17630

donc $P : E :: 1 : 0.74$

Nous aurions pu essayer de résoudre cette question par des formules analytiques; mais il eût été nécessaire d'en agir de même pour déterminer les valeurs des divers frottements, ce qui eût considérablement augmenté la longueur des notes. Nous avons pensé, d'ailleurs, que la méthode en partie géométrique que nous avons adoptée, représentera plus clairement le mode d'action des roues et la manière dont s'opère le frottement. Le tableau détaillé que nous présentons ci-dessus, donne en outre les moyens de vérifier à la seule inspection le rapport qui existe entre l'effet utile et la force dépensée dans les diverses positions de la pale. Bien que ne se rattachant pas directement à notre

sujet, cette question nous a paru assez importante pour qu'on nous sût gré de lui avoir donné quelques développements.

On remarquera, d'ailleurs, qu'il suffisait que le rapport du travail à l'effet utile des roues fût approximatif, pour remplir parfaitement le but que nous nous proposons : cependant, comme les mêmes éléments devaient nous servir à déterminer le frottement, qui d'ailleurs est bien peu considérable, nous avons assez multiplié les interpolations pour que nos résultats fussent presque mathématiquement exacts. Dans tous les cas, nous ferons observer qu'une erreur, peu probable, dans ces résultats, ne peut en rien affecter notre théorie, et c'est principalement pour cette raison que nous avons cru inutile d'augmenter le nombre des calculs analytiques, déjà très-considérable.

NOTE E.

Calcul de la surface de la Vis.

Soient : h la hauteur du pas ; r la distance à l'axe, de l'élément que nous considérons. La surface de cet élément sera $dr\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$, dr , désignant la largeur, et $\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$ la longueur de cet élément ; donc, en désignant par S la surface de la vis et r_1, r_0 les rayons extrêmes,

$$\text{on aura : } S = 2\pi \int_{r_0}^{r_1} dr \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2}$$

$$\text{mais en intégrant on trouve } \int dr \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2} = \frac{1}{2} r \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2} + \frac{1}{2} \frac{h^2}{4\pi^2} \text{Log} \left(r + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2} \right) + c;$$

$$\text{donc } S = 2\pi \int_{r_0}^{r_1} dr \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2} = \pi \left\{ r_1 \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r_1^2} - r_0 \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r_0^2} + \frac{h^2}{4\pi^2} \text{Log} \left(\frac{r_1 + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r_1^2}}{r_0 + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r_0^2}} \right) \right\}$$

Appliquant cette formule au cas où $h = 3^m 136$

$$r_1 = 1. 127$$

$$r_0 = 0. 15$$

On trouve pour la surface $S = 5. 1526$

NOTE F.

Recherche du chemin moyen parcouru par les divers éléments de la Vis.

Cherchons quelle vitesse devrait avoir une surface égale à la surface de la vis, pour qu'une même quantité d'eau fût traversée par cette surface et celle de la vis.

Un élément de la vis a pour surface $dr\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$, sa vitesse peut être représentée par $\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$, donc la quantité d'eau traversée par cet élément sera $dr(h^2 + 4\pi^2 r^2)$, et en désignant par s la surface égale à celle de la vis et par x la vitesse cherchée, on aura :

$$sx = \int_{r_0}^{r_1} dr (h^2 + 4\pi^2 r^2) = h^2 (r_1 - r_0) + \frac{4}{3} \pi^2 (r_1^3 - r_0^3)$$

En appliquant cette formule au cas où $r_1 = 1. 127$

$$r_0 = 0. 15$$

$$h = 3. 136$$

On trouve $x = 5. 511$

NOTE G.

Cherchons, en supposant que le frottement dans l'eau soit égal à la surface multipliée par le carré de la vitesse, quelle vitesse devrait avoir une surface égale à celle de la vis, pour qu'elle éprouvât dans l'eau une même résistance que la vis elle-même.

La surface d'un élément de la vis est $dr\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$.

Sa vitesse peut être représentée par $\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$, on devra donc avoir, en désignant par s la surface de la vis et par x la

$$\text{vitesse cherchée, } sx^2 = \int_{r_0}^{r_1} (h^2 + 4\pi^2 r^2) dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}.$$

Intégrant cette expression, nous aurons :

$$\int (h^2 + 4\pi^2 r^2) dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} = h^2 \int dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} + 4\pi^2 \int r^2 dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}.$$

Intégrant $\int dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}$, on trouve :

$$\int dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} = \frac{1}{2} \left\{ r \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} + \frac{h^2}{2\pi} \text{Log} \left(r + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2} \right) \right\}$$

Intégrant maintenant le second terme, on a

$$\int r^2 dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} = 2\pi \int r^2 dr \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2}.$$

Posons pour plus de simplicité $\frac{h^2}{4\pi^2} = a$. Le radical deviendra

$$\sqrt{a + r^2}.$$

Posons maintenant $\sqrt{a + r^2} = t - r$, t étant une nouvelle variable, il viendra $r = \frac{t^2 - a}{2t}$ et $dr = \frac{t^2 + a}{2t^2} dt$, donc,

$$\int r^2 dr \sqrt{a + r^2} = \int \frac{(t^2 + a)^2 \times (t^2 - a)^2}{16 t^5} dt = \frac{1}{16}$$

$$\int \frac{t^5 - 2a^2 t^3 + a^4}{t^5} dt = \frac{1}{16} \left(\frac{t^4}{4} - 2a^2 \text{Log } t - \frac{a^4}{4t^4} \right)$$

et enfin,

$$s x^2 = \frac{h^2}{2} \left\{ r \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} + \frac{h^2}{2\pi} \text{Log} \left(r + \sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2} \right) \right\} + \frac{\pi^3}{2} \left(\frac{t^4}{4} - 2a^2 \text{Log } t - \frac{a^4}{4t^4} \right) + c$$

Il faudra prendre l'intégrale définie depuis r , jusqu'à r_1 , et de t_1 , jusqu'à t_1 , appliquant cette formule au cas où $\begin{cases} h = 3.136 \\ r_1 = 1.127 \\ r_0 = 0.15 \end{cases}$

et par conséquent où $\begin{cases} s = 5.1526 \\ t_1 = 2.516, \text{ on trouve } x = 5.7 \\ t_0 = 0.671 \end{cases}$

NOTE H.

Cherchons quelle vitesse normale devrait avoir une surface égale à celle de la vis pour qu'elle éprouvât une pression égale à celle-ci.

Désignant par x la vitesse normale cherchée, on aura en appelant s une surface égale à celle de la vis:

$$s x^2 = \int_{r_0}^{r_1} dr \sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2} (\omega r \sin \alpha - v \cos \alpha)^2$$

$$= (\omega h - 2\pi v)^2 \int_{r_0}^{r_1} \frac{r^2 dr}{\sqrt{h^2 + 4\pi^2 r^2}}$$

$$s x^2 = 2\pi (\omega h - 2\pi v)^2 \int_{r_0}^{r_1} \frac{r^3 dr}{\sqrt{\frac{h^2}{4\pi^2} + r^2}}$$

En intégrant comme précédemment, et adoptant les mêmes valeurs numériques pour les dimensions de la vis, on trouve :

$$s x^2 = 3.798707, \text{ mais } s = 5.1526, \text{ donc } x^2 = 0.739181$$

$$\text{et } x = 0.8597$$

NOTE I.

Frottement des pales en fonction de la surface et du carré de la vitesse

Cherchons la valeur du frottement de la pale dans son demi-trajet cycloïdal. Ce frottement sera égal à la somme des produits, de la surface d'action de la pale multipliée par le chemin parcouru et par le carré de la vitesse dans le sens parallèle à la surface, pour les diverses positions de la pale. Nous aurons donc, la vitesse du navire étant de 4^m743 par seconde :

	s	c	v ²	s × c × v ²
	Surfaces.	Chemins parcourus.	Carré des vitesses.	
De 0° à 5°	0.610	0.009	0.0353	0.0002025
De 5° à 10°	0.610	0.020	0.2244	0.0028386
De 10° à 15°	0.610	0.037	0.7446	0.0171034
De 15° à 20°	0.599	0.052	1.4544	0.0459040
De 20° à 25°	0.518	0.074	2.9832	0.1148570
De 25° à 30°	0.413	0.081	3.5096	0.1186946
De 30° à 35°	0.308	0.102	5.5136	0.1740575
De 35° à 40°	0.126	0.109	6.2425	0.0863962

Frottement pour le demi-trajet d'une pale..... = 0.5600538

Et si nous multiplions par 64, nous aurons le frottement des pales pour un tour de roues (en supposant la longueur égale à 1) = 0.5600538 × 64 = 35.8434432. Mais puisque ce frottement doit être comparé à celui de la vis, nous devons y faire entrer la surface réelle de frottement que nous obtiendrons en multipliant ce dernier produit par 3^m048, longueur des pales ; nous aurons donc : F = 35.8434432 × 3.048 = 109.2508149.

NOTE K.

Frottement des pales en fonction de la surface du carré de la vitesse et de la pression.

Pour trouver le frottement de la pale en fonction de la surface du carré de la vitesse et de la pression, nous avons multiplié les valeurs trouvées pour le frottement en fonction des surfaces et du carré de la vitesse, par la pression ou résistance normale exercée sur la pale pour l'unité de surface et par la surface d'action ; vitesse du navire = 4^m743 par seconde :

s × c × v ²	p	s	s × c × v ² × p × s
	Pression par unité de surface.	Surfaces.	
0° à 5° = 0.0002025	1.206	0.610	0.000488
5° à 10° = 0.0028386	1.302	0.610	0.0022538
10° à 15° = 0.0171034	1.402	0.610	0.0146234
15° à 20° = 0.0459040	1.615	0.599	0.0443891
20° à 25° = 0.1148570	1.957	0.518	0.1163501
25° à 30° = 0.1186946	2.541	0.413	0.1245106
30° à 35° = 0.1740575	3.430	0.308	0.1838047
35° à 40° = 0.0863962	5.322	0.126	0.0578854

Frottement pour le demi-trajet d'une pale..... = 0.5439659

Frottement pour un tour entier = 0.5439659 × 64 = 34.8158176

Pour faire entrer dans cette valeur la surface réelle de frottement, nous la multiplierons par le carré de la longueur des pales, puisque la surface entre deux fois dans le calcul. Nous aurons donc : F = 34.8158176 × 9.290 = 323.4203655.

APPENDICE.

APPENDICE.

PROJET DE CORVETTE A HÉLICE DE LA FORCE DE 300 CHEVAUX.

Nous avons démontré dans notre premier mémoire que la vis devait être substituée aux roues pour tous les bâtiments, excepté pour ceux destinés à porter des dépêches dans la Méditerranée : nous avons établi, en outre, que les vaisseaux, et par conséquent les autres bâtiments de guerre, pouvaient être munis de propulseurs à vis, et qu'il suffirait d'allonger l'arrière, ou d'y établir une construction que nous avons décrite, pour que la vis pût exercer son action d'une manière très-efficace. Mais on ne saurait prétendre à doter ces lourdes masses, destinées à combattre en ligne et à soutenir ainsi les plus rudes épreuves, d'une vitesse comparable à celle des bâtiments à vapeur proprement dits : nous ne saurions donc mieux terminer notre travail qu'en indiquant les dispositions de construction, de machines et de mâture qu'il nous semble utile d'adopter, pour qu'un bâtiment à vis joigne aux qualités de vitesse, à la voile et à la vapeur, quelques-unes de celles qui doivent être le partage des bâtiments de guerre.

Nous pensons que le bâtiment que nous allons décrire joindra à la vitesse des meilleurs bateaux à vapeur, les plus précieuses qualités des bâtiments à voiles, et qu'il sera d'ailleurs assez peu vulnérable, par suite de son genre particulier de construction et la disposition nouvelle de ses machines, pour supporter impunément le feu d'un vaisseau, auquel il pourra se soustraire promptement à l'aide de sa grande vitesse.

COQUE.

Le bâtiment serait en fer : ce genre de construction nous semble préférable, parce qu'outre les avantages généraux qu'il offre sous le rapport de la légèreté, de la solidité et de la durée, il présente, pour les bâtiments de guerre à vis, les avantages particuliers suivants :

1^o Il permet de donner très-peu d'épaisseur au faux étambot, puisqu'il suffit de le recourber pour permettre le passage de

l'arbre de la vis (en *b*, Fig. 79). Si le faux étambot était en bois, il faudrait, pour qu'il ne fût pas affaibli outre mesure par l'ouverture nécessaire au passage de l'arbre, lui donner une épaisseur considérable, ce qui nuirait à l'action de la vis et à la marche, par suite du remous occasionné en arrière ; on pourrait néanmoins faire passer l'arbre tangentiellement à l'un des côtés du massif.

2^o L'étambot en fer sera beaucoup plus mince que celui en bois ; nouvel avantage pour la marche, puisqu'il présentera moins de résistance à l'eau projetée en arrière par la vis.

3^o Les machines descendront plus bas d'une quantité égale à la différence d'épaisseur des carènes en fer et en bois, ce qui augmentera la stabilité du navire, et préservera davantage les machines et chaudières du choc des boulets.

4^o Les fonds du bâtiment étant en fer, il n'y aura plus d'objections à élever contre la suppression, déjà proposée par nous, des lames d'eau inférieures et latérales des chaudières, ce qui en diminuera le poids et réduira la hauteur d'environ 30 cent.

5^o La quille, composée d'une gouttière en fer épais, contribuera à abaisser le centre de gravité du navire, qui doit être susceptible d'aller à la voile comme les bâtiments ordinaires.

Le bâtiment aura 55 mètres de longueur à la flottaison en charge, et 11 mètres de largeur en dehors, au maître bau.

Son artillerie, placée sur le pont, se composera de quatre canons-obusiers de 80 (deux de chaque bord), deux canons-obusiers de 160 devant et un canon-obusier de 160 derrière. Si on voulait diminuer cette artillerie, les réductions devraient porter sur les canons-obusiers de 80. Le canon-obusier de l'arrière serait à pivot et installé à la manière ordinaire, mais les deux de l'avant, également à pivot, pourraient battre sur l'arrière du travers jusque sur l'avant dans la direction de la quille (1).

Principalement destinée à tenir la mer, cette corvette pourrait avoir une grande différence, de manière à obtenir un tirant

(1) Voir la note publiée par M. le capitaine de vaisseau de Verninac.

d'eau de 5. 80 mètres à l'arrière. Les façons extrêmes, et particulièrement celles de l'arrière, seraient par conséquent très-fines. Les varangues du milieu, qui supportent les chaudières, ne devraient pas être cependant trop accolées, afin que tout le système pût facilement descendre au-dessous de la flottaison, ce qui est indispensable (Voir les *Fig. 80, 81, 82, 83.*)

Un peu en avant du pied du faux étambot, au point *c* (*Fig. 79*), la quille prendrait une direction ascendante, afin qu'en cas d'échouage le système qui supporte la vis ne fût pas susceptible d'être désemparé.

La partie de la quille voisine du point *c* serait solidement établie. Un pont en dos d'âne (*Il*, *Fig. 88*) recouvrira les machines et chaudières, et régnera sur toute la longueur du bâtiment; il aboutira à 15 cent. au moins au-dessous de la flottaison correspondant à la consommation entière du charbon et des approvisionnement. Sur ce pont sera établie une espèce de passerelle (*mm*, *Fig. 83*). L'espace compris entre cette passerelle et le pont sera divisé en cinq ou six compartiments par des cloisons bien jointes, de sorte que l'eau se trouvant dans l'un d'eux ne pût pénétrer dans les autres. Ces compartiments formeraient des soutes dans lesquelles seraient arrimés les voiles, cordages, rechanges d'embarcations, etc. Pour le combat, on les remplirait entièrement au moyen des sacs et hamacs de l'équipage. On conçoit qu'une telle disposition rendrait les trous à la flottaison peu dangereux; nous l'avons d'ailleurs proposée depuis longtemps dans un projet de construction présenté au ministre de la Marine. Une ouverture rectangulaire, susceptible de livrer passage à la vis, sera pratiquée à l'arrière et fermée par 2 panneaux courbes représentés *Fig. 84*. La voûte se projetterait suffisamment en arrière pour permettre de donner à la barre la longueur convenable, car celle-ci ne pourra plus être placée en avant du gouvernail, cet espace étant occupé par le mécanisme destiné à embarquer la vis. Du reste, ce sont là des détails d'exécution qui ne présentent aucune difficulté sérieuse.

MACHINES.

Les machines seraient disposées pour faire mouvoir un propulseur Delisle (*modifié*) : elles seraient à cylindres oscillants renversés. Ce nouveau système permet, comme on le voit *Fig. 79* et *82*, de porter la machine aussi en arrière que celle adoptée en Amérique à l'imitation de la machine des ateliers de Maudslay; mais l'un des avantages que présente notre machine consiste à économiser en hauteur toute la longueur de la course du piston, ce qui permet de la placer entièrement à l'abri des boulets.

Notre système nous paraît surtout préférable parce qu'il permet de réduire de deux à une paire, le nombre des manivelles de l'arbre. Pour bien apprécier l'importance de cette réduction, il faut considérer que les manivelles de l'arbre de la vis supportent un effort bien différent de celui exercé sur les manivelles des roues. Les premières tendent à se rapprocher avec une intensité égale à l'effort propulsant, de sorte qu'on sera obligé de les forger d'une seule pièce avec l'arbre comme dans les locomotives, ce qui ne sera pas une besogne facile pour un ar-

bre de forte dimension. C'est là un inconvénient sérieux de l'application immédiate du mouvement à l'arbre, car il disparaît évidemment lorsqu'on emploie les engrenages. Cependant les engrenages ont tant d'autres désavantages, qu'il nous semble, en définitive, préférable d'adopter l'application immédiate. Mais on comprendra que s'il est difficile de forger une manivelle, il l'est bien plus d'en forger deux. C'est pourquoi nous pensons que les machines rotatives pourraient seules être préférables à celles que nous proposons pour faire mouvoir les vis de propulsion.

Nous avons toujours regardé comme très-avantageux de vider le condenseur à chaque émission de vapeur : aussi avons-nous profité de la disposition particulière de notre machine pour obtenir ce résultat. Les pompes à air *d d*, sont mues, au moyen de balanciers, par les manivelles d'un arbre porteur d'un pignon engrenant avec une roue dentée d'un diamètre double, de manière à obtenir deux coups de piston de pompe à air pour un coup de piston du cylindre à vapeur.

Les machines travailleraient à la pression totale de 2^k 50 par centimètre carré dans la chaudière. Nous adoptons cette pression parce qu'elle est généralement admise en Amérique; mais nous persistons à croire (voir l'ouvrage de M. Campaignac, page 291 des notes) que la pression de 4^k 10 est possible et la plus avantageuse; il nous semble même probable qu'on dépassera cette dernière limite dans un avenir prochain.

L'arbre de l'Archimède était divisé en deux parties afin de faciliter le désembrayage de la vis. Nous ne savons pas si le système de jonction adopté présenterait des garanties de solidité suffisantes pour un arbre de grande dimension. Nous le désirons, car ce serait un grave inconvénient que d'être obligé de forger d'une seule pièce un arbre d'une grande longueur. Il faudrait en outre, dans ce dernier cas, détacher les tiges de piston pour désembrayer la vis.

L'arbre de la vis devra avoir un diamètre égal à celui de la chape qui reçoit le bout de l'arbre de la machine, de sorte que la cavité sera pratiquée dans l'arbre même sans renflement nuisible au sillage; on videra l'arbre intérieurement afin d'en diminuer la pesanteur, qui serait très-considérable sans cela.

CHAUDIÈRES ET SOUTES A CHARBON.

Les chaudières destinées à supporter une pression de 2^k 50 par centimètre carré devront être consolidées par de nombreux tirants. On supprimera la lame d'eau inférieure, ce qui diminuera la hauteur de la chaudière de 20 centimètres environ, et les lames d'eau latérales, ce qui agrandira le passage de l'air et permettra une nouvelle diminution de hauteur de 10 centimètres.

Le coffre à vapeur devrait être beaucoup réduit, ainsi que la capacité des chaudières destinées à contenir la vapeur, puisque le volume 1365 de la vapeur à 1^k 31, pression ordinaire des machines à basse pression, devient 754 pour la vapeur à 2^k 50. Cette diminution portera principalement sur la hauteur du coffre, qu'on réduira à 50 centimètres; cependant, le tuyau de vapeur s'élèvera un peu au-dessus afin d'éviter d'entraîner de l'eau avec la vapeur dans le cylindre (*Fig. 79*). La hauteur totale de la

chaudière sera ainsi facilement réduite à trois mètres, ce qui permettra de la placer entièrement au-dessous de la flottaison légère. Afin d'éviter à l'événement peu probable de la rupture du tuyau de vapeur, on pourrait y adapter un bout de tuyau supplémentaire, indiqué dans la figure, qui serait muni d'un registre, afin de ne donner passage à la vapeur qu'au moment convenable.

Les soutes à charbon, dont le pont en dos d'âne formera la partie supérieure, seront solidement construites en tôle, latéralement aux chaudières. Entre celles-ci et les machines sera établie une grande soute transversale s'élevant jusqu'au pont; les portes seront disposées de manière à pouvoir être fermées hermétiquement, afin que l'eau qui s'y introduirait par suite de combat ou d'échouage ne puisse pas pénétrer dans le navire. Une soute transversale pourrait en outre être établie sur l'avant des chaudières.

VIS.

A moins qu'il ne résulte des expériences un avantage bien marqué en faveur de la vis pleine, et nous ne le pensons pas, nous choisirons la vis évidée rattachée à l'arbre par des bras disposés comme nous l'avons indiqué: le quotient de la division de la longueur du pas par $1^m 40$ donnera le nombre des segments. Ce n'est pas que nous ne jugions la vis à échelons préférable, mais jusqu'à ce que ses avantages aient été constatés par l'expérience, nous devons nous en tenir aux propulseurs déjà appliqués.

Bien que nous n'admettions pas, comme on l'a vu, les raisons données par M. Galloway pour réfuter cette assertion de Tredgold, qu'un tour entier suffit dans une vis quelconque pour imprimer à l'eau une vitesse telle que les tours suivants ne puissent agir d'une manière utile, nous pensons cependant que cet effet ne peut avoir lieu que pour une vis d'une dimension déterminée que l'expérience seule peut faire reconnaître.

Qu'on suppose, en effet, deux vis identiquement semblables, mais dont l'une soit quatre fois plus grande que l'autre; si ces vis sont appliquées à deux bâtiments tels que, pour un même sillage, le recul soit le même pour les deux vis, il est évident que la plus petite fera quatre tours pendant que la plus grande n'en fera qu'un; mais les éléments analogues seront doués de la même vitesse, et la pression pour l'unité de surface sera la même; cependant, dans la plus petite, chaque molécule d'eau sera soumise quatre fois moins de temps à l'action de la vis, c'est-à-dire que celle-ci agira absolument comme l'un des segments de la grande vis si cette dernière était divisée en quatre parties, puisqu'elle aurait la même vitesse et exercerait la même pression pendant le même temps. Il faudra demander à l'expérience, qui seule, dans notre pensée, peut le procurer, un coefficient constant qui doit être le plus favorable pour le fractionnement de la vis, quelle que soit sa dimension.

Nous avons adopté celui de $\frac{1}{1^m 40}$, parce que c'est à peu près celui qui a présenté les résultats les plus favorables sur l'Archimède, mais nous ne saurions autrement le garantir. Ce que nous

venons de dire explique pourquoi le fractionnement du filet peut fort bien ne pas être avantageux pour les vis de très-petite dimension, comme celle du petit bateau de M. Sauvage.

GOUVERNAIL.

Le gouvernail des bâtiments, dont la perte est presque toujours irréparable, est souvent démonté par suite de mauvais temps et surtout d'accélération dues à de brusques changements dans la direction du vent. Cet événement devrait arriver fréquemment aux bâtiments à vapeur, dont le safran de gouvernail est plus large, si on avait l'imprudence de marcher en arrière par une grosse mer, manœuvre qui peut devenir indispensable dans le combat. C'est aussi cette raison qui empêche d'adopter des gouvernails assez larges pour assurer l'évolution en arrière, comme cela a lieu pour les bâtiments de rivière. Les ferrures qui lient le gouvernail au bâtiment sont si solides qu'on ne se rendrait pas compte de la fréquence de ces événements, si on ne considérait pas que, lorsqu'il cède à l'action de la mer, le gouvernail ne s'arrête que parce qu'il vient buter sur l'étambot, de sorte qu'il agit alors sur les ferrures avec un puissant bras de levier, le point d'appui se trouvant quelquefois très-rapproché de la résistance par suite de quelques défauts d'exécution. Pour obvier à cette fâcheuse disposition, nous avons imaginé de placer à la flottaison et au pied de l'étambot, des feuilles de tôle formant des arcs-boutants, sur lesquels viendrait s'appuyer le safran. Ces arcs-boutants nuiraient peu au sillage, surtout ceux de la flottaison, et ils permettraient d'augmenter, dans les beaux temps, le safran, au moyen d'une feuille de tôle qu'on introduirait entre les portions du gouvernail qui débordent en arrière (Fig. 85). Ce serait à ces points mêmes que répondraient les arcs-boutants, afin de soutenir tout le système. Cette installation bien simple permettrait, ce nous semble, d'atteindre un but bien désirable pour les bâtiments à vapeur de guerre, celui d'assurer l'évolution en arrière. Le gouvernail serait en fer creux, et taillé en coin comme on le voit Fig. 85, cette forme nous paraissant favorable à la marche.

MATURE ET VOILURE.

Ce n'est pas sans un grand étonnement qui a dû être partagé par bien des marins, que nous avons lu les procès-verbaux des expériences à la voile de la *Médée*, dont la vitesse n'est pas tombée au-dessous de la moyenne des bâtiments composant l'escadre anglaise, et qui, dans les diverses évolutions, s'est comportée comme un véritable bâtiment à voiles, sans être plus affectée que ceux-ci par les grosses mers et les mauvais temps.

Cependant la surface de voilure de ce bâtiment n'est que 2.239 fois celle de la section horizontale à la flottaison, tandis que ce rapport varie de 4.174 à 3.00 pour les bâtiments à voiles. Les roues de la *Médée*, la plupart du temps seulement désembrayées, présentaient en outre un obstacle réel au sillage. Un tel résultat ne peut évidemment être attribué qu'au moindre déplacement relatif de la carène, et il serait intéressant de s'assurer si on n'ob-

tiendrait pas une amélioration dans la marche de nos vaisseaux de 100 canons, en diminuant leur immersion par la réduction de leur mâture, qui entraînerait une diminution de lest proportionnelle.

Quoi qu'il en soit, on ne peut contester que la voilure des bâtiments de guerre à voiles ne soit mieux distribuée et mieux entendue que celle de la Médée. Nous avons le droit de penser en conséquence, qu'une voilure analogue à la première conférée à notre bâtiment, qui, sous le rapport de l'immersion, présente les avantages de la Médée, lui procurera, à la voile, une marche supérieure.

Nous lui donnerons trois mâts; celui d'artimon sera un mâtereau, c'est-à-dire qu'il ne portera que la brigantine et la flèche en queue, comme nos corvettes-avisos.

On conservera pour les mâts et les vergues les mêmes proportions que pour les bâtiments à voiles, c'est-à-dire que les premiers seront dans un certain rapport avec la longueur du navire, et les secondes avec la largeur. On opérera néanmoins une réduction sur la surface totale de la voilure, de telle sorte que son rapport à la section horizontale opérée à la flottaison soit comme 3 : 1.

Chaque mât sera muni de voiles goélettes aussi grandes que possible : ce genre de voiles convient admirablement aux bâtiments à vapeur. Il y aura en outre 2 basses voiles carrées et 2 huniers, mais nous ne voudrions pas de perroquets, préférant donner un peu plus d'étendue aux huniers. Le fractionnement des voiles, très-avantageux pour la manœuvre, est, à notre avis, très-nuisible à la marche. Nous ferons remarquer, du reste, que

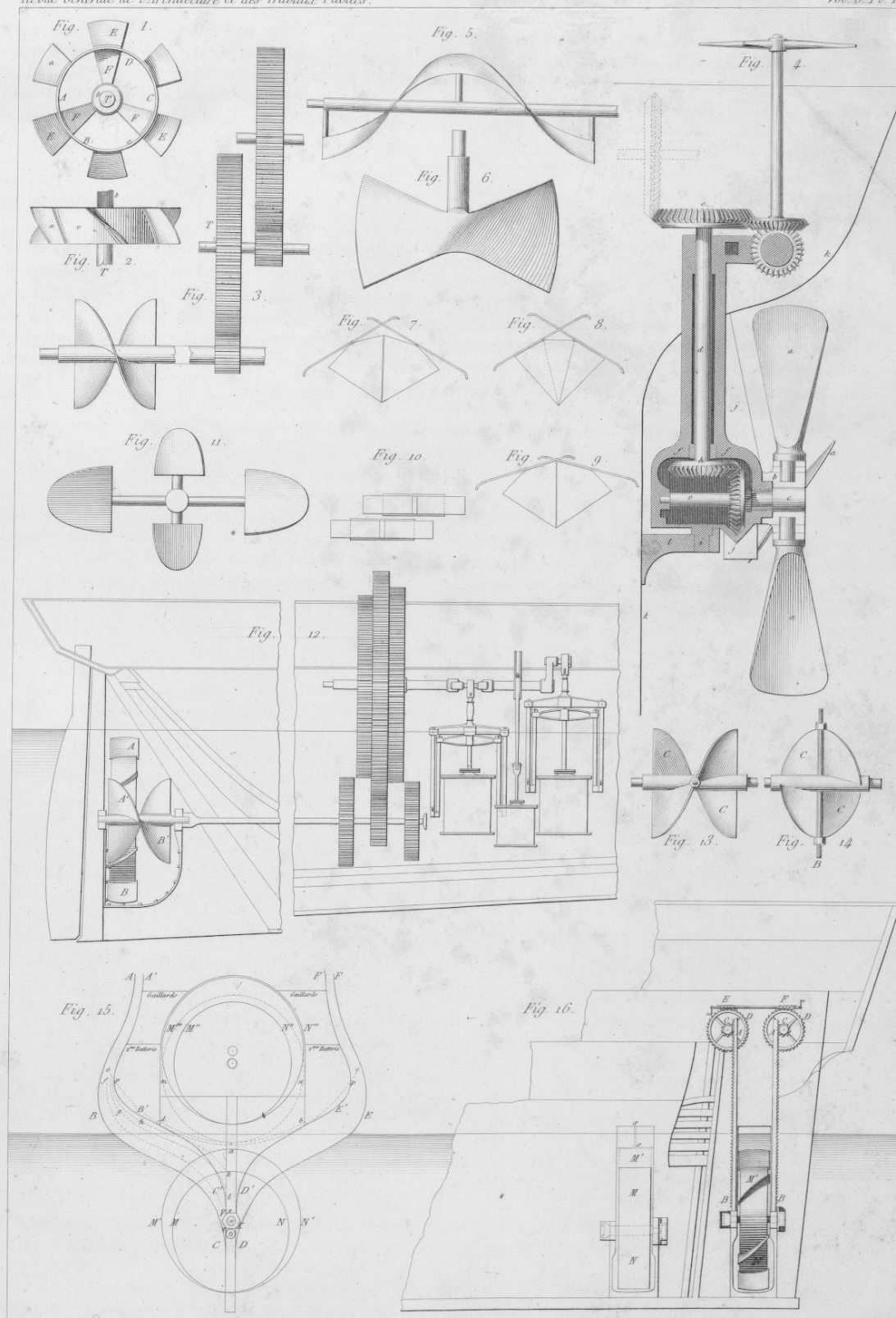
la voilure de la Médée, qui, nous le répétons, a tenu parfaitement son rang dans une escadre de vaisseaux, ne comporte qu'un petit perroquet insignifiant.

Ces données générales suffiront, nous l'espérons, pour fixer les idées sur le genre de mâture que nous regardons comme le plus convenable à notre corvette.

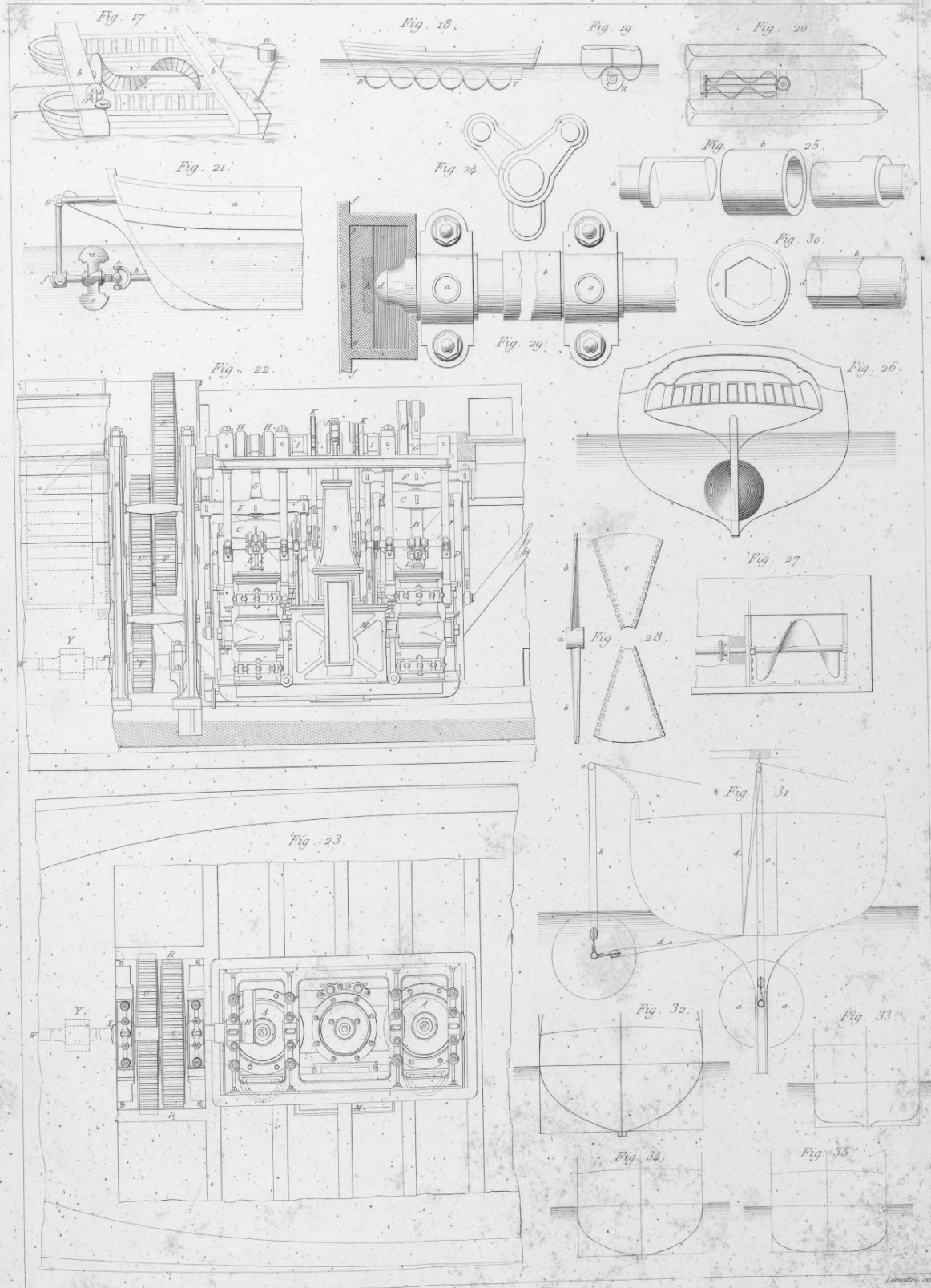
CONCLUSION.

Le bâtiment dont nous venons de donner la description serait, à notre avis, comme nous l'avons déjà dit, le plus convenable pour la navigation hauturière; mais son grand tirant d'eau à l'arrière le rendrait peu propre au service des côtes, et limiterait d'une manière préjudiciable le nombre des points où il pourrait être appelé à effectuer des débarquements. Il serait donc nécessaire d'avoir aussi des bâtiments à vis d'un faible tirant d'eau; dans ce cas, le genre de construction ne différerait que très-peu de celui actuellement en usage. Il faudrait seulement prolonger un peu les façons arrière pour les rendre plus fines, et adopter la vis pleine ou celle à échelons, qui permet d'obtenir une égale surface pour un tirant d'eau donné; mais, dans ce cas, il serait nécessaire de faire usage d'engrenages pour les bâtiments de moyenne dimension; à l'égard des grands bâtiments de 400 et 500 chevaux, ils tirent assez d'eau, même avec la construction actuelle, pour que le mouvement soit communiqué directement à l'arbre de la vis.

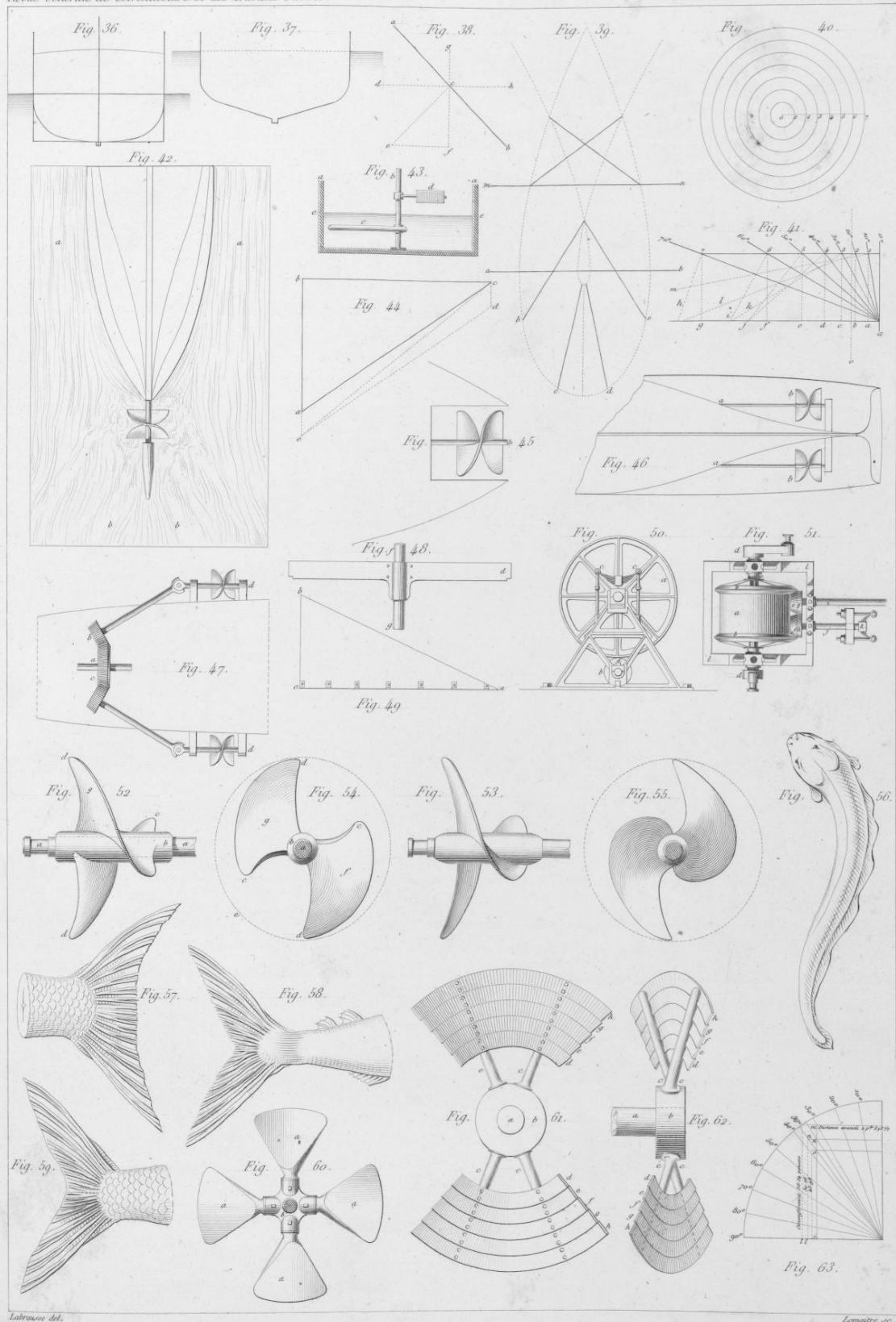




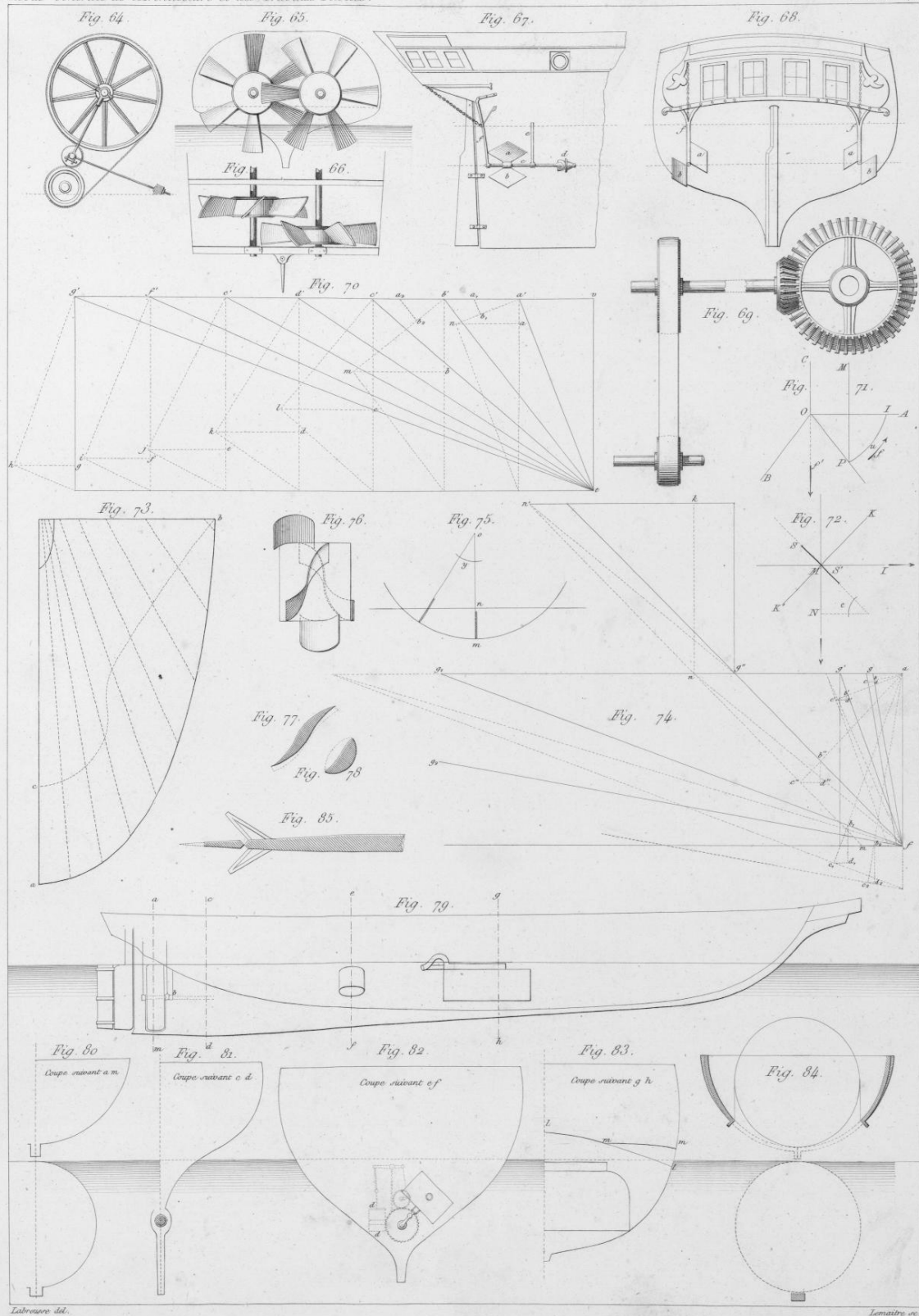
PROPULSEURS SOUS-MARINS.



PROPULSEURS SOUS-MARINS



PROPULSEURS SOUS-MARINS.



PROPULSEURS SOUS-MARINS.