

ARCHIEF

POSSIBILITÉS D'EMPLOI DU LOCH AUX ESSAIS A LA MER

par M. JOURDAIN,
Ingénieur en Chef du Génie Maritime (C. R.),
Ingénieur à l'Institut de Recherches de la Construction Navale.

SOMMAIRE

Le loch constitue un moyen direct de mesure de la vitesse du navire par rapport à l'eau.

Le mémoire examine sommairement l'appareil de ce point de vue et montre que, même lorsque les conditions d'emploi entraînent des erreurs systématiques, les indications du loch fournissent des recoupements qui permettent parfois de déceler certaines des erreurs qui affectent les autres mesures. Divers cas sont étudiés théoriquement et plusieurs exemples sont traités en détail.

Le mémoire conclut à l'intérêt de développer l'emploi du loch aux essais et de préciser expérimentalement les propriétés de cet appareil.

I. — INTRODUCTION

Le fonctionnement d'un navire au point de vue propulsif serait entièrement défini si l'on connaissait la triple corrélation vitesse-puissance-nombre de tours dans les diverses situations qu'il peut rencontrer.

En effet, on pourrait alors traduire en chiffres objectifs la comparaison des qualités de deux navires répondant à des programmes d'exploitation analogues; par exemple, pour un état de chargement et un état du temps déterminé, on pourrait comparer les vitesses qu'ils réalisent avec la puissance utili-

sable ou encore les puissances (et par conséquent les consommations de combustible) qui leur sont nécessaires pour maintenir la vitesse utile au respect de leur horaire.

Or, si le nombre de tours et la consommation (qui importe plus à l'armateur que la puissance) sont aisément mesurés en exploitation, on n'y mesure guère qu'une vitesse moyenne de port à port, affectée par les courants variables rencontrés et qui ne renseigne pas sur les variations de cette vitesse dues aux circonstances météorologiques et à la variation de déplacement au cours du voyage. Cependant, de nombreux navires possèdent un loch, mais on se borne le plus souvent à lire l'indication de son aiguille, dont la précision est comparable à celle du tachymètre, c'est-à-dire insuffisante pour l'exploitation technique.

En revanche, à l'étranger, on fait couramment état, dans l'analyse des résultats d'exploitation, de vitesses mesurées au loch [1] et [2].

Ayant nous-mêmes eu l'occasion au cours d'essais de recette de divers navires de suivre des mesures de vitesse exécutées par la S.C.A.M. en utilisant l'indicateur de distance parcourue de son loch et un chronomètre, il nous est apparu qu'il n'y avait *a priori* aucune raison pour que cet appareil ne puisse pas concourir aux mesures au même titre que le totalisateur de nombre de tours et le torsiomètre et nous avons entrepris d'examiner ses conditions de fonctionnement.

II. — LE LOCH MANOMÉTRIQUE

Nous ne considérons ici que les lochs manométriques, qui sont actuellement les plus répandus et dont le mieux connu en France est le loch S.C.A.M.-SELSYN.

Nous ne ferons pas la description de cet appareil, que l'on peut trouver dans les revues spécialisées, par exemple [3]. Il nous suffira de rappeler que son organe essentiel est un tube de PIROT, qui mesure la pression dynamique des filets d'eau au voisinage de la coque. On sait que cette pression dynamique est fonction de la vitesse (elle est proportionnelle au carré de la vitesse en première approximation) et il suffit d'adjoindre au manomètre que constitue le tube de PIROT des organes de transformation convenables pour obtenir l'indication continue de la vitesse et, par intégration, la distance parcourue.

Pour l'utilisation que nous avons en vue, il importait de savoir si le loch possédait à un degré suffisant les qualités requises de tout appareil de mesure : précision, fidélité, justesse.

En ce qui concerne la précision, l'expérience nous a montré que l'observation du passage du repère indiquant le mille parcouru sur l'indicateur a une sensibilité comparable à celle d'un alignement traversier sur une base de vitesse.

Quant à la fidélité, la S. C. A. M. et un constructeur étranger ont pu citer des vérifications satisfaisantes.

Le seul point délicat est celui de la justesse, qui comporte plusieurs aspects. De nombreux essais en usine ont montré que la justesse de l'appareil en tant que manomètre est bonne. D'autre part, l'ajustage de la relation entre pression dynamique et vitesse est possible par deux réglages indépendants et est réalisé à l'occasion des bases de vitesse du navire; le loch étant ainsi réglé correctement pour deux vitesses nettement différentes, diverses vérifications permettent de penser que son erreur de justesse est généralement inférieure à 1 %

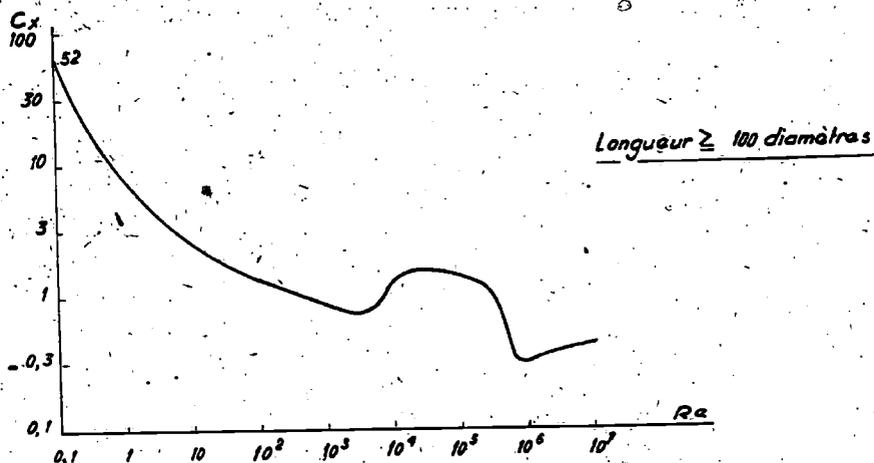


FIG. 1. — Coefficient de résistance d'un cylindre en fonction du nombre de Reynolds.
D'après le cours d'Architecture Navale de l'E. N. S. G. M. de M. L. Maillard.

aux autres vitesses, ce chiffre n'étant dépassé que pour des vitesses très faibles.

Nous croyons que cette conclusion appelle a priori une réserve de principe; en effet, il semble bien que, pour une même vitesse de route du navire, la pression dynamique reçue par le loch puisse varier sous des influences indépendantes de cette vitesse, telles que la houle, les mouvements de plateforme, la déviation des filets d'eau si la route n'est pas rectiligne, etc..., et il paraît probable que ces influences ne sont pas nulles en moyenne, ce qui entraînerait une erreur systématique sur la vitesse indiquée.

Dans le même ordre d'idées, il semble possible que le régime d'écoulement autour du tube de PIROT ne soit pas le même aux grandes et aux faibles vitesses, ce qui entraînerait pour la courbe d'étalonnage une discontinuité correspondant à celle de la courbe de résistance spécifique d'un cylindre remorqué perpendiculairement à son axe (fig. 1).

Ce qui importe en pratique, c'est de connaître l'ordre de grandeur de ces influences; nous espérons y parvenir grâce à l'appui de la Marine Nationale

et à la collaboration de la S. C. A. M. mais, actuellement, nous n'en avons pas d'évaluation sûre.

C'est pourquoi dans la suite, et jusqu'à preuve du contraire, nous considérerons le loch comme un instrument de mesure valable dans le seul cas où ces influences sont a priori négligeables : celui du navire en route rectiligne par beau temps. Nous espérons montrer que, malgré cette restriction, l'emploi du loch aux essais à la mer n'est pas sans intérêt.

III. — EMPLOI DU LOCH AUX ESSAIS D'AVANCE PAR TOUR

Comme indiqué ci-dessus, nous considérerons d'abord les essais effectués par beau temps et, pour simplifier l'exposé, nous supposerons que, la variation du courant, en fonction du temps étant sensiblement linéaire, chaque série comporte 3 parcours de sens alternés; il serait aisé de généraliser à des cas plus complexes.

1° Cas d'une série unique.

a) Vérification par les vitesses.

Soit alors V_1, V_2, V_3 , les vitesses mesurées par rapport à la terre au cours de ces trois parcours, V'_1, V'_2, V'_3 les vitesses vraies sur l'eau, V''_1, V''_2, V''_3 les vitesses mesurées au loch, C_1, C_2, C_3 les courants rencontrés, mesurés positivement suivant le sens des parcours n° 1 et 3.

On a les égalités classiques :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = V'_1 + C_1 \\ V_2 = V'_2 - C_2 \\ V_3 = V'_3 + C_3 \end{array} \right. \quad (1)$$

et l'hypothèse de variation linéaire du courant se traduit par la relation :

$$C_1 - 2C_2 + C_3 = 0 \quad (2)$$

qui fournit la vitesse moyenne sur l'eau :

$$\bar{V} = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4} = \frac{V'_1 + 2V'_2 + V'_3}{4} \quad (3)$$

D'autre part, les trois vitesses V' sont assez voisines pour que l'on puisse admettre que l'erreur absolue du loch ε est la même pour ces trois vitesses, c'est-à-dire que l'on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} V''_1 = V'_1 + \varepsilon \\ V''_2 = V'_2 + \varepsilon \\ V''_3 = V'_3 + \varepsilon \end{array} \right. \quad (4)$$

On tire de là :

$$\varepsilon = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4} - \bar{V} \quad (5)$$

qui fournit l'étalonnage du loch à la vitesse \bar{V} .

ε étant ainsi connu, le système (4) fournit chacun des V' à partir des V'' et le système (1) chacun des C à partir V et des V' .

On peut alors porter les trois C graphiquement en fonction de l'heure moyenne de chaque parcours et les comparer aux courants prévus par les documents nautiques (fig. 2). Si l'accord est bon, c'est une présomption d'exac-

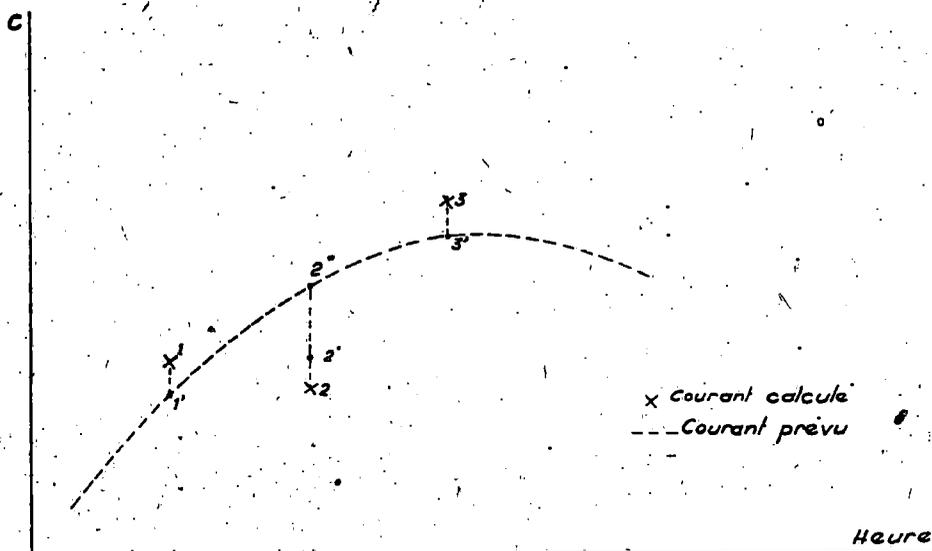


FIG. 2.

titude des mesures; si comme sur la figure 2, il ne l'est pas, il y a très probablement une erreur de mesure sur au moins une vitesse et l'on peut essayer d'identifier cette erreur.

En effet, dès qu'une vitesse V ou V'' est inexacte, ε l'est également et tous les points se déplacent de ce fait en ordonnées de la même quantité, les points impairs dans un sens, le point pair dans l'autre, tandis que le point correspondant au parcours affecté d'erreur subit un déplacement supplémentaire. Par exemple, dans le cas de la figure 2, on voit que les points 1 et 3 sont pratiquement à la même distance de la courbe et qu'on les y ramènerait simultanément en admettant une diminution $\delta\varepsilon$ de l'erreur ε , fournissant les points 1', 2' et 3'; s'il n'y a qu'une seule erreur, elle doit donc affecter le parcours 2 et être égale à $2\delta\varepsilon$, ce qui ramène le point en 2'' sensiblement sur la courbe. A priori, cette erreur peut être due soit à une erreur par excès sur V_2' , soit à une erreur par défaut sur V_2 ; les conditions d'exécution de la mesure permet-

tront souvent d'apprécier la probabilité relative de ces deux hypothèses.

Bien entendu, il n'est pas question de corriger les mesures en fonction d'une courbe de courant prédéterminée, car le courant réel peut en différer sensiblement, mais seulement d'utiliser cette courbe pour apprécier si les courants mesurés sont vraisemblables et, dans la négative, d'en déduire le sens et l'ordre de grandeur des erreurs probables; si ces dernières sont importantes, la seule solution correcte est de reprendre la série. En un mot, la mesure des vitesses au loch permet de faire la « preuve » d'une série (comme on fait la preuve par 9 d'une multiplication).

b) *Emploi des nombres de tours.*

Si cette preuve n'est pas satisfaisante, l'identification de l'erreur est facilitée en utilisant, non seulement les vitesses comme jusqu'à présent, mais encore les nombres de tours. En effet, dans l'hypothèse du beau temps où nous sommes actuellement, les trois avances par tour doivent être pratiquement égales à l'avance par tour moyenne de la série, ce que l'on doit vérifier pour $\frac{V_1'}{N_1}$ et $\frac{V_3'}{N_3}$ après la correction $\delta\varepsilon$; quant à V_2' elle n'a pas la même valeur suivant que l'erreur $2\delta\varepsilon$ affecte V_2'' ou V_2 , puisque :

$$V_2' = (V_2'' - 2\delta\varepsilon) - (\varepsilon - \delta\varepsilon) = V_2'' - \varepsilon - \delta\varepsilon \quad \text{dans le 1er cas}$$

$$V_2' = V_2'' - (\varepsilon - \delta\varepsilon) = V_2'' - \varepsilon + \delta\varepsilon \quad \text{dans le 2e cas.}$$

On peut donc déterminer quelle est celle de ces deux valeurs de V_2' qui fournit la plus plausible pour $\frac{V_2'}{N_2}$.

Cette vérification plus complète présente l'inconvénient de faire intervenir les nombres de tours qui peuvent être eux-mêmes erronés; mais ceux-ci se vérifient à nouveau avec les puissances, si elles ont été mesurées, car les $\frac{F}{N^3}$ doivent être constants en même temps que les $\frac{V'}{N}$: si toutes ces concordances sont réalisées, on est à peu près certain que la série est bonne, tandis qu'elle est douteuse dans le cas contraire.

2° *Cas de plusieurs séries.*

a) *Vérification par les vitesses.*

La vérification devient beaucoup plus probante si l'on a exécuté plusieurs séries. En effet, l'erreur du loch doit varier régulièrement en fonction de la vitesse (d'après la S. C. A. M., l'erreur relative est, en première approximation, une fonction linéaire de la vitesse); de plus, le courant doit également suivre une loi régulière en fonction du temps.

On construit alors simultanément deux graphiques : celui représenté par

la figure 2, sur lequel on porte en fonction de l'heure les courants relatifs à chaque parcours, et celui de la figure 3 où l'on porte en fonction des vitesses V' les pourcentages d'erreur $\frac{100 \varepsilon}{V'}$.

S'il y a plus de 2 séries, le lignage des points sur cette figure 3 indique déjà si l'ensemble des mesures est cohérent; s'il y en a plus de 3, on peut déceler le cas échéant la série la moins bonne.

Si la pente de la droite de la figure 3 est importante, il y a intérêt à tracer une deuxième approximation de la figure 2 tenant compte de ce que ε , étant fonction de la vitesse, n'est pas le même pour les 3 parcours d'une série.

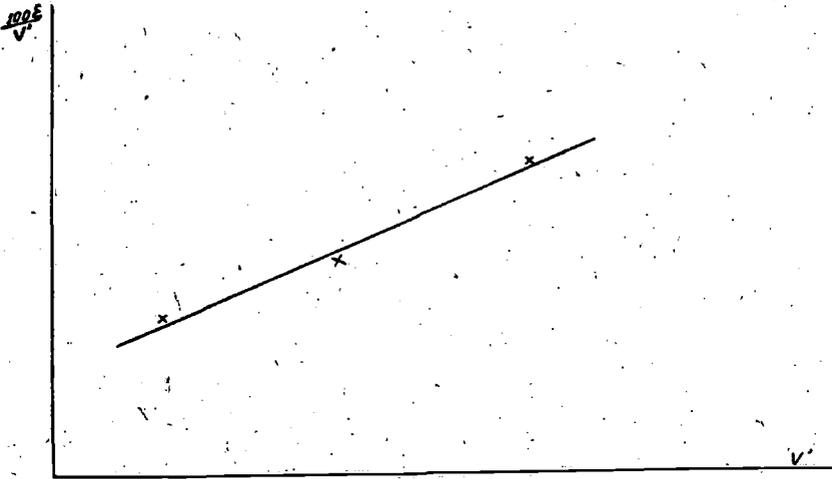


FIG. 3.

Si, alors, les points de la figure 2 ne se lignent pas suivant une courbe analogue à celle prévue pour le courant, on cherche à les y ramener par des corrections faites suivant le même principe que pour une série unique; ces corrections, qui modifient les ε , doivent également améliorer le lignage sur la figure 2.

On notera que la réalisation de cette concordance indique si l'erreur porte sur V ou V'' puisque V' n'est pas le même dans les deux cas.

Si l'on parvient à ce résultat, c'est-à-dire si les points corrigés sont en ligne droite sur la figure 3 et dessinent une courbe de courant vraisemblable sur la figure 2, il y a une forte probabilité pour qu'ils soient exacts; on doit alors vérifier que la plupart des corrections ne dépassent pas l'erreur accidentelle probable sur la vitesse; pour les autres, il y a sans doute eu erreur systématique et il serait prudent de reprendre la série correspondante.

b) *Emploi des nombres de tours.*

Les nombres de tours fournissent la même indication que dans le cas d'une série unique, mais ils permettent en outre de tracer la courbe d'avance par tour en fonction de la vitesse, qui doit encore se ligner convenablement. Si cette condition n'est pas remplie et qu'une correction aux vitesses des parcours aberrants ne puisse être faite en maintenant un lignage correct sur les figures 2 et 3, on peut en conclure qu'il est probable que ce sont les nombres de tours correspondants qui sont erronés.

Si l'on a fait en outre des mesures de puissance, on peut trouver une nouvelle vérification de cette hypothèse ou, si les nombres de tours sont corrects, déceler une éventuelle erreur sur les puissances.

On pourra donc, comme dans le cas de la série unique, mais avec une probabilité accrue, apprécier la qualité des mesures et même corriger les erreurs si celles-ci sont rares.

3° *Cas de l'essai en pêche des chalutiers.*

Dans le cas de l'essai en pêche des chalutiers, nous montrons dans une autre communication [4] que les vitesses des trois parcours diffèrent davantage que dans un essai en route libre, de sorte que l'hypothèse de la constance de ε dans une série est moins justifiée. Nous pensons cependant qu'on peut la conserver en première approximation, la différence des vitesses extrêmes ne dépassant guère 1 nœud pour les courants habituels; une autre solution consisterait à grouper cet essai avec l'ensemble des séries en route libre du même chalutier, mais, pour la raison exposée au paragraphe II et dont une illustration sera donnée au paragraphe 5° a, nous craignons que cette méthode conduise à des erreurs importantes dans certains cas.

Il serait théoriquement plus satisfaisant de profiter de ce qu'on l'on dispose de trois mesures nettement distinctes en V' (alors que l'on n'en a qu'une en route libre) pour déterminer à l'aide de l'unique série en chalutage la droite d'étalonnage du loch aux vitesses de pêche.

En effet, suivant l'étude [4], on a alors, à couple constant :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = V_0 + mC_1 \\ V_2 = V_0 - mC_2 \\ V_3 = V_0 + mC_3 \end{array} \right. \quad (6)$$

V_0 étant la vitesse vraie de chalutage et m le coefficient de réduction du courant en profondeur, système qui à l'aide de la relation (2) permet de déterminer V_0 et les mC , et de remplacer ainsi les trois C inconnus du système (1), qui subsiste, par l'inconnue unique m . Si on élimine celle-ci, on obtient deux relations entre les V' , mais il est impossible de les déterminer individuellement.

Si l'on admet alors que l'erreur relative $\frac{V'' - V'}{V'}$ a pour expression

$$\frac{V'' - V'}{V'} = \gamma + \delta V', \text{ ces deux relations doivent permettre de déterminer } \gamma \text{ et } \delta.$$

En effet, on peut écrire les deux relations fournies par le système (1) :

$$\begin{aligned} mC_2 V_1' + mC_1 V_2' &= mC_2 V_1 + mC_1 V_2 \\ mC_2 V_3' + mC_3 V_2' &= mC_2 V_3 + mC_3 V_2 \end{aligned}$$

soit encore :

$$\begin{aligned} mC_2 (V_1'' - V_1) + mC_1 (V_2'' - V_2) &= mC_2 (V_1'' - V_1) + mC_1 (V_2'' - V_2) \\ mC_2 (V_3'' - V_3) + mC_3 (V_2'' - V_2) &= mC_2 (V_3'' - V_3) + mC_3 (V_2'' - V_2) \end{aligned}$$

Dans ces équations, compte tenu de la petitesse des $(V'' - V')$ on peut les remplacer approximativement par $(\gamma + \delta V'')$ V'' ce qui fournit le système suivant linéaire en γ et δ :

$$\begin{aligned} \gamma (mC_2 V_1'' + mC_1 V_2'') + \delta (mC_2 V_1''^2 + mC_1 V_2''^2) &= mC_2 (V_1'' - V_1) + mC_1 (V_2'' - V_2) \\ \gamma (mC_2 V_3'' + mC_3 V_2'') + \delta (mC_2 V_3''^2 + mC_3 V_2''^2) &= mC_2 (V_3'' - V_3) + mC_3 (V_2'' - V_2) \end{aligned}$$

En fait, à moins de courants très importants variant très rapidement, les vitesses des deux parcours dans le même sens diffèrent assez peu, de sorte que les coefficients des deux équations sont voisins ; la répercussion d'une erreur de mesure sur n'importe quelle variable est alors considérable, si bien que γ et δ sont très mal déterminés : cette méthode est donc inutilisable pratiquement.

4^o Cas du mauvais temps.

A notre avis, il faut distinguer deux cas si le temps n'est pas beau.

Dans le premier, assez exceptionnel, le vent vient de se lever, la mer est encore plate et le navire n'a pas de mouvements de plate forme ; on peut cependant admettre, si le loch est dans l'axe, qu'il existe une certaine gîte permanente due au vent. Dans ces conditions, aucune des influences parasites mentionnées au paragraphe II ne s'exerce sur le loch et ses indications dans les deux sens de parcours sont certainement comparables.

Les mesures peuvent alors se traiter comme dans le cas du beau temps. Les vitesses dans les deux sens de parcours peuvent différer sensiblement sous l'effet du vent, mais, comme nous l'avons supposé pour l'essai en chalutage, on peut admettre que cette différence demeure assez faible pour que l'erreur du loch puisse être considérée comme constante dans une série ; si celle-ci est unique et que l'on utilise les nombres de tours, on ne peut contrôler l'une par l'autre que les avances par tour des parcours de même sens, car il est normal que l'avance par tour soit plus élevée vent arrière que vent debout ; si

les puissances ont été mesurées, on doit constater que les avances par tour et les $\frac{F}{N^3}$ varient en sens inverse entre les deux sens de parcours. Si l'on a fait plusieurs séries, on doit encore vérifier par le diagramme (a, γ) [5] que la relation entre ces variables à l'intérieur de chaque série est la même que pour l'ensemble des séries.

Le deuxième cas est celui du mauvais temps banal où la mer est agitée, le navire ayant des mouvements de plateforme. Jusqu'à preuve du contraire, on peut penser que l'erreur du loch est différente pour les deux sens de parcours et n'est égale pour aucun à sa valeur par beau temps.

Pour une série unique, les seules mesures au loch n'apportent alors aucune vérification. L'utilisation des mesures de nombre de tours ne change pas la situation, car il n'est pas légitime d'admettre la même avance par tour dans les deux sens de parcours. Les mesures de puissance elles-mêmes ne lèvent pas l'indétermination, car si on connaît les valeurs de $\frac{F}{N^3}$ dans les deux sens et la valeur moyenne de $\frac{V}{N}$ pour la série, on ignore la pente de la caractéristique (a, γ) .

Si l'on a fait plusieurs séries en mesurant la puissance, on connaît la caractéristique (a, γ) et l'on peut en déduire l'avance par tour pour chaque parcours et, de là, sa vitesse V' et le courant C correspondant. On peut alors tracer, indépendamment du loch, la figure 2, qui constitue une vérification de l'ensemble des autres mesures. Si cette vérification est satisfaisante, on peut alors tracer la figure 3; si l'ensemble des points se ligne suivant une courbe unique, c'est qu'il n'y a pas eu d'influence parasite sur le loch et l'on est dans un cas analogue à celui du beau temps. Dans le cas contraire, si le temps est stable, on doit constater que les points relatifs à un sens de parcours se lignent suivant une courbe tandis que ceux relatifs à l'autre sens sont sur une courbe distincte. On peut alors exploiter les écarts de chacun des points par rapport à sa courbe comme dans le cas du beau temps, mais on ne peut pas faire l'étalonnage du loch puisque celui-ci ne dépend pas que de la vitesse.

En somme, dans le cas du mauvais temps, le loch ne fournit d'indications exploitables à la vérification des mesures que si l'on a exécuté plusieurs séries avec mesure de la puissance, tandis que dans tous les cas assimilables au beau temps, même pour une seule série comportant uniquement des mesures de vitesse, le loch apporte une vérification.

Nous allons maintenant illustrer ces considérations théoriques par quelques exemples.

TABLEAU I
Chabrier Joseph-Duhamel-II. — Résultats des essais d'avance par tour.

DATE ET HEURE	SÉRIE	PARCOURS	V	N	V''	\bar{V}	\bar{V}''	$100 \frac{\bar{V}'' - \bar{V}}{\bar{V}}$	V'' - V'	V'	a	C
11/7/55	I	1	12,90	165,29	13,88	13,31	13,71	+ 3,0	0,42	13,46	0,0814	0,56
12 h 57 mn		2	13,55	164,23	13,55				0,45	13,10	0,0798	0,45
13 h 27		3	13,25	164,79	13,85				0,42	13,43	0,0815	0,18
14 h 14												
14 h 46 mn	II	1	13,60	172,78	14,05	13,66	14,16	+ 3,7	0,40	13,65	0,0790	- 0,05
15 h 12		2	14,04	173,16	14,24				0,38	13,86	0,0800	- 0,18
15 h 31		3	12,99	172,41	14,11				0,39	13,72	0,0796	- 0,73
16 h 11 mn	III	1	12,88	143,88	12,51	11,88	12,41	+ 4,5	0,54	11,97	0,0832	- 0,89
16 h 48		2	10,32	143,08	12,40				0,55	11,85	0,0828	- 1,53
17 h 15		3	14,00	143,12	12,33				0,56	11,77	0,0822	- 2,23
18 h 11 mn	IV	1	7,24	110,44	9,94	9,17	9,83	+ 7,2	0,66	9,28	0,0840	- 2,04
18 h 33		2	11,10	108,99	9,75				0,67	9,08	0,0833	- 2,02
19 h 14		3	7,19	110,00	9,89				0,66	9,23	0,0839	- 2,04
12/7/55	V	1	3,27	107,09	4,94	4,22	4,24	+ 0,5	0,02	4,92	0,0459	- 1,65
8 h 18 mn		2	5,04	103,09	3,67				0,02	3,65	0,0354	- 1,39
8 h 52		3	3,54	106,45	4,69				0,02	4,67	0,0439	- 1,13

5° Exemples d'emploi du loch aux essais d'avance par tour.

a) Application aux essais du chalutier « Joseph Duhamel II » (série unique, beau temps).

Bien que le chalutier *Joseph-Duhamel-II* ait effectué 5 séries de bases dont une en chalutage, chaque série doit être considérée comme unique, car, ces bases ayant été exécutées au Decca, les points moyens des différentes séries ne sont pas confondus. Aucune mesure de puissance utilisable n'a pu être faite, mais le temps était parfaitement calme.

Diverses indications relatives aux essais Decca du *Joseph-Duhamel-II* ont été données ailleurs [4] et [6] et nous nous bornerons à indiquer ici les vites-

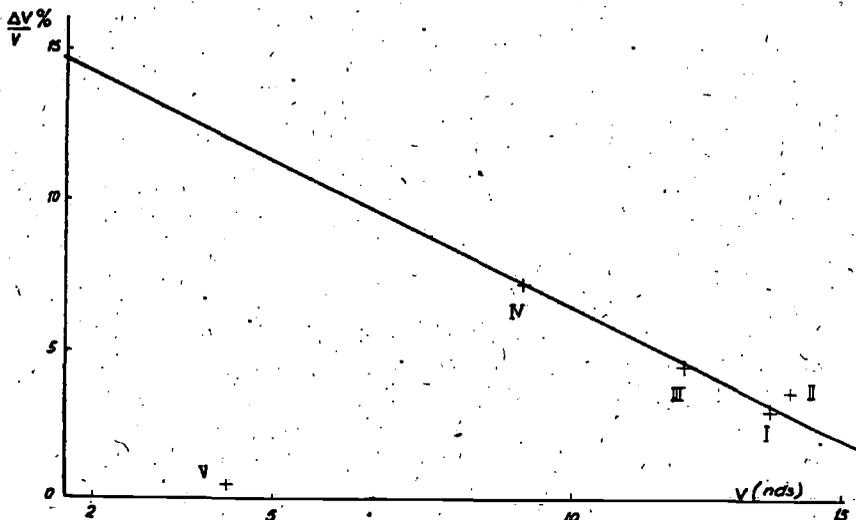


FIG. 4. — *Joseph-Duhamel-II*. Etalonnage du loch.

ses calculées pour chaque parcours par les relevés Decca, celles résultant des lectures du loch, et les nombres de tours moyens de chaque parcours. Le tableau I réunit ces chiffres ainsi que leurs moyennes par série.

Comme indiquée plus haut, chaque série doit être considérée individuellement pour la vérification du courant, mais si on leur accorde le préjugé favorable, il est normal de commencer par tracer la courbe d'étalonnage du loch pour corriger chaque parcours d'après cette courbe. Celle-ci, établie d'après la moyenne de chaque série est représentée par la figure 4, analogue à la figure 3. On voit que trois des quatre points relevés en route libre sont pratiquement en ligne droite, le dernier présentant un écart d'environ 0,1 nœud par rapport à la droite de balancement la plus probable, tout à fait plausible si l'on note qu'il s'agit de la série à toute puissance dont les parcours n'ont duré que 5 minutes chacun. Nous avons donc calculé les V' en route libre en corrigeant les V''

d'après cette droite d'étalonnage, on peut remarquer que la correction relative aux divers parcours d'une même série est la même à 0,02 nœud près, ce qui justifie l'adoption d'une correction constante dans le cas d'une série unique.

Il faut noter que le point représentant l'essai en chalutage (série V) est très éloigné de la droite d'étalonnage déterminée en route libre. Si l'on admettait que, au cours de cet essai, les erreurs du loch sont celles indiquées par la droite d'étalonnage prolongée, on trouverait des courants absurdes et il faudrait admettre des erreurs de mesure considérables dont rien ne vient confirmer l'existence. Si l'on appliquait à la série V la méthode dont le schéma est donné

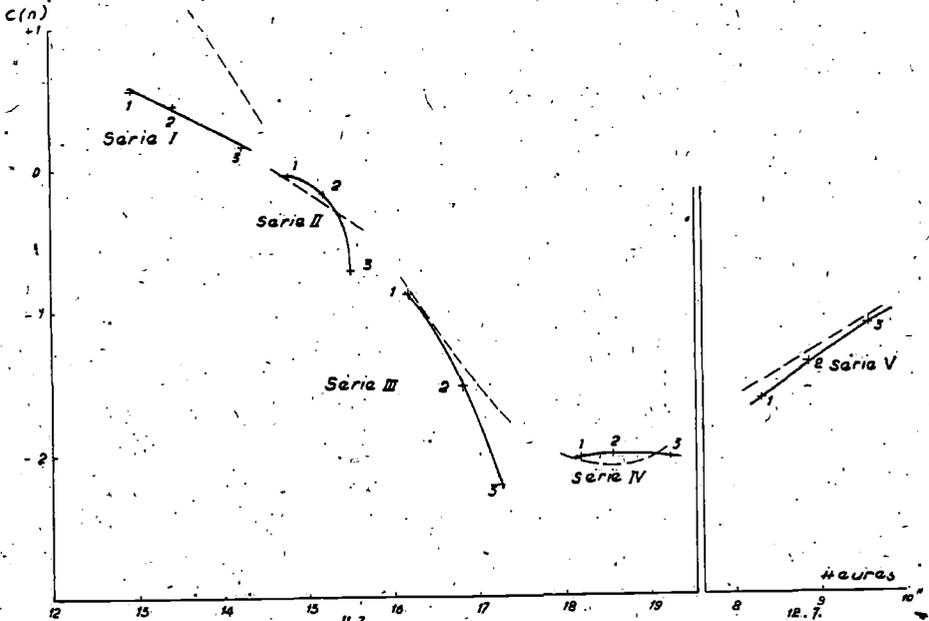


Fig. 5. — Joseph-Duhamel-II — Comparaison des courants estimés et calculés.

à la fin du § 3^o, on trouverait que l'erreur du loch varie de - 7 % à 3,9 nœuds, à + 7 % à 4,5 nœuds, ce qui est invraisemblable et correspond à une droite d'étalonnage de pente inverse à celle de route libre. Nous avons donc considéré que l'erreur du loch aux vitesses de pêche était celle déterminée par la moyenne de la série, soit 0,5 % ou 0,02 nœud ; l'écart par rapport à la droite d'étalonnage en route libre est probablement dû à la raison mentionnée au § II.

Nous avons alors calculé les courants et les avancés par tour pour chaque parcours, ce qui nous a donné les figures 5 et 6 dont la première est analogue à la figure 2.

Sur la figure 5, nous avons également tracé en tirets les courants estimés d'après les cartes de courant de la Manche, compte tenu de la position et de l'heure.

Pour la série I, exécutée sur la base de Jardeheu-Saint-Germain-des-Vaux, les courants calculés sont nettement plus faibles que ceux prévus, mais varient linéairement comme ceux-ci pour s'annuler à la même heure; en outre les avances par tour dans les deux parcours de même sens sont égales à 0,1 % près tandis que celle dans l'autre sens est plus faible de près de 2 % en même temps que le nombre de tours est également plus faible; toutes ces constatations sont cohérentes, alors que pour rétablir l'accord entre courants calculé et

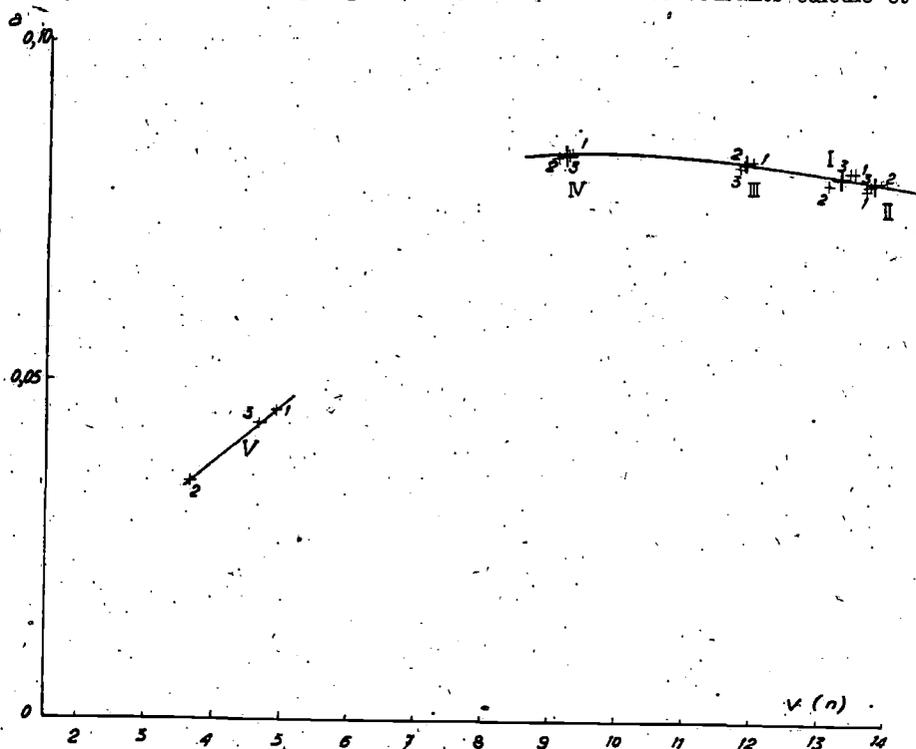


FIG. 6. — *Joseph-Duhamel-II* — Avance par tour en fonction de la vitesse.

prévu il faudrait supposer des erreurs importantes et multiples, dont l'ensemble est invraisemblable. Le parcours d'essai étant proche de la terre, nous pensons que c'est la prévision du courant qui est en défaut, les mesures étant très bonnes. On pourrait cependant noter que, les parcours n'étant pas équidistants dans le temps, il y aurait matière de ce fait à une correction de l'ordre de 0,02 nœud qui améliorerait la figure 4.

Pour la série II, les courants des deux premiers parcours sont conformes à la carte, celui du troisième est manifestement erroné; c'est la vitesse Decca qui est trop faible, ce qui n'est pas étonnant, ce parcours n'ayant duré que 4 mn; l'erreur sur la moyenne serait de l'ordre de 0,1 nœud par défaut, ce qui ramènerait pratiquement le point sur la droite de la figure 4. Les avances par tour en

seraient majorées de 0,0006, ce qui améliorerait également la figure 6; malgré une dispersion plus forte qu'à la série I, due à la durée réduite des parcours, la comparaison de ces avances par tour est correcte.

Pour la série III, les constatations sont analogues pour le parcours 3, mais il semble bien que ce soit la vitesse au loch qui soit erronée par défaut, car l'avance par tour de ce parcours ne concorde pas avec celles du parcours 1; les relevés détaillés montrent d'ailleurs une diminution sensible (2 %) de la vitesse au loch dans la deuxième moitié de ce parcours. De toute façon la correction sur la moyenne serait très faible (0,01 n) et sans incidence pratique sur les graphiques.

La série IV est visiblement faite à l'échelle de courant et l'accord des différents graphiques est pratiquement parfait.

Pour la série V, la variation du courant est bien linéaire comme prévu et l'écart insignifiant entre courants calculés et mesurés constitue une confirmation du bien-fondé de l'hypothèse faite pour déterminer l'erreur du loch.

Cet exemple illustre bien l'intérêt de l'exploitation des mesures de vitesse au loch; en effet, elles ont d'abord permis :

- de vérifier l'excellente qualité de l'ensemble des mesures;
- de déceler des erreurs très faibles et d'en fournir une valeur approchée.

Mais, en outre, elles seules, en l'absence de mesures de puissance, ont autorisé la détermination des avances par tour individuelles des parcours qui a mis en évidence que, malgré la mer d'huile et le vent très faible, il existait une différence systématique de l'ordre de 1 % entre les avances par tour relatives aux deux sens de parcours. Ce résultat attire à nouveau l'attention sur les erreurs considérables que l'on peut commettre en supposant l'avance par tour constante sur un petit navire dès que le temps est simplement maniable.

Enfin, ce sont encore les mesures de vitesse au loch qui ont attiré notre attention sur le fait que la vitesse d'un chalutier en pêche n'est pas indépendante du courant comme celle des autres navires et nous a incité à étudier en détail cet aspect du fonctionnement en pêche exposé dans [4].

b) *Application aux essais de la « Lucy Ashton »* (assez beau temps, séries multiples):

Les remarquables essais exécutés par la B. S. R. A. sur le navire expérimental *Lucy Ashton* ont fait l'objet de nombreux mémoires publiés dans les Transactions de l'I. N. A. Nous nous référons ici au dernier de ces mémoires [7] dont l'appendice I fournit 3 tableaux de résultats de mesures de vitesse sur la base de Gareloch. Au cours de ces essais, le vent a été parfois assez fort, mais le creux a toujours été insignifiant (15 cm au maximum une seule fois) : on peut donc considérer que le loch n'a subi aucune influence parasite. D'autre part, le navire ayant été propulsé par un appareil aérien à réaction,

TABLEAU II. — "Lucy Ashton". — Résultats des mesures de vitesses.

SÉRIE	Parcours n° et sens	V	V ^o	\bar{V}	\bar{V}^o	$\bar{V}^o - \bar{V}$	\bar{C} base	\bar{C} loch	\bar{C} loch
Essais du 1-5-51									
A	1 N	11,734	11,9	11,891	11,9	+ 0,009	0,157 S	0,166 S	0,157 S
	2 S	12,048	11,9					0,148 S	
B	3 N	14,400	14,6	14,553	14,55	- 0,003	0,153 S	0,200 S	0,203 S
	4 S	14,706	14,5					0,206 S	
C	5 N	14,802	14,6	14,695	14,7	+ 0,005	0,108 N	0,002 N	0,008 N
	6 S	14,587	14,5					0,013 N	
D	7 N	14,827	14,8	14,707	14,7	- 0,007	0,120 N	0,027 N	0,020 N
	8 S	14,587	14,6					0,013 N	
E	9 N	12,212	12,2	12,106	12,1	- 0,006	0,106 N	0,012 N	0,006 N
	10 S	12,000	12,0					0,000	
Essais du 7-5-51									
A	1 S	6,009	—	5,687	—	—	0,323 S	—	—
	2 N	5,364	—					—	
B	3 S	12,020	—	11,741	—	—	0,280 S	—	—
	4 N	11,461	—					—	
C	5 N	7,469	7,5	7,686	7,6	- 0,086	0,216 S	0,031 N	0,085 S
	6 S	7,902	7,7					0,202 S	
D	7 N	9,125	9,3	9,665	9,6	- 0,065	0,540 S	0,175 S	0,240 S
	8 S	10,204	9,9					0,304 S	
E	9 N	12,401	12,6	12,792	12,8	+ 0,008	0,391 S	0,199 S	0,191 S
	10 S	13,182	13,0					0,182 S	
F	11 N	14,285	14,5	14,520	14,5	- 0,020	0,235 S	0,215 S	0,235 S
	12 S	14,754	14,5					0,254 S	
G	13 N	13,585	13,7	13,748	13,7	- 0,048	0,162 S	0,115 S	0,162 S
	14 S	13,910	13,7					0,210 S	
Essais du 4-6-51									
A	1 S	5,741	—	5,950	—	—	0,209 N	—	—
	2 N	6,158	6,1					0,058 N	
B	3 S	11,104	11,1	11,211	11,2	- 0,011	0,107 N	0,004 S	0,007 N
	4 N	11,317	11,3					0,017 N	
C	5 S	13,964	14,0	14,033	14,1	- 0,067	0,068 N	0,036 N	0,032 S
	6 N	14,101	14,2					0,099 S	
D	7 S	12,973	12,7	12,888	12,85	- 0,038	0,086 N	0,273 S	0,235 S
	8 N	12,802	13,0					0,198 S	
E	9 S	10,292	—	10,300	—	—	0,009 N	—	—
	10 N	10,309	—					—	

il n'y a pas de variables α et γ et, seules, les vitesses peuvent se contrôler mutuellement par le calcul du courant.

Suivant l'usage britannique, chaque série a comporté deux parcours seulement exploités suivant l'hypothèse du courant constant. Le tableau II fournit pour chacun de ces parcours les vitesses mesurées sur la base et au loch, leur écart absolu, les courants déduits des seules mesures sur base et ceux déduits de la différence des mesures sur base et au loch. On peut noter que le

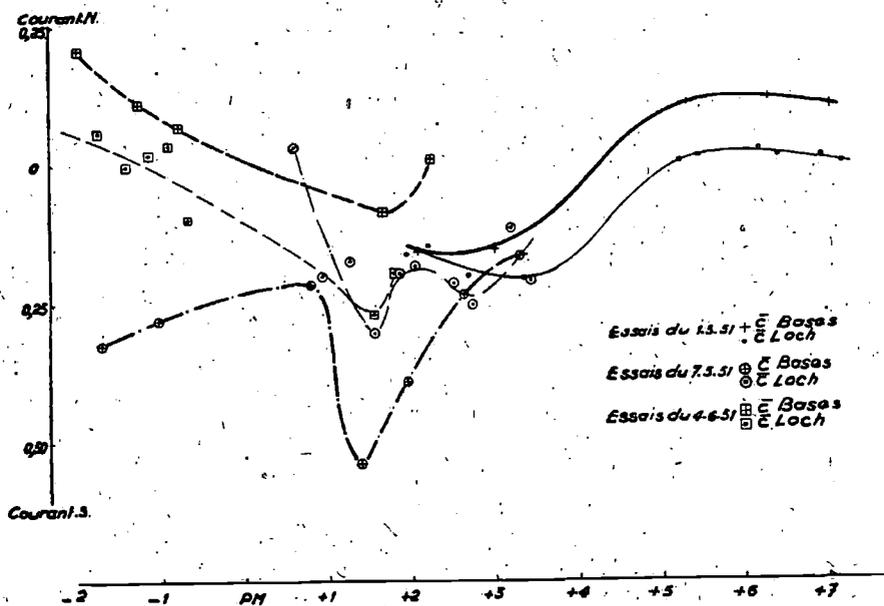


FIG. 7. — Lucy Ashton — Courants d'après les mesures sur bases et au loch.

loch n'a été lu qu'à 0,4 nœud près et que son étalonnage est excellent puisqu'aucun écart sur les moyennes n'atteint cette valeur.

Pour porter les courants déduits des trois essais sur un graphique unique, nous avons pris comme abscisse l'heure de l'essai rapportée à celle de la pleine mer à Greenock. Dans ces conditions, si le courant est dû essentiellement à la marée, les trois courbes doivent avoir, sinon les mêmes ordonnées en valeur absolue, puisque les coefficients de marée étaient probablement différents, du moins la même allure.

En réalité, le courant dénommé « C base » dans le tableau est un courant fictif résultant de l'hypothèse (inexacte, mais non faite par l'auteur du mémoire) que la vitesse est la même pour les deux parcours d'une série; quant au courant « C loch » c'est bien un courant vrai mais étant donné la procédure des mesures au loch décrite dans [8], on ne peut retenir comme courant sur la base que la moyenne des chiffres relevés pour les deux parcours d'une série en les rapportant

à un instant postérieur de quelques minutes à l'instant moyen de la série : ces chiffres sont ceux portés dans la colonne « \bar{C} loch ». La figure 7 représente ces courants.

On peut y noter que, aux essais du 1/5/51, les deux courbes sont parallèles sauf pour la première série; leur écart, de l'ordre de la précision des lectures du loch (0,1 n) ne serait pas significatif s'il n'apparaissait systématique : il est dû à l'influence du vent car, sauf à la première série, les vitesses au loch vent AR sont supérieures à celles vent debout alors que les poussées sont pratiquement les mêmes; d'autre part, l'exécution de deux parcours seulement par série ne donne lieu à aucune observation, car toutes les séries ont été exécutées à l'étalement de courant.

Les essais du 4/6/51 donnent lieu au même commentaire, si ce n'est que l'écart dépasse la précision de lecture du loch, ce qui confirme son caractère systématique. Cependant on note que, au moins la série C (et peut-être aussi les séries B et A) a été exécutée en période de variation rapide de courant, ce qui entraîne une erreur de l'ordre 0,01 n sur la vitesse moyenne de cette série. Les deux courbes « \bar{C} loch » du 1/5 et du 4/6 se raccordent bien pour indiquer une variation d'allure sinusoïdale du courant sur la base.

Pour les essais du 7/5/51, la courbe « \bar{C} loch » est encore en bon accord avec les précédentes, même pour la variation de faible amplitude qui se manifeste environ 2 heures après la pleine mer, mais la courbe « \bar{C} base » diffère sensiblement des deux autres. Cela tient à plusieurs causes; les séries B et C (et peut-être A) ont été exécutées en période de variation rapide du courant, le temps était nettement moins beau que les deux autres jours et rapidement variable : c'est ainsi que la pointe des séries D et E est due à un coup de vent; enfin pour la série C, le rapport indique une insuffisance du parcours d'approche.

Cet exemple n'est pas extrêmement démonstratif; en effet, étant donné le soin avec lequel ont été exécutées et dépouillées les expériences de la B. S. R. A., il y avait peu de chances qu'elles comportent des erreurs importantes que le loch aurait permis de déceler; au moins a-t-il confirmé la qualité des résultats et permis de rapporter des anomalies très faibles à des causes mentionnées dans le mémoire; il aurait pu permettre, si les mesures au loch avaient été organisées dans ce but, d'exploiter les parcours individuellement au lieu d'être obligé de les grouper en séries.

c) *Application aux essais du « Djiring » (deux séries, mauvais temps).*

Le *Djiring*, cargo appartenant à la Compagnie de Navigation Denis Frères a effectué au large de Cherbourg deux séries, l'une de 5 parcours, l'autre de 3, au déplacement de 3.300 tonnes; la mer était houleuse et le vent traversier de force 4 à 6; le navire avait une gîte permanente de 5 à 6° sur tribord dans les parcours cap à l'est, tandis qu'il était droit cap à l'ouest; le roulis était faible, mais le tangage était assez important, surtout cap à l'ouest.

TABLEAU III

Cargo "Diving". — Résultats des essais sur base.

SÉRIE	PARCOURS N° ET SENS	HEURE MOYENNE	V	V ⁿ	N	\bar{V}	\bar{V}^n	V _i	C _i	V _h	C _h	a _i	V _o	C _o	100 $\frac{(V^n - V_o)}{V_o}$
I	1 W	10 h 32	40,40	42,44	428,9			41,88	4,73 E			-0,09478	41,45	4,35 E	+ 6,08
	2 E	10 h 52	42,40	44,40	430,1			41,41	0,99 E			-0,08540	41,56	0,54 E	- 1,38
	3 W	11 h 20	44,41	42,18	428,8	44,47	44,77	41,87	0,46 E			0,09216	41,45	0,04 E	+ 6,38
	4 E	11 h 45	41,09	41,35	429,2			41,06	0,03 E			0,08560	41,48	0,39 W	- 1,13
	5 W	12 h 14	42,31	42,18	428,5			41,87	0,44 W			0,09237	41,42	0,89 W	+ 6,65
II	6 E	13 h 4	9,59	11,80	436,9			11,66	2,07 W	11,50	4,91 W	0,08400	11,93	2,34 W	- 1,09
	7 W	13 h 32	14,81	12,70	436,8	12,08	12,2,2	12,55	2,26 W	12,37	2,44 W	0,09042	11,92	2,89 W	+ 6,54
	8 E	14 h	9,41	11,70	436,3			11,56	2,45 W	11,50	2,29 W	-0,08364	11,86	2,75 W	- 1,35

On a fait des mesures de vitesse sur base, de vitesse au loch, de nombres de tours et de puissance indiquée. Le tableau III indique les principaux résultats.

Les moyennes \bar{V} et \bar{V}'' pour la première série ont été établies en négligeant le premier parcours, l'examen détaillé des relevés ayant montré qu'une légère erreur devait affecter l'une des vitesses de ce parcours; le tableau montre que \bar{V}'' est supérieur à \bar{V} de 2,63 % pour la première série, 1,19 % pour la

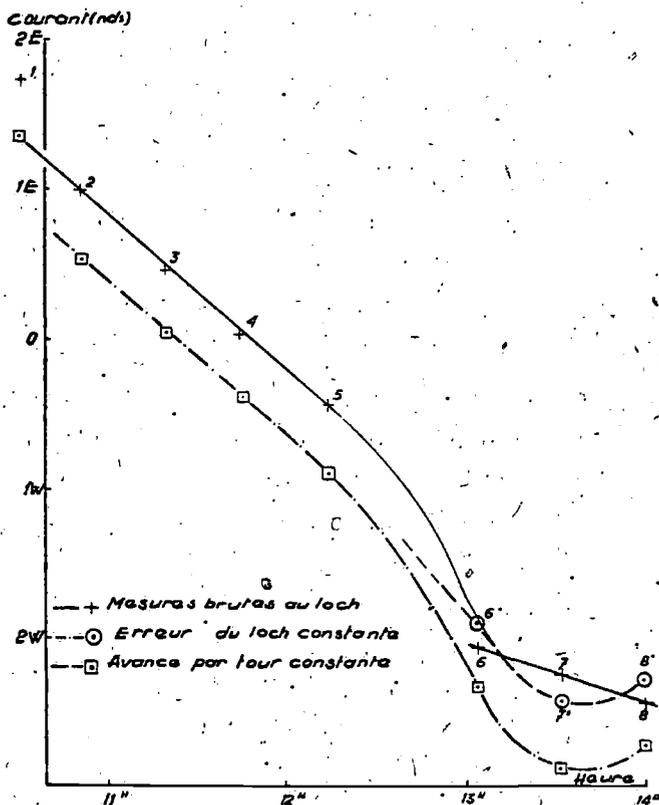


FIG. 8. — Cargo Djiring — Courant sur la Base.

seconde; les vitesses V' sont calculées en corrigeant les V'' de ces pourcentages et les courants C_1 sont obtenus par comparaison des V et des V' ; ces courants sont portés sur la figure 8 en fonction de l'heure moyenne de chaque parcours. On peut y constater que les points relatifs aux parcours 2 à 5 s'alignent remarquablement, tandis que la position du point 1 n'est pas vraisemblable, ce qui confirme la discordance sur le premier parcours (environ 0,4 nœud); les points de la deuxième série s'alignent bien entre eux, mais non avec ceux de la première. Ce désaccord s'atténue beaucoup si l'on admet, étant donné le faible écart de vitesses, que l'erreur du loch est de 2,63 % pour la seconde série comme

pour la première; avec cette hypothèse (qui donne les chiffres V_{11} et C_{11}) il apparaît que la variation du courant n'aurait pas été linéaire pendant la deuxième série, ce qui ramènerait sa vitesse moyenne à 11,91 n au lieu de 12,08 n.

Il subsiste cependant une anomalie; le tableau donne les avances par tour a , déduites des vitesses au loch corrigées; il apparaît ainsi que, dans chaque série, l'avance par tour est remarquablement constante pour chaque sens de parcours, mais très différente d'un sens à l'autre, les moyennes étant :

Série I { Cap à l'W 0,0921
 { Cap à l'E 0,0855

Série II { Cap à l'W 0,0904
 { Cap à l'E 0,0838

et les rapports de ces chiffres étant pratiquement les mêmes, 1,077 pour la première série et 1,079 pour la seconde. Un tel écart n'est nullement invraisemblable *a priori* par mauvais temps, surtout si l'on note le comportement assez différent du navire, aux deux caps, mais, étant donné l'allure des caractéristiques d'hélice, il devrait être confirmé par les constatations suivantes :

- nombre de tours plus élevé cap à l'W;
- F/N^3 plus faible cap à l'W.

En fait les nombres de tours moyens montrent la tendance inverse pour la première série (128,7 t/mn cap à l'W et 129,65 t/mn cap à l'E) et sont pratiquement égaux à la seconde (136,8 t/mn cap à l'W, 136,6 t/mn cap à l'E); quant aux mesures de puissance, elles sont très peu sûres, mais les F/N^3 sont pratiquement les mêmes dans les deux sens de parcours à la première série, tandis que le plus élevé paraît être cap à l'W dans la seconde.

On peut conclure de là que les avances par tour sont probablement très voisines dans les deux sens de parcours, et que la légère différence qui peut subsister est à l'avantage des parcours cap à l'est.

Si l'avance par tour est indépendante du sens de parcours, elle est de 0,08886 pour la première série et de 0,08713 pour la seconde, compte tenu de la correction de non linéarité. Les vitesses et courants correspondants sont donnés dans les colonnes V'_a et C_a . Enfin la dernière colonne indique, dans cette hypothèse, l'erreur relative du loch. On voit qu'en moyenne, celle-ci est de — 1,24 % pour les parcours cap à l'est et de + 6,40 % cap à l'ouest. Si le loch était initialement étalonné, l'erreur cap à l'ouest, où le navire était droit, doit être due à la houle; s'il n'était pas étalonné et que l'on n'admette pas une influence de cet ordre due à la houle, il faut supposer que c'est la gîte cap à l'est qui a entraîné une erreur de l'ordre de 7,64 %.

Ces conclusions seraient plus fermes si l'on avait disposé de mesures de puissance sûres qui auraient permis de fixer sans ambiguïté le rapport des avances par tour dans les deux sens de parcours. Nous croyons cependant que

TABLEAU IV. — S/s "Tervaele". — Résultats des essais sur base.

Heure moyenne	SÉRIE	PAR-COURS N° ET SENS.	V	N	V ⁿ	\bar{V}	\bar{V}^n	$100 \frac{\bar{V}^n - \bar{V}}{\bar{V}}$	V ⁿ		C ₁₁		V ⁿ		C ₁₂		a ₁
									1	2	1	2	1	2			
8 h 28,5	I	1 W	16,636	78,502	16,413				16,672	0,036 E	16,662	0,026 E	0,21238				
9 h 1,5		2 E	16,794	79,130	16,733	16,882	— 1,55	16,997	0,206 W	16,993	0,202 W	0,21480					
9 h 35		3 W	17,175	78,685	16,573			16,834	0,341 W	16,829	0,346 W	0,21394					
10 h 5,5		4 E	16,521	79,557	16,633			16,895	0,374 W	16,890	0,369 W	0,21236					
10 h 39,5	II	5 W	16,752	74,604	15,900	16,371	— 2,06	16,398	0,518 W	16,131	0,621 W	0,21760					
11 h 8		6 E	15,797	75,245	16,060	16,033		16,381	0,601 W	16,296	0,499 W	0,21793					
11 h 36,5		7 W	16,997	74,921	16,044			16,388	0,616 W	16,280	0,717 W	0,21864					
12 h 6		8 E	15,831	74,979	16,050			15,624	0,557 W	15,627	0,455 W	0,21857					
12 h 34	III	9 W	16,129	71,248	15,413	15,701	— 1,35	15,718	0,505 W	15,627	0,502 W	0,21929					
13 h 8		10 E	15,294	71,764	15,506	15,489		15,699	0,424 W	15,723	0,429 W	0,21902					
13 h 33		11 W	16,064	71,450	15,487			15,736	0,365 W	15,704	0,360 W	0,21972					
14 h 4		12 E	15,405	71,565	15,523			14,210	0,331 W	15,742	0,337 W	0,21988					
14 h 37,5	IV	13 W	14,430	49,943	11,118	11,163	— 0,32	14,204	0,220 W	14,211	0,219 W	0,22446					
15 h 13,5		14 E	14,147	49,489	11,109	11,072		14,170	0,054 W	14,202	0,055 E	0,22630					
15 h 45,5		15 W	14,055	50,018	11,078			10,985	0,11 5	14,170	0,115 E	0,22332					
16 h 28,5		16 E	14,266	49,257	10,895				0,281 E	10,983	0,288 E	0,22304					

cet essai ne permet pas de douter de l'existence d'influences parasites sur le loch par mauvais temps. Malgré ces influences, le loch a permis de déceler la non linéarité de la variation du courant au cours de la seconde série et de corriger rationnellement la vitesse résultant de cette série.

d) *Application aux essais du « Tervaete »* (séries multiples, temps moyen).

L'article [1] donne le détail des relevés effectués aux essais sur base du S/S *Tervaete*. Ces essais ont été effectués soigneusement, mais il s'agissait d'un navire marchand en exploitation et la précision des relevés est de l'ordre de celle que l'on peut normalement escompter aux essais de recettes.

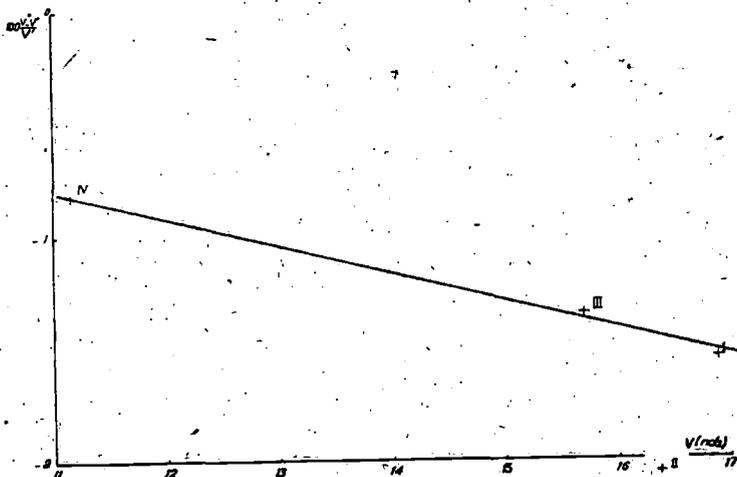


FIG. 9. — *Tervaete* — Etalonnage du loch.

On a relevé la vitesse sur base, la vitesse au loch, le nombre de tours, le couple torsionométrique et la poussée au cours de 4 séries de 4 parcours chacune, effectués par un vent presque traversier de force 2 à 3 et un creux de 0,70 m à 1,50 m.

Le tableau IV fournit les principaux résultats des mesures.

Dans la colonne $\frac{100 (\bar{V}'' - \bar{V})}{\bar{V}}$ nous avons calculé l'erreur du loch en pourcentage, que nous avons portée graphiquement en fonction de la vitesse sur la figure 9. Le loch étant de construction britannique (British Pitometer Company), nous ignorons si sa courbe d'étalonnage doit être une droite; cependant, trois des points se lignent assez bien tandis que celui relatif à la série II est très écarté de cette droite; nous avons donc envisagé deux hypothèses :

1. — l'erreur est constante dans chaque série et égale à celle résultant des moyennes;

2. — l'étalonnage est représenté au mieux par la droite qui néglige la série II (le Professeur AERTSSEN a retenu une erreur constante de $-1,5\%$).

Nous avons alors calculé les vitesses vraies V_1 , d'après l'étalonnage du loch suivant hypothèses 1 et 2 et en avons déduit les courants C_1 , portés graphiquement en fonction de l'heure sur la figure 10.

L'hypothèse 2 fournit des points dessinant une courbe très irrégulière tandis que l'hypothèse 1 correspond à une variation plus progressive du courant; en l'absence de tout renseignement sur le courant prévu, nous considé-

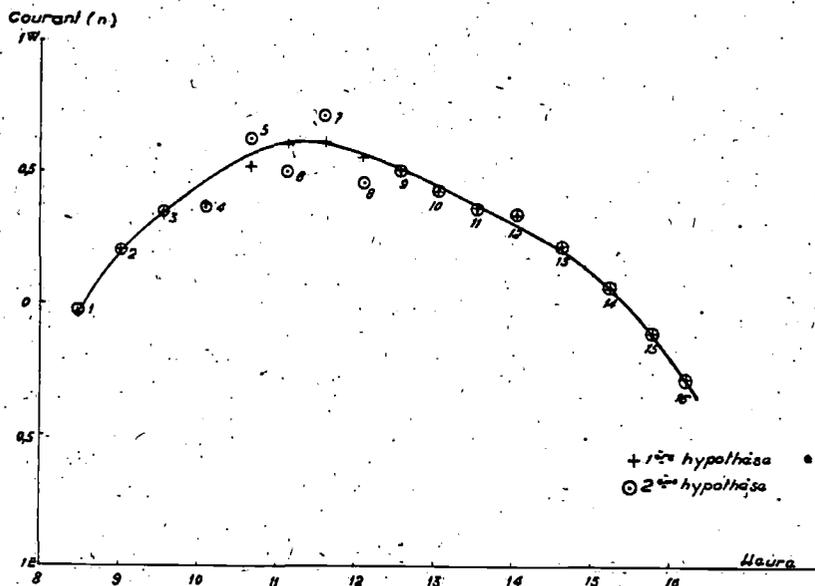


Fig. 10. — Tervaele — Courants sur la base d'après vitesses du loch.

rons donc l'hypothèse 1 comme plus vraisemblable; c'est la courbe balançant au mieux les points correspondant à cette hypothèse qui est tracée sur la figure 10. Cette courbe ne peut passer par le point 4 (il en serait de même dans l'hypothèse 2) : il y a donc probablement une erreur appréciable sur les vitesses du quatrième parcours.

Nous avons également calculé les avances par tour a_1 résultant des vitesses V_{11} et les avons représentées graphiquement sur la figure 11. On y retrouve l'anomalie du parcours n° 4, mais des écarts analogues semblent y affecter les points 6, 10 et 14.

D'autre part, sans utiliser les mesures de vitesse au loch, nous avons exploité en détail ces mêmes essais comme nous l'avons indiqué ailleurs [9], ce qui nous a fourni les diagrammes (a, γ) et (N, γ) sur lesquels les points individuels permettent des remarques analogues.

Si l'on note en outre que, sur la figure 10, le point 4 se trouve à moins

de 0,1 nœud d'une courbe vraisemblable et que les autres anomalies relevées ne dépassent guère 1 %, on doit conclure qu'elles manifestent seulement la dispersion usuelle des mesures; il serait sans doute possible, au prix d'un travail important, d'obtenir sur toutes les figures des courbes régulières et ne laissant aucun point à l'écart en apportant à de nombreux relevés des corrections inférieures à 1 %, mais l'intérêt d'un tel travail est très discutable.

En d'autres termes, dans le cas du *Tervaete*, les mesures de vitesse au loch ont été utiles pour étalonner cet appareil — c'était leur objet, mais

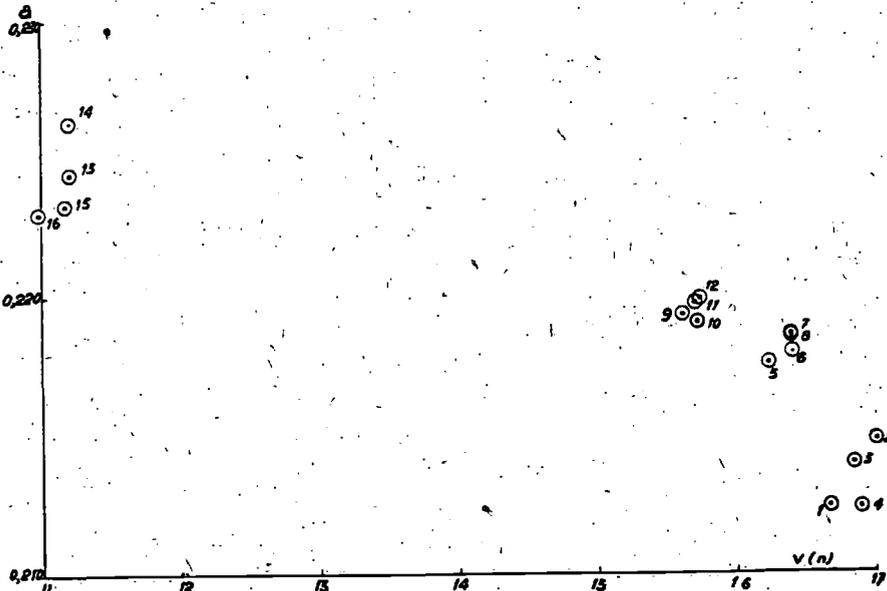


FIG. 11. — *Tervaete* — Avance par tour d'après le loch.

elles n'apportent aucune aide appréciable à l'analyse des autres mesures, car celles-ci ne sont apparemment entachées d'aucune erreur importante, supérieure à la précision des mesures au loch.

IV. — EMPLOI DU LOCH EN ROUTE LIBRE

L'emploi du loch en route libre n'exige pas de longs développements. Si le loch a été correctement étalonné, il fournit la mesure directe, exacte et très précise si le relevé est fait sur une durée assez longue, de la vitesse sur l'eau, au moins par beau temps.

Combinée avec la mesure du nombre de tours pendant la même durée, la distance parcourue au loch permet donc de chiffrer sans aucune hypothèse

l'influence de la salissure, du déplacement, de l'assiette. Si le couple a été mesuré simultanément, un recoupement peut être obtenu par l'emploi des diagrammes (α, γ) et (N, γ) ou de toute autre représentation graphique analogue.

Ce recoupement est particulièrement précieux si la mesure est faite par mauvais temps, car il permet alors de déterminer si l'état de la mer a ou non une influence sur le loch. Cette même vérification peut être obtenue par une mesure simultanée de la vitesse sur le fond à l'aide du Navigateur Decca dans les cas où les courants sont bien connus.

V. — CONCLUSIONS

Pour l'étude du fonctionnement propulsif du navire, il n'y a aucune raison de ne pas considérer le loch comme un instrument de mesure, au même titre que le totalisateur de nombre de tours, le torsiomètre et l'indicateur de poussée.

L'étalonnage de cet appareil est fait lors des essais de vitesse, mais même avant étalonnage, le loch peut fournir des indications utilisables au contrôle des autres mesures; ce contrôle est particulièrement efficace lorsqu'il existe une erreur importante, car le loch permettra souvent de la chiffrer.

En route libre, le loch constitue le seul moyen de mesure directe de la vitesse sur l'eau.

Toutefois, il semble que l'exactitude des mesures au loch ne soit assurée que par beau temps, son étalonnage ayant été exécuté également par beau temps. Des mesures plus nombreuses devraient permettre de préciser ce point et peut-être d'évaluer l'erreur du loch en fonction de l'état de la mer.

Nous exprimons nos remerciements à la S. C. A. M., qui a bien voulu nous documenter sur les lochs et dont le représentant à bord, M. JOUTEL, nous a apporté un précieux concours lors de plusieurs essais; nous sommes également obligés aux Ateliers et Chantiers de la Seine Maritime, aux Pêcheries de Fécamp et à la Compagnie de Navigation DENIS Frères d'avoir autorisé la publication des résultats d'essais obtenus sur leurs navires.

BIBLIOGRAPHIE

1. — AERTSSEN. — Sea trials on a Victory Ship, AP 3, in normal merchant service (I.M.E. 1953).
 2. — AERTSSEN. — Sea trials on a 9 500 tons deadweight motor cargo liner (I.N.A. 1955).
 3. — TSCHERNING. — Comment on mesure la vitesse du navire en mer (Annales Françaises de chronométrie — 18^e année, 4^e trimestre — 2^e série, t. II).
 4. — JOURDAIN. — Remarques sur le fonctionnement des chalutiers en pêche (A. T. M. A. 1956).
 5. — BRARD et JOURDAIN. — Critique des essais à la mer (A. T. M. A. 1953).
 6. — JOURDAIN. — Application du Navigateur Decca à la mesure de la vitesse d'un navire (Navigation, Paris, oct. 55).
 7. — LIVINGSTON SMITH. — B. S. R. A. Resistance Experiments on the Lucy Ashton. Part. IV (I. N. A. 1955).
 8. — CONN, LACKENBY et WALKER. — B. S. R. A. Resistance Experiments on the Lucy Ashton. -part II (I. N. A. 1953).
 9. — BRARD et JOURDAIN. — Méthode nouvelle d'exploitation des essais à la mer (Ce Be Re Na 1953).
-

