

APPLICATIONS DU NAVIGATEUR DECCA AUX MESURES 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 Navigateur Decca, qui est un appareil de navigation, peut aussi, lorsqu'il est employé dans des conditions favorables, fournir des indications assez précises pour concourir à des mesures à la mer.

Le mémoire donne des exemples de mesures de rayon de giration, de vitesse et de décélération exécutées sur des navires en essais.

Il propose plusieurs méthodes originales pour mesurer la vitesse des navires en exploitation sans apporter à celle-ci de gêne appréciable.

I. — INTRODUCTION

Les essais à la mer usuels : vitesse, giration, arrêt, comportent, entre autres mesures, la détermination des positions successives du navire.

Les positions qui interviennent dans les résultats finaux sont celles par rapport à la surface, le déplacement horizontal de celle-ci par rapport au fond, le courant, n'intéressant pas le fonctionnement du navire.

On peut donc envisager deux variantes des essais :

- déterminer directement la position du navire par rapport à un ou plusieurs objets soumis au même courant;
- déterminer séparément le courant et la position du navire par rapport au fond en vue d'obtenir la position relative par différence.

La première variante est théoriquement très séduisante, mais, en pratique; on n'a jamais la certitude que les objets-repères dérivent exactement comme le navire; la seconde est donc préférable si l'on peut déterminer avec précision la position et le courant.

Mais, avec les procédés de navigation usuels jusqu'à ces dernières années, la détermination de la position du navire par rapport au fond n'était obtenue avec une précision admissible pour des mesures que lorsque l'on utilisait des bases limitées par des alignements et spécialisées aux essais de vitesse.

Cette situation a été modifiée par l'apparition du Navigateur Decca qui, dans des zones étendues, indique en permanence la position du navire.

II. — INDICATIONS FOURNIES PAR LE NAVIGATEUR DECCA

Le Navigateur Decca est un système de localisation hyperbolique; nous n'en reprendrons pas la description déjà faite devant notre Association l'an dernier [1].

Au point de vue qui nous intéresse, nous pouvons définir le Decca comme un appareil capable de fournir en permanence la position du navire en fonction du temps. Cette définition est rigoureuse si le Navigateur Decca est complété par son traceur de route, instrument qui dessine la trajectoire dans des coordonnées particulières en y marquant en outre les instants des émissions d'identification, lesquelles constituent une base de temps de haute précision.

En fait, l'expérience nous a montré que la précision du traceur de route, qui comporte des organes mécaniques d'inertie relativement importante, est sensiblement inférieure à celle de l'indicateur Decca, si bien que le traceur ne convient pas pour des mesures.

Dans ces conditions, le Navigateur Decca fournit les coordonnées de la position du navire, non plus en permanence, mais à la fréquence à laquelle il est matériellement possible de les noter en repérant le temps. Étant donné la gêne apportée aux lectures par les signaux d'identification, la cadence maxima des lectures est 15 secondes, ce qui permet aisément de les noter. Avec cette cadence, on peut utiliser comme tops les signaux d'identification (en faisant les lectures après chaque retour des aiguilles à leur position d'équilibre et en réduisant leur nombre à trois par minute, dont deux séparées par 15 secondes et deux par 30 secondes) ou donner les tops à l'aide d'un compteur dont l'étalonnage peut être vérifié par les signaux d'identification.

Ces coordonnées permettent alors de porter le point de 15 en 15 secondes sur une carte marine complétée en surimpression du canevas Decca. La ligne joignant ces points constitue la trajectoire sur le fond, sur laquelle on peut mesurer directement des distances et des angles; on peut en déduire la vitesse moyenne sur un intervalle de temps quelconque multiple de 15 secondes et

la vitesse quasi-instantanée sur 15 secondes; on peut aussi en déduire un angle de dérive en comparant la route tracée au cap observé. En résumé, l'ensemble des relevés Decca fournit une information complète sur la cinématique du navire pendant la période où ils ont été faits et l'on peut les exploiter en vue de séparer la vitesse d'entraînement due au courant et la vitesse relative, qui est celle que l'on cherche. Les procédés à employer dans ce but diffèrent suivant la nature de l'essai; aussi allons-nous maintenant examiner successivement chaque type d'essai, en commençant par l'essai de giration dont les propriétés possèdent une application à l'essai de vitesse.

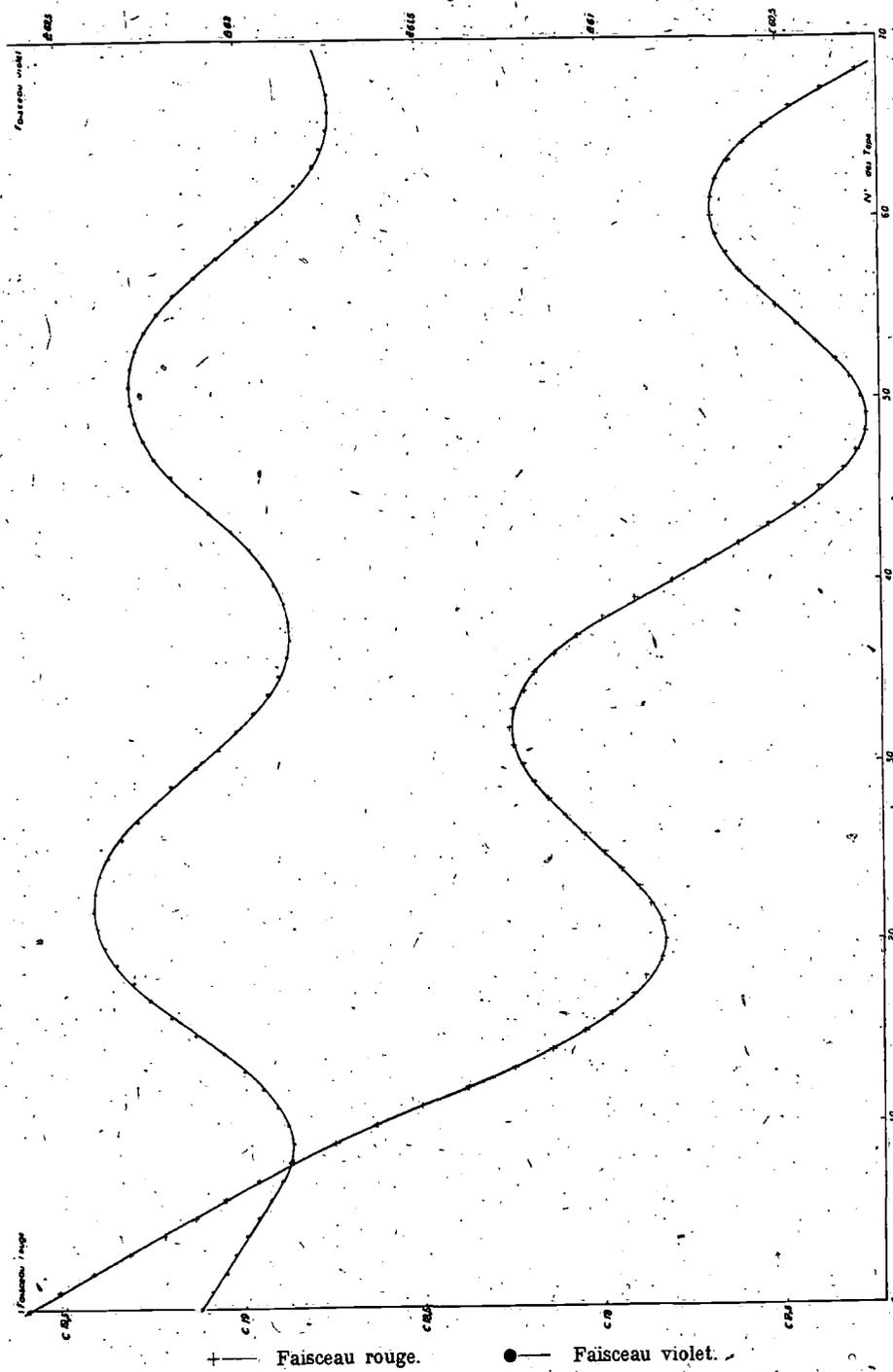
III. — ESSAI DE GIRATION

D'amples détails sur cette question ont été donnés dans un autre article [2] dont nous ne reprendrons ici que l'essentiel.

Sur les navires de commerce, le diamètre de giration est souvent apprécié par comparaison visuelle avec la longueur du navire; si on le mesure au radar d'après le sillage, le résultat est le plus souvent exprimé par un nombre rond de dixièmes de mille, ce qui correspond à une approximation de l'ordre de la centaine de mètres. La méthode classique de la perche, employée pour les navires de guerre, exige des moyens importants et une analyse laborieuse; encore, n'est-il pas absolument certain que la perche dérive comme le navire.

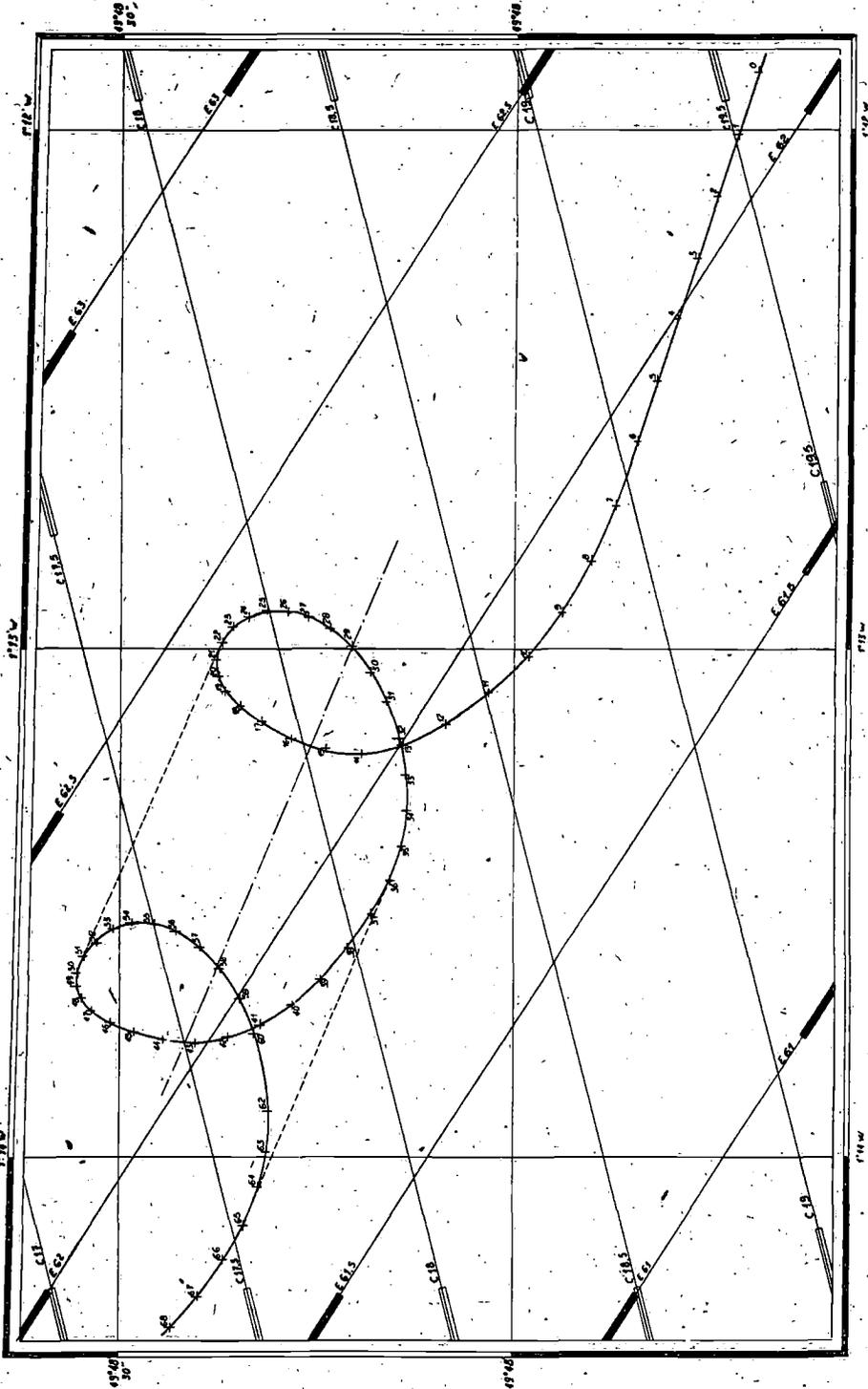
Au contraire, en l'absence de vent (l'essai de giration n'a pas de sens si l'action du vent est appréciable, car le navire ne décrit plus un cercle), le tracé de la trajectoire définie par les relevés Decca permet de déterminer avec précision la dérive du navire lui-même et, en corrigeant les points de cette dérive à partir d'un instant initial commun, de reconstituer, non seulement le cercle trajectoire relative en giration permanente, mais encore les trajectoires relatives d'entrée et de sortie de giration. En effet, dès que l'on a fait plus d'un tour en giration permanente, on dispose de points homologues, qui sont ceux où les caps sont les mêmes, ou encore, pour le cas où l'on n'a pas noté les caps, ceux où les routes sont parallèles (en supposant le courant constant, hypothèse vraisemblable entre deux instants séparés par quelques minutes) : le vecteur qui joint deux points homologues représente en grandeur et direction la dérive du navire pendant un tour, tandis que l'amplitude de la trajectoire normalement à cette direction est égale au diamètre de giration. Pratiquement, il est utile de disposer de deux tours en giration permanente afin de vérifier la qualité des mesures par la concordance des chiffres déduits d'un certain nombre de points homologues.

Les figures 1, 2, 3 fournissent à titre d'exemple les résultats obtenus sur un pétrolier : relevés bruts Decca en fonction du temps (fig. 1), trajectoire sur le fond (fig. 2), trajectoire sur la surface (fig. 3); cette dernière a pu être



+ — Faisceau rouge. ● — Faisceau violet.

Fig. 1. — Pétrolier. Balancement des relevés.



— Hyperboles violettes : E 61 à E 63.
— Hyperboles rouges : C 17 à C 19,5.

FIG. 2. — Pétrolier. Trajectoire absolue.

tracée au compas sans s'écarter sensiblement des points expérimentaux; l'erreur possible sur le diamètre de giration est de l'ordre de 1 %.

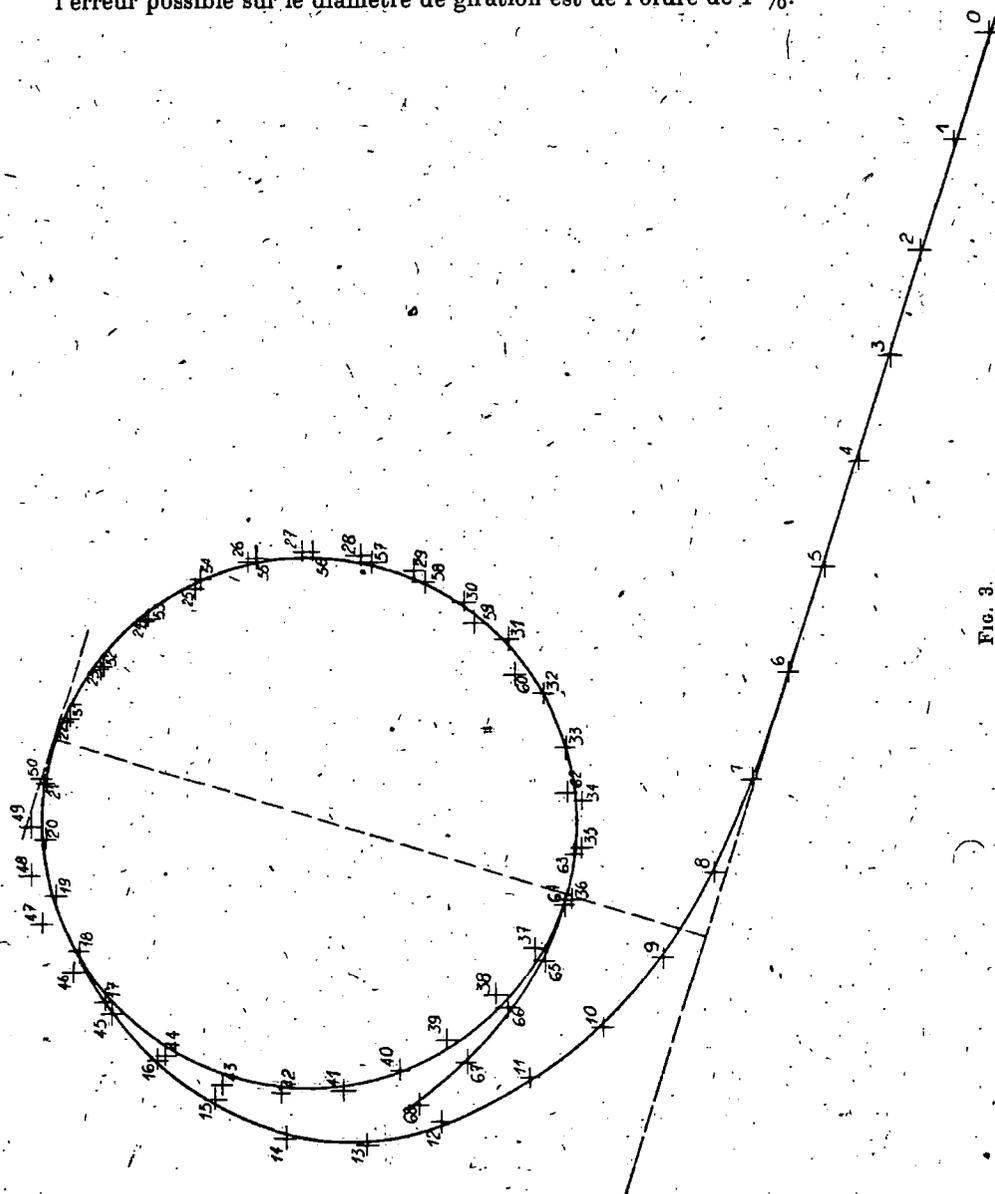


FIG. 3.

Pour les navires petits et rapides, les résultats sont moins brillants en raison d'une déformation systématique de la trajectoire apparente dont nous recherchons encore la cause; nous croyons que l'erreur peut alors atteindre 10 %, mais il n'est pas prouvé que les autres procédés soient plus exacts dans ce cas.

IV. — ESSAI DE VITESSE

Cette question a été traitée en détail ailleurs [3] et nous n'en reprendrons pas ici la théorie.

D'après les considérations du paragraphe II, il est clair que le Decca fournit la vitesse moyenne sur le fond pendant toute période au cours de laquelle ont été exécutés des relevés. On peut montrer que, si la durée de cette période est du même ordre que celle du parcours sur une base terrestre, la précision des deux mesures est comparable. Ce résultat est dû en partie à ce que, avec le Decca, on peut faire concourir l'ensemble des relevés à la détermination de la vitesse moyenne.

1^o Méthode classique.

L'élimination du courant peut être obtenue, comme sur une base usuelle, en effectuant une série de parcours de sens alternés ayant même point moyen.

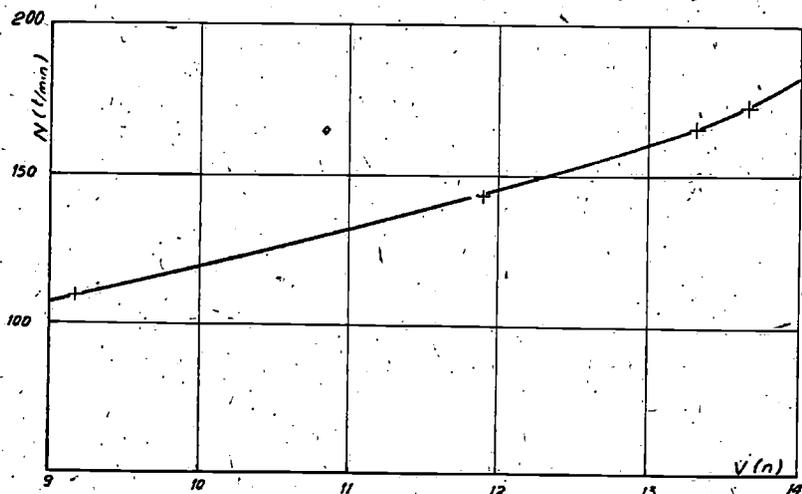


FIG. 4. — Chalutier. Vitesse. Nombre de tours.

Cette condition étant réalisée, l'emploi du Decca offre des commodités inconnues sur les bases terrestres. Le lieu de l'essai pouvant être choisi arbitrairement au large, on est dispensé du voyage parfois très long vers les bases; la manœuvre entre parcours n'est pas gênée par la proximité de la côte et de ses dangers; souvent on bénéficiera d'un courant plus régulier que celui qui règne sur les bases. Le lieu étant fixé, on a encore le choix du cap: sans doute existe-t-il deux caps privilégiés pour lesquels l'analyse des relevés est plus simple et la précision meilleure, mais leur adoption n'est pas impérative et,

en particulier par mauvais temps, on peut préférer des caps en relation avec la direction de la houle et du vent. La durée des parcours est arbitraire : on peut l'adapter à la vitesse à mesurer et à la précision souhaitée ou au temps dont on dispose, mais ce choix n'est pas irrévocable et, si un incident de machine ou de navigation oblige à abrégé un parcours, la série n'est pas perdue comme sur une base terrestre. Enfin, les essais peuvent être exécutés sans visibilité et sans préavis pour l'armement d'une base; le navire est complètement autonome et son programme ne dépend pas de liaisons plus ou moins précaires avec la terre; il ne risque pas d'être interrompu prématurément parce que la base doit être libérée pour un autre navire.

A titre d'exemple, le figure 4 représente la relation vitesse-nombre de tours obtenue en route libre sur un chalutier à l'aide de quatre séries de trois parcours exécutés au Decca par brume épaisse. L'allure de cette courbe est normale et la dispersion insignifiante; divers recouplements nous font estimer que les erreurs ne dépassent pas quelques centièmes de nœud. Dans tous les autres cas où les mesures ont été correctement exécutées, les résultats ont été aussi satisfaisants.

2° Méthodes abrégées.

Les considérations précédentes visent particulièrement les navires en essais. Pour ceux qui sont en exploitation, les sujétions d'utilisation des bases ont rarement permis d'y faire des mesures de vitesse et il est à craindre que l'on considère souvent qu'il est inadmissible de consacrer une heure à exécuter trois parcours de sens alternés en un point quelconque d'un voyage.

C'est pourquoi il nous a paru utile d'indiquer quels procédés pouvaient être employés, avec l'aide du Decca, pour annuler ou au moins réduire fortement la perte de temps qu'entraîne l'exécution des trois parcours.

a) Estimation du courant.

On évitera toute perte de temps si l'on se borne à faire des mesures de vitesse sur le fond au Decca aux différents points de la route où les courants sont le mieux connus; on obtiendra ainsi diverses valeurs approximatives de la vitesse sur l'eau, valeurs dont la dispersion permettra d'apprécier la précision.

Il est à craindre que celle-ci soit assez médiocre, car les courants dépendent de nombreuses influences qui rendent leur estimation aléatoire. Nous avons cependant cru devoir noter cette méthode pour deux raisons : d'une part, elle est la seule qui n'exige aucune manœuvre. d'autre part, elle est la seule applicable par mauvais temps si l'on ne veut pas exécuter les trois parcours.

b) *Mesure directe du courant.*

On peut encadrer la période de mesure de la vitesse sur le fond par deux périodes de durée égale, soit au total environ une demi-heure, où l'on observe au Decca la dérive du navire stoppé. Il faut cependant noter que ce dernier procédé n'est valable que si la dérive due au vent est négligeable, ce qui est sans doute assez rare, le navire stoppé étant très sensible à l'action du vent; c'est pourquoi les deux procédés suivants nous paraissent préférables.

c) *Mesure du courant par un essai de giration.*

Dans l'essai de giration, le courant n'est qu'un sous-produit qui peut être éliminé comme il a été noté au paragraphe 3 en mesurant l'amplitude de la trajectoire normalement à la dérive. Mais comme cet essai fournit une mesure extrêmement précise du courant, on peut aussi l'utiliser systématiquement pour déterminer la correction de courant à apporter à la vitesse sur le fond mesurée lors d'un essai de vitesse réduit à un parcours unique. Ce procédé est plus simple que le précédent, car il n'exige aucune manœuvre à la machine; il est probablement plus rapide aussi. Les manœuvres à exécuter sont les suivantes : avec un angle de barre fixe, faire deux tours complets en notant les caps, redresser pour prendre le cap de l'essai de vitesse et le suivre pendant un temps suffisant, mettre à nouveau un angle de barre fixe, du même bord ou non, égal ou non au précédent et faire deux tours complets en notant les caps, redresser pour reprendre la route, essai terminé. Cette manœuvre est schématisée par la figure 5 qui représente la trajectoire sur le fond. Pendant toute la durée de l'essai, il faut relever le Decca à la cadence de 15 secondes pendant les girations, cette cadence pouvant être sans inconvénient portée à une minute pendant l'essai de vitesse proprement dit.

Sauf si l'on se trouve à une heure où la variation du courant est nettement parabolique, ce qu'il est aisé d'éviter, on peut admettre que le courant moyen pendant l'essai de vitesse est la moyenne des courants mesurés avant et après. Il y a intérêt à adopter pour les girations un angle de barre modéré, 10 ou 15° par exemple : la durée de giration en est un peu augmentée, mais la trajectoire est mieux définie et le ralentissement du navire étant moins prononcé, la période de remise en vitesse à la sortie de la première giration est plus courte.

Ce procédé nous paraît pouvoir être adopté sans gêne excessive par les navires en exploitation, mais il semble qu'il pourrait également être substitué aux trois parcours de sens alternés pour les navires en essai avec un gain de temps très appréciable et la suppression de toute difficulté de manœuvre.

Il faut cependant noter qu'il n'est utilisable que par vent négligeable. En effet, si l'effet du vent est important, il est généralement fluctuant et il peut être difficile de définir une dérive valable quel que soit le couple de points

homologues; même si l'on y parvient, cette dérive résulte de l'action combinée

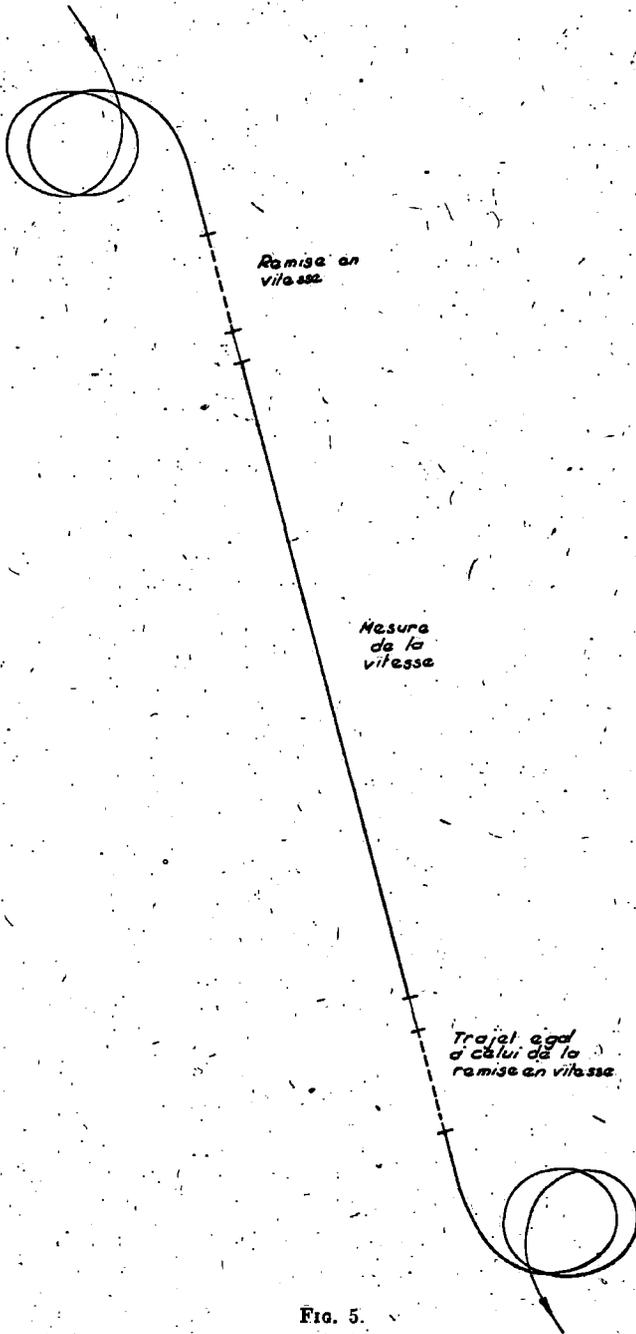


FIG. 5.

du courant et du vent sur le navire en giration et il n'est pas légitime de la

retrancher de la vitesse du navire en route rectiligne. Il n'est peut-être pas superflu de noter que cette impossibilité d'obtenir les résultats d'un essai sans vent à partir de ceux d'un essai avec vent ne tient pas à l'emploi du Decca, mais à la nature de l'effet du vent : alors que le courant impose au navire un mouvement d'entraînement défini quel que soit le mouvement propre du navire, le vent applique à celui-ci une résistance supplémentaire dont la valeur même et, plus encore, l'effet sur la vitesse sont fonctions du mouvement relatif du navire; il n'est donc pas possible de mesurer cet effet en plaçant le navire dans d'autres conditions que celles pour lesquelles on doit faire la correction. Par exemple, lorsqu'il y a du vent, la vitesse moyenne obtenue par la formule classique des bases n'est pas celle que ferait le navire par calme plat au même réglage de la machine, mais cette dernière n'est pas davantage la différence entre la vitesse réellement atteinte et celle du navire stoppé dérivant sous le seul effet du vent.

d) *Mesure du courant par changement de route.*

Ce dernier procédé a été suggéré par M. Sauvalle, Ingénieur à l'I. R. C. N.. Il consiste à faire pendant le parcours unique deux changements de cap de 90°

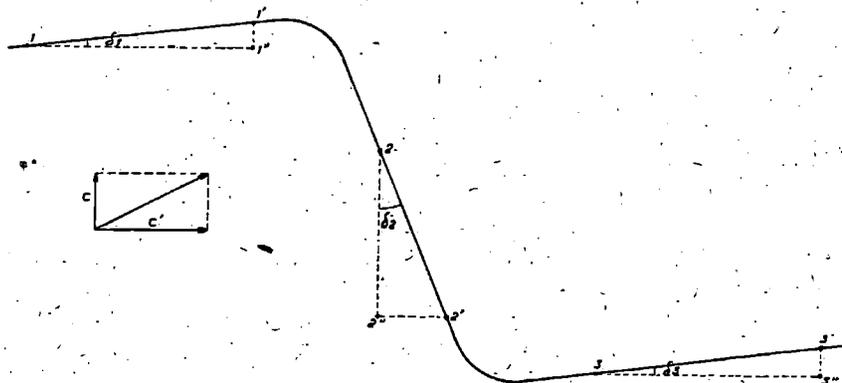


FIG. 6.

pour obtenir la trajectoire représentée sur la figure 6. Celle-ci est faite pour simplifier dans le cas d'un courant constant, mais cette hypothèse n'est pas nécessaire: Soit C la composante du courant suivant le cap du parcours n° 2, C' sa composante suivant le cap commun aux parcours n° 1 et 3. Les relevés Decca permettent de tracer la trajectoire sur le fond 11' 22' 33' et de relever les dérives δ_1 , δ_2 , δ_3 des trois parcours; en projetant la route sur le cap en 1'', 2'' et 3'' on peut également mesurer les vitesses apparentes V_1 , V_2 et V_3 suivant le cap.

$$\begin{aligned} \text{On a alors } C_1 &= V_1 \operatorname{tg} \delta_1 \\ C_3 &= V_3 \operatorname{tg} \delta_3 \end{aligned}$$

et si la variation du courant peut être supposée linéaire dans le temps :

$$C_2 = \frac{C_1 + C_3}{2} = \frac{V_1 \operatorname{tg} \delta_1 + V_3 \operatorname{tg} \delta_3}{2},$$

tandis que la vitesse relative au second parcours est :

$$V'_2 = V_2 \pm C_2$$

le signe étant + dans le cas représenté par la figure.

On peut obtenir de façon analogue les vitesses V'_1 et V'_3 ou tout au moins leur moyenne. En effet :

$$V'_1 = V_1 - C_1$$

$$V'_3 = V_3 - C_3$$

d'où :

$$\frac{V'_1 + V'_3}{2} = \frac{V_1 + V_3}{2} - \frac{C_1 + C_3}{2}.$$

Mais dans la même hypothèse de linéarité de la variation du courant en fonction du temps :

$$\frac{C_1 + C_3}{2} = C'_2,$$

tandis que :

$$C'_2 = V_2 \operatorname{tg} \delta_2$$

soit en définitive :

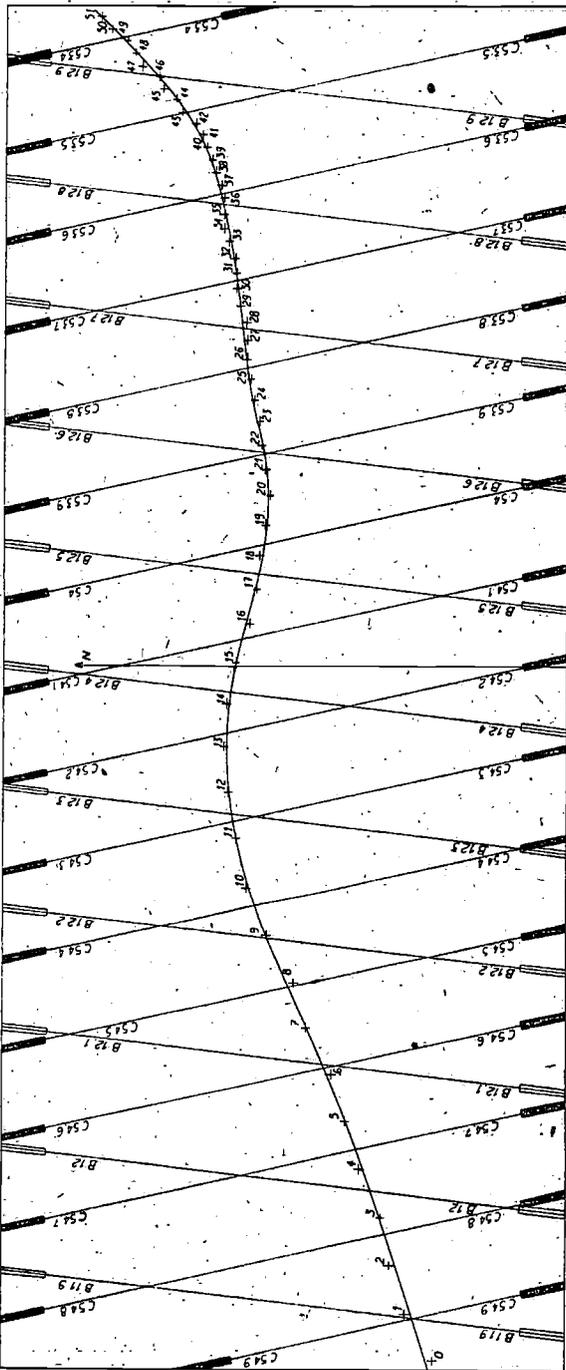
$$\frac{V'_1 + V'_3}{2} = \frac{V_1 + V_3}{2} - V_2 \operatorname{tg} \delta_2.$$

On a donc deux déterminations de la vitesse correspondant respectivement à des caps différant de 90° .

Ce procédé est aussi simple et au moins aussi rapide que le précédent. Il permet toujours d'apprécier une dérive mais les résultats n'ont de sens que si cette dérive est due uniquement au courant, pour les raisons développées à propos de la méthode c. Il convient encore de noter que, sauf dans les régions très voisines des stations émettrices où le parallélogramme élémentaire, formé par les hyperboles des deux faisceaux utiles, est voisin d'un carré, la précision des deux déterminations de la vitesse peut être très différente, la meilleure étant celle qui correspond au cap le plus voisin de la petite diagonale du parallélogramme élémentaire.

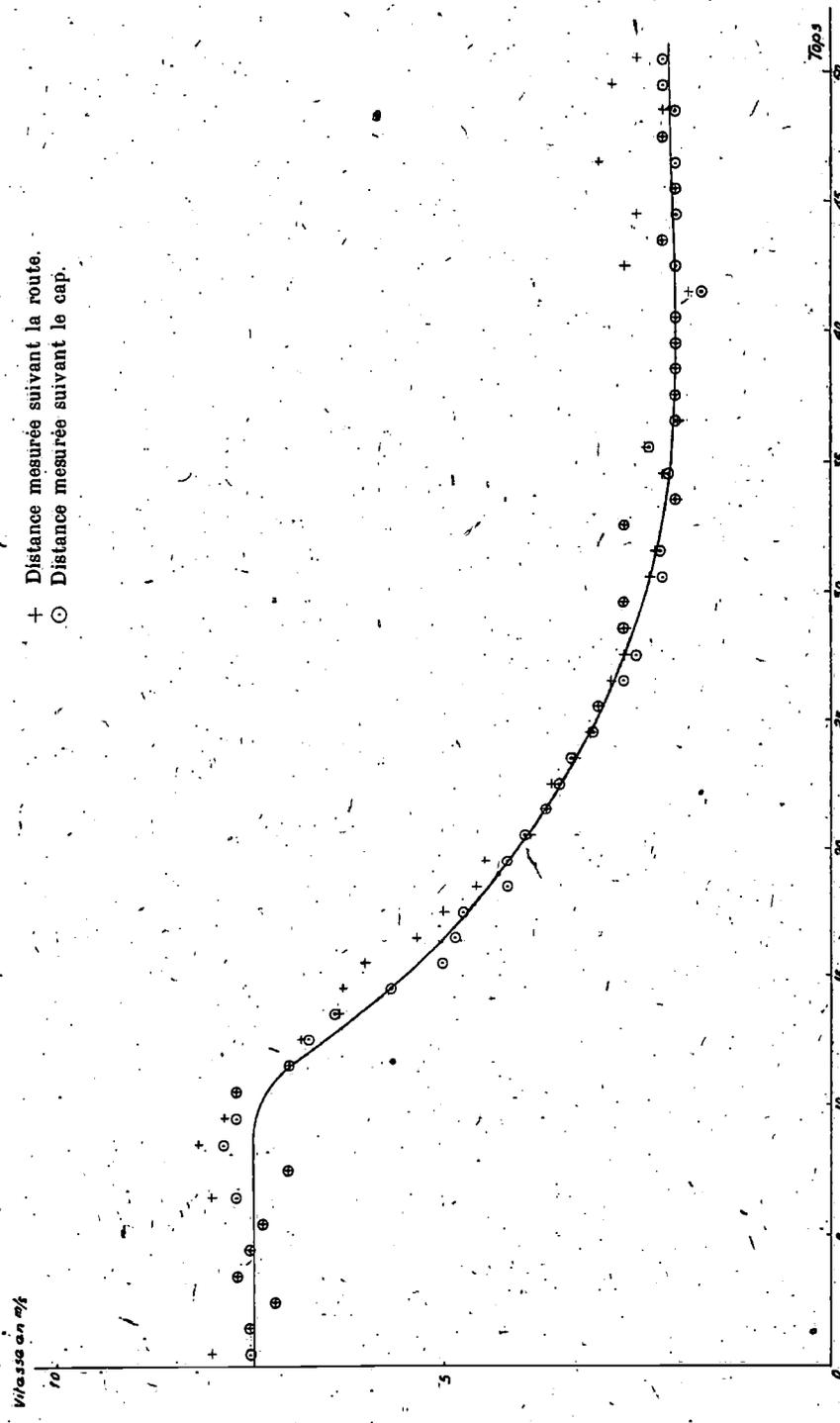
Cette remarque est générale et, quel que soit le procédé utilisé, il y a intérêt, si l'on peut accepter de changer de route pour la mesure, à adopter ce cap ou plutôt, pour simplifier l'analyse des relevés, un cap normal à l'un des faisceaux, qui est assez voisin du précédent pour concilier la précision et la commodité.

Ajoutons encore que, à notre connaissance, aucun des procédés *b*, *c*, ou *d* n'a été utilisé jusqu'à présent, de sorte que notre appréciation à leur égard



— Faisceau rouge : hyperboles B 11,9 à B 12,9.
— Faisceau violet : hyperboles C 53,4 à C 54,9.

Fig. 7. — Chalutier. Essai d'arrêt. Relevés balancés.



+ Distance mesurée suivant la route.
o Distance mesurée suivant le cap.

Fig. 8. — Chalutier. Essai d'arrêt. Vitesse moyenne entre tops.

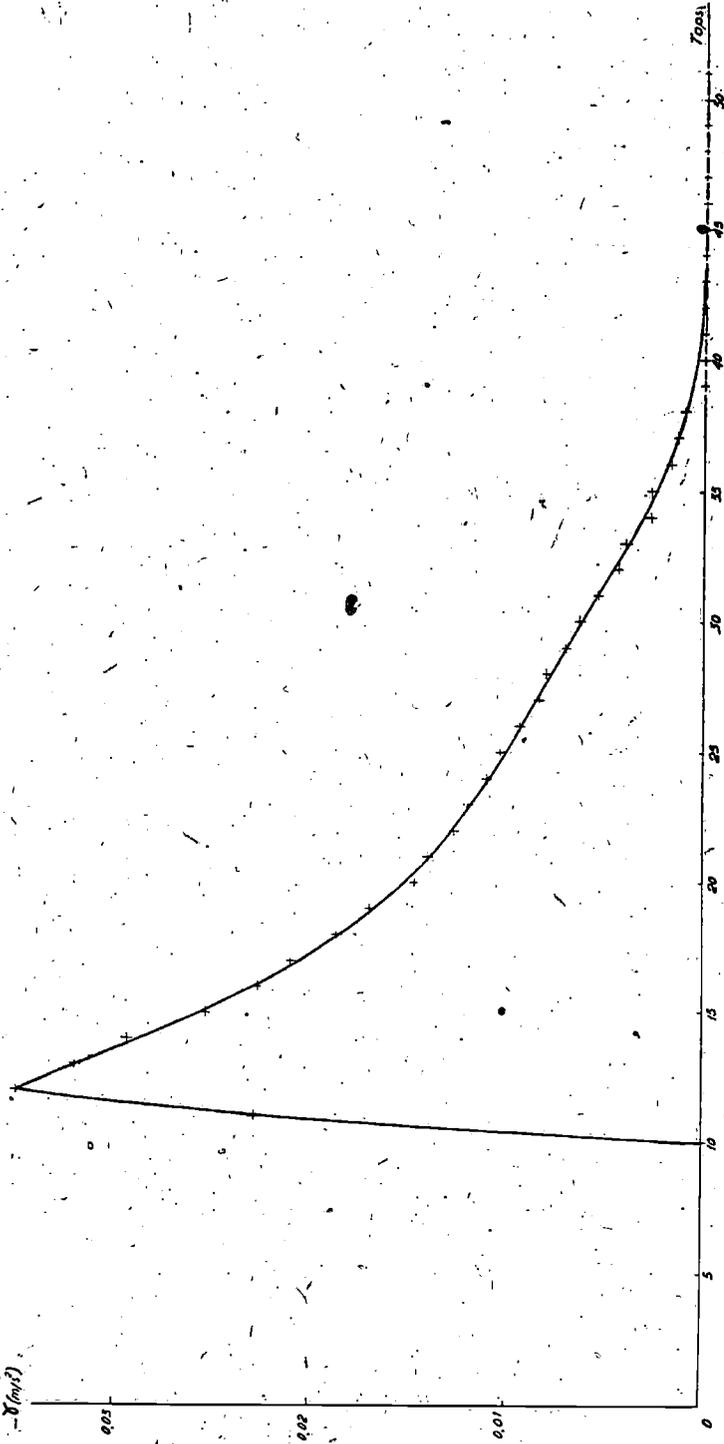


Fig. 9. — Chalutier. Essai d'arrêt. Accélération en fonction des tops.

n'est pas fondée sur l'expérience; nous souhaitons que celle-ci permette prochainement de choisir le mieux adapté à son objet.

V. — ESSAI D'ARRÊT

Au cours de l'essai d'arrêt, le relevé des coordonnées Decca permet de reconstituer la trajectoire et d'y relever avec précision la longueur d'arrêt du navire, l'évolution de la vitesse et de l'accélération, car les points sont assez sûrs pour permettre la double dérivation graphique. L'examen de la trajectoire montre également dans quelle mesure le navire a conservé sa route pendant la période de ralentissement.

Les figures 7, 8 et 9 montrent un exemple des résultats obtenus sur un chalutier au cours d'un stoppage sans renversement de marche.

Il est clair que le même procédé permettrait d'étudier l'accélération du navire dans les diverses conditions de manœuvres intéressantes et, plus généralement, ses qualités manœuvrières.

VI. — CONDITIONS D'EMPLOI DU NAVIGATEUR DECCA

Dans les paragraphes qui précèdent, nous avons indiqué les possibilités du Decca en matière de mesures sans faire de réserve sur les conditions de cette application spéciale. En fait, pour obtenir de bons résultats, il faut respecter certaines règles, exposées en détail dans [3], mais dont l'essentiel peut se résumer ainsi : ne pas opérer trop près des côtes, ni la nuit¹.

Enfin, il va sans dire que l'on ne peut opérer que dans les régions couvertes par une chaîne Decca en service et que la précision est d'autant meilleure que l'on est plus près des stations émettrices. Les côtes métropolitaines françaises sont couvertes en totalité², les plus favorables étant celles de la Mer du Nord et de la Manche couvertes par les chaînes anglaise et britannique SW; on peut espérer qu'il en sera de même ultérieurement pour le Golfe du Lion couvert par la chaîne Sud-France; le littoral Atlantique possède une couverture suffisante pour les mesures par la chaîne britannique SW dans le Nord, par la chaîne française dans le Sud; le littoral méditerranéen est couvert de façon encore acceptable par la chaîne française.

Notons encore, pour les navires qui, ne fréquentant qu'occasionnellement les eaux couvertes par le Decca, ne possèdent pas cette installation, qu'elle

1. Précisons que ces restrictions ne visent pas l'emploi normal du Decca à la navigation qui tolère une précision moindre que l'application aux mesures.

2. Une carte générale de la couverture Decca est donnée par la fig. 2 du mémoire [4]. Toutefois, cette carte ne mentionne pas la chaîne Sud-France, maintenant en exploitation expérimentale et porte les chaînes espagnoles et italiennes qui ne sont pas installées.

peut très aisément être mise à bord pour la durée du voyage entre deux ports quelconques; en outre, à la demande de l'Institut de Recherches de la Construction Navale, la Compagnie Radio-Maritime a bien voulu constituer trois ensembles portatifs déposés à Rouen, Saint-Nazaire et Marseille, plus spécialement destinées à l'embarquement temporaire sur les navires en essais pour l'exécution des mesures exposées ci-dessus. Ce service fonctionne depuis le début de 1955 et de nombreux navires ont déjà effectué des mesures qui se sont révélées très satisfaisantes.

VII. — CONCLUSIONS

Le Navigateur Decca apporte une aide certaine aux mesures comportant la détermination précise des positions successives d'un navire.

Pour les mesures usuelles de vitesse, il peut être substitué aux bases normales en fournissant une précision du même ordre et avec des sujétions d'emploi moindres. Il est sans-équivalent pour les mesures relatives à des trajectoires non rectilignes ou à vitesse variable.

Enfin, nous croyons que son application la plus utile, bien qu'elle soit actuellement la moins développée, serait la mesure de la vitesse dans les diverses conditions d'exploitation du navire par les procédés que nous avons étudiés dans ce but.

Nous sommes heureux d'exprimer ici nos remerciements à Messieurs le Professeur Général d'Hydrographie Hugon et le Commandant Fontaine, Inspecteur Général de la Compagnie Radio-Maritime, dont la collaboration constante a permis la mise au point rapide de la technique des mesures, ainsi qu'aux nombreux Chantiers et Armateurs qui ont bien voulu en permettre l'expérimentation sur les navires en essais et y concourir de façon efficace; nous sommes également reconnaissants à la Marine Nationale, dont l'aide compréhensive a grandement facilité l'étude de certains points particuliers.

BIBLIOGRAPHIE

1. — HUGON : Les procédés radioélectriques de localisation maritime à courte portée (*A. T. M. A.* 1955).
2. — JOURDAIN : Application du Navigateur Decca à la mesure du rayon de giration d'un navire et à la détermination du courant (*Navigation*, Paris, n° 14, avril 1956).
3. — JOURDAIN : Application du Navigateur Decca à la mesure de la vitesse d'un navire (*Navigation*, Paris, n° 12, octobre 1955).
4. — BOUTEILLER : Les problèmes de la radionavigation maritime et de la radionavigation aérienne (*A. T. M. A.* 1955).

