

SYSTÈME D'ÉCHOGRAPHES POUR LEVÉS DE CHENaux

par S. FAHRENTHOLZ

Laboratoire du Dr. Fahrentholz, Manufacture d'Echo-sondeurs,
Kiel (Allemagne)

Pour effectuer les levés et la vérification des chenaux des rivières et des canaux, il faut des instruments qui puissent fournir en une seule passe effectuée dans l'axe d'un chenal le plus de renseignements possibles sur la profondeur de l'eau, la nature des fonds et la situation des obstacles à la navigation. Les échographes à ultrasons qui sont utilisés depuis quelque temps dans divers pays ne permettent d'enregistrer que la profondeur de l'eau qui se trouve directement sous le navire, de sorte qu'ils n'enregistrent qu'un profil vertical le long de la route suivie. Cette méthode n'est pas satisfaisante pour les chenaux. Pour la sécurité de la navigation et spécialement dans les eaux peu profondes, on doit rechercher d'autres méthodes qui conviennent mieux aux levés rapides des chenaux. Un nouveau système de sondage par écho permettant d'obtenir des profils multiples simultanés pour lever une surface déterminée est décrit ci-après.

Il est extrêmement difficile de déterminer les fonds aux environs du navire à l'aide du *sondage directionnel horizontal*, et d'enregistrer les résultats avec une certaine précision planimétrique sur un rouleau de papier. Il existe, en effet, de nombreux échos auxiliaires provenant de la surface et du fond et la série relativement courte d'impulsions inhérente à la distance parcourue par l'écho impose rapidement une limite à l'utilisation du sondage horizontal pour la mesure des profondeurs. La position est tout à fait différente cependant si nous adoptons comme principe de ne pas utiliser le sondage horizontal, mais seulement le *sondage à écho vertical*. Une série d'impulsions plus longue pour de faibles profondeurs et l'élimination de tous les échos perturbateurs permettent d'obtenir des enregistrements clairs et sans ambiguïté, qui conviennent bien à une évaluation directe des fonds. Cependant avec l'échographe de profils multiples décrit ici, on peut aussi utiliser le sondage horizontal dans les rivières et les canaux pour mesurer la distance latérale entre le navire hydrographe et les rives, comme nous l'expliquerons ci-dessous.

On peut obtenir des profils transversaux au cours d'une passe dans l'axe du chenal si le navire hydrographe est muni au-dessous de la flottaison d'un certain nombre d'émetteurs et de récepteurs ayant un effet directionnel convenable et s'il est muni en outre de chaque côté de tangons pareillement équipés d'appareils d'émission et de réception également espacés, comme le montre la fig. 1. Un appareil d'enregistrement connecté à ces divers points de mesure est construit de telle façon que le mécanisme d'enregistrement avec la ceinture, le dispositif de déclenchement d'émission de l'impulsion et

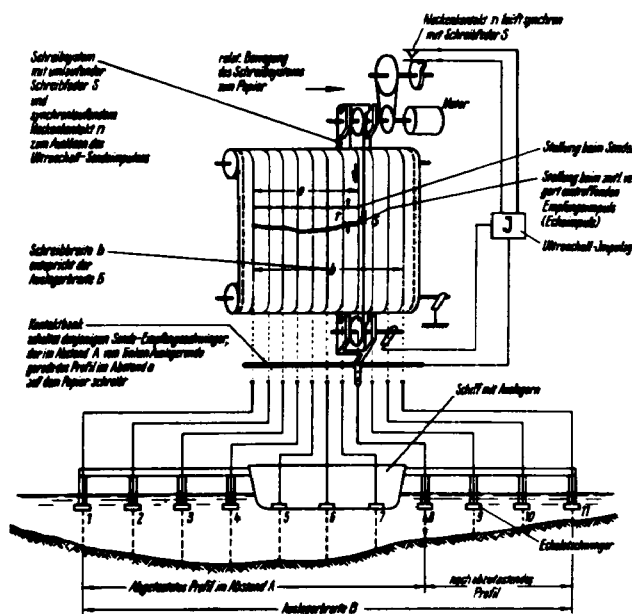


FIG. 1. — Principe de l'échographe à profils multiples.

le style puissent se déplacer par rapport au papier comme un chariot de machine à écrire, et en passant au-dessus d'une bande de contact explore successivement tous les points de mesure du dispositif extérieur et du navire lui-même. Grâce à ce moyen, on obtient des enregistrements de profils transversaux en quelques secondes sur des largeurs de profils allant jusqu'à 50 mètres. La fig. 2 montre des profils successifs enregistrés automatiquement sur un chenal latéral de la Weser. L'enregistrement de la profondeur se fait à l'échelle de 1/100, de sorte que sur le papier 1 cm représente 1 mètre de profondeur. Cependant, si on désire enregistrer les profils transversaux non les uns au-dessous des autres, mais d'une façon continue côte à côte sur une bande de papier, il est possible d'employer le système habituel d'échographe et d'utiliser une vitesse réduite de déroulement de papier pour les profils longitudinaux, ainsi qu'une vitesse de déroulement plus rapide conjuguée avec une exploration simultanée des points de mesure pour les profils transversaux. Comme le montre la fig. 3, cette représentation côte à côte des profils transversaux convient mieux pour comparer immédiatement la profondeur de l'eau à une valeur donnée.

Un enregistrement de profils de ce genre a des avantages appréciables sur les enregistrements habituels de profils transversaux, que le navire se déplace ou soit stoppé; il reste cependant qu'un sondage linéaire ne peut couvrir complètement un chenal parce que les sondes se font *successivement* aux points de mesure individuels et que le navire s'est déplacé au cours de l'enregistrement d'un profil transversal.

Si l'on veut éviter cet inconvénient, on doit concevoir un échographe tel qu'il est illustré sur la fig. 4, qui émet *simultanément* sur la largeur entière à mesurer et reçoit tous les échos des divers points de mesure séparément et les enregistre indépendamment, à l'aide d'un certain nombre de dispositifs d'enregistrement associés, sur une bande de papier suffisam-

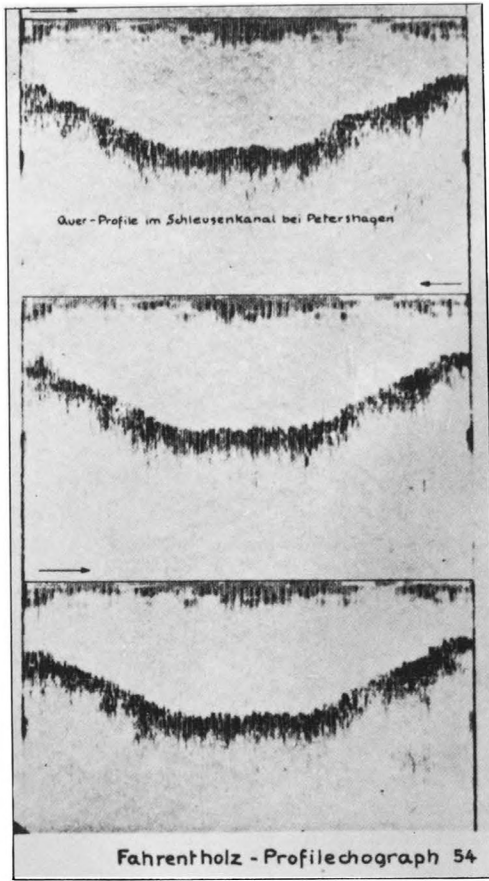


FIG. 2. — Profils d'un canal.

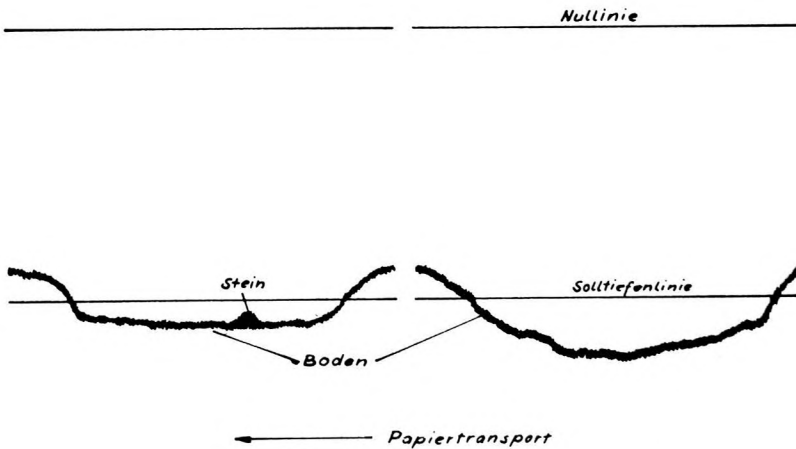


FIG. 3. — Profils transversaux côte à côte sur une bande d'enregistrement.

Traduction des termes allemands :

- Nullinie = ligne zéro;
- Stein = pierre;
- Boden = sol;
- Solltiefenlinie = ligne de profondeur nominale.

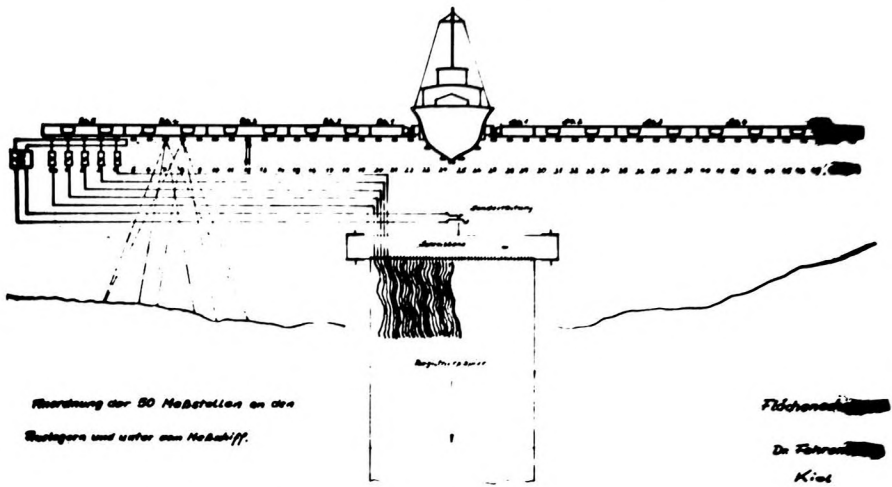


FIG. 4. — Principe d'un échographe à profils resserrés.

Traduction des termes allemands :

| | | |
|------------------|---|---|
| Sendertastung | = | balayage d'émetteur; |
| Schreibband | = | ceinture de style; |
| Registrierpapier | = | papier d'enregistrement; |
| Anordnung der 50 | = | dispositif de 50 points de mesure sur les tangons et sous la coque du navire; |
| Flächenechograph | = | échographe de profil. |

ment large. Dans ce cas, avec ce type d'appareil, il est possible d'enregistrer autant de profils longitudinaux à intervalles égaux qu'il y a de points de mesure disponibles. Le fond du chenal est complètement exploré par recouvrement des lignes de sondes; tous les obstacles situés sur le fond seront enregistrés d'une façon sûre. La fig. 5 est une photo de l'instrument réalisé. Dans la partie arrière fermée d'un instrument pour l'enregistrement simultané de 50 profils longitudinaux, superposés, se trouve une ceinture placée

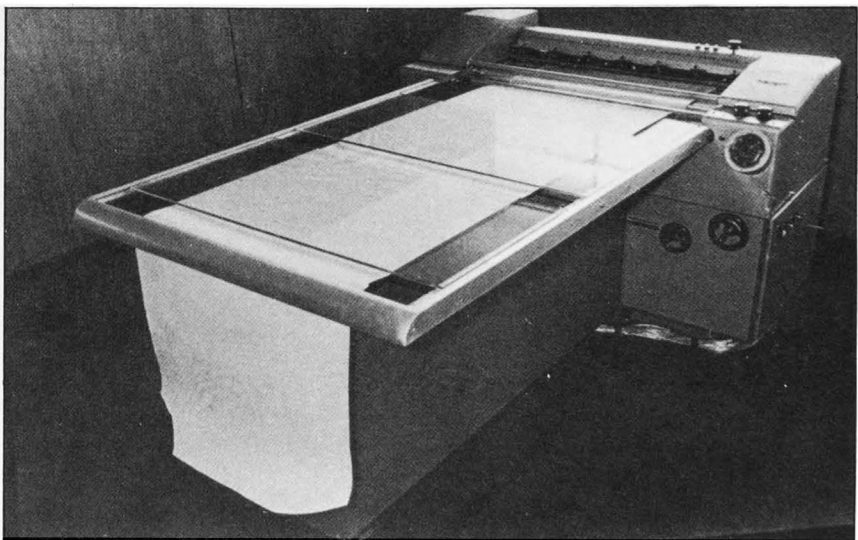


FIG. 5. — Echographe à profils resserrés.

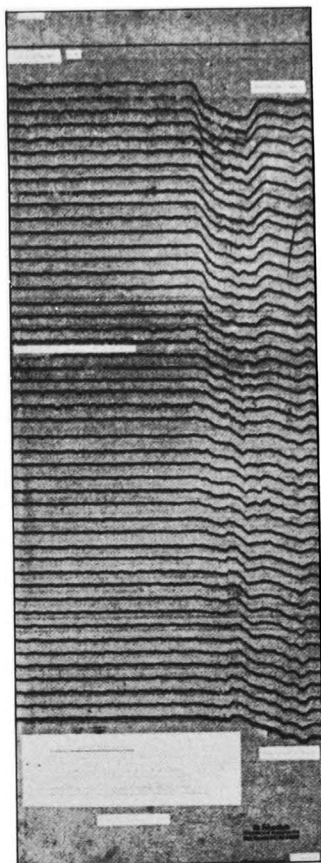


FIG. 6. — Enregistrement d'échographe à profils resserrés.

perpendiculaire au papier qui porte 50 styles également espacés. Le papier a une largeur de 90 cm et se déplace sur la table de mesure à une vitesse qui peut varier entre 15 et 60 mm à la minute. Les parties électroniques de l'équipement pour l'émission des courtes impulsions ultra-sonores et la réception des échos sont logées dans la base de cet échographe.

Un exemple des enregistrements obtenus par cette méthode est donné dans la fig. 6. L'espacement entre les profils longitudinaux est constant sur un fond plat; il varie si les profondeurs de l'eau dans la largeur du profil couverte par le navire sont inégales. L'emploi d'un enregistrement à l'échelle de 1/100 sur papier Teledeltos de 90 cm de large permet de situer sur un fond plat des objets de dimensions supérieures à 20 ou 30 cm. La preuve en est donnée dans la fig. 7 qui est un enregistrement effectué avec 10 points de mesure dans le bassin d'essai du laboratoire. Les murs et le fond du bassin sont en béton et ne sont pas recouverts de matière non réfléchissante. La pierre posée sur un chariot mobile sur le fond se déplace sous les divers points de mesure à trois vitesses différentes et passe successivement sous les lignes de sonde des divers points de mesure et est enregistrée. A faible vitesse on peut reconnaître facilement sa forme. A vitesse plus élevée, elle paraît sous la forme d'un point nettement visible. Cette pierre ordinaire a environ 35 cm de haut, 40 cm de large et 50 cm

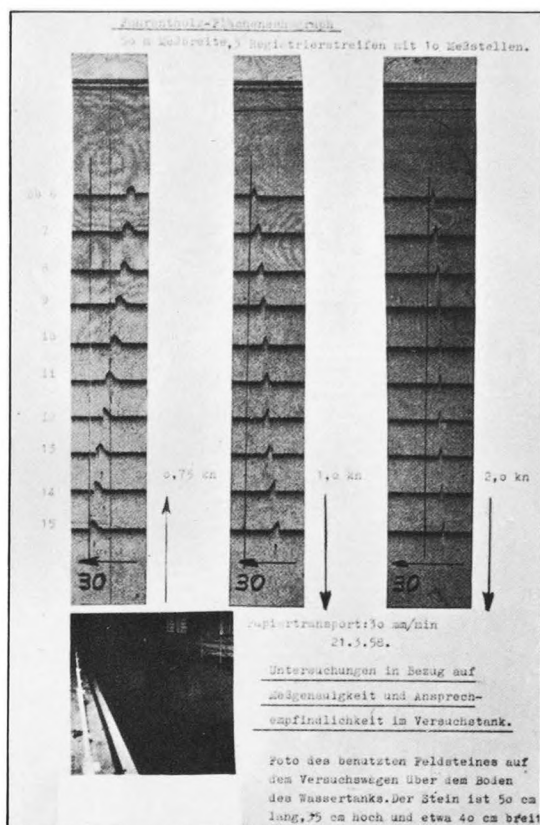


FIG. 7. — Echographe à profils resserrés enregistrant une pierre dans une citerne d'essai.

de long. Par mer calme, l'instrument effectue des mesures précises à 4 cm près environ sur la gamme de mesure de 0 à 20 mètres. La vitesse de déroulement du papier est de 15 mm par minute.

Maintenant, nous devons mentionner quelques-unes des difficultés que nous avons rencontrées dans la mise au point de ce système d'échographe et qui ont déterminé la voie à suivre pour la réalisation de ces instruments. Pour une largeur à couvrir de 50 m, il n'est pas possible, sans installation spéciale, de combiner simplement 50 sondeurs à écho en un seul instrument, d'émettre des impulsions avec tous les émetteurs simultanément et d'enregistrer tous les échos recueillis par les divers récepteurs dans une séquence correcte permettant d'obtenir des profils longitudinaux bien définis et parfaitement reliés entre eux. Chaque émetteur envoie des ondes d'amplitude plus ou moins grande à plusieurs récepteurs voisins. En particulier dans un bassin d'essai en béton on enregistre d'innombrables échos pendant toute la période de sondage. Ceci est une difficulté que l'on rencontre surtout en eau peu profonde et près des rives. Nous l'avons surmontée en munissant chaque amplificateur de récepteur d'un commutateur électronique spécial qui ne permet que la réception du premier écho qui suit l'émission de l'impulsion sonore. Tous les échos multiples sont ainsi supprimés et triés de façon à obtenir un enregistrement clair. Nous utilisons aussi des dispositifs électroniques qui, s'il ne se produit pas d'écho, donnent des

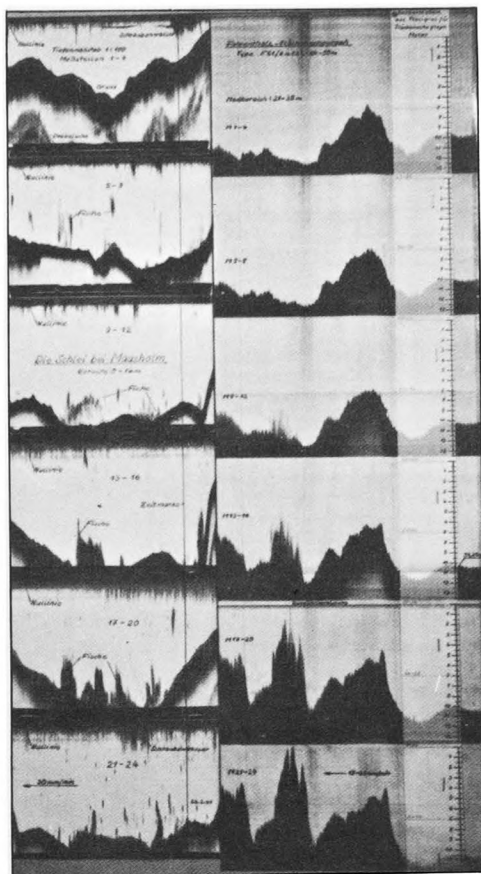


FIG. 8. — Enregistrements d'échographe à profils resserrés.

échocs artificiels dans l'appareil de façon à préparer tous les amplificateurs à être réceptifs très peu de temps après l'émission, et qui empêchent d'une façon sûre l'enregistrement de toutes les impulsions émises. Cette suppression automatique des échocs multiples qui est une condition essentielle pour la construction d'un échographe de ce genre, permet aussi le calage simultané de tous les étages d'amplification des divers canaux de réception avec un seul bouton de manœuvre, parce que ce n'est pas l'uniformité des amplificateurs, des émetteurs et des récepteurs qui est impérative pour recevoir la réponse du système de triage automatique des impulsions, mais seulement une certaine amplification minimum dépendant de la profondeur de l'eau et de la nature du fond. On peut même enregistrer de très faibles échocs provenant de petits objets, lorsque ceux-ci reposent sur du ciment qui donne un écho un millier de fois plus fort. Comme on peut le voir sur la fig. 7, l'enregistrement montre le contour de la pierre. On ne peut pas discerner simplement d'après l'enregistrement si la protubérance du fond est de la pierre ou un monticule de terre. Ceci est un inconvénient qui provient du fait que ce n'est pas l'écho lui-même qui est utilisé pour noircir le papier, mais une courte impulsion électrique produite par un multi-vibrateur. C'est pourquoi une mise au point plus poussée

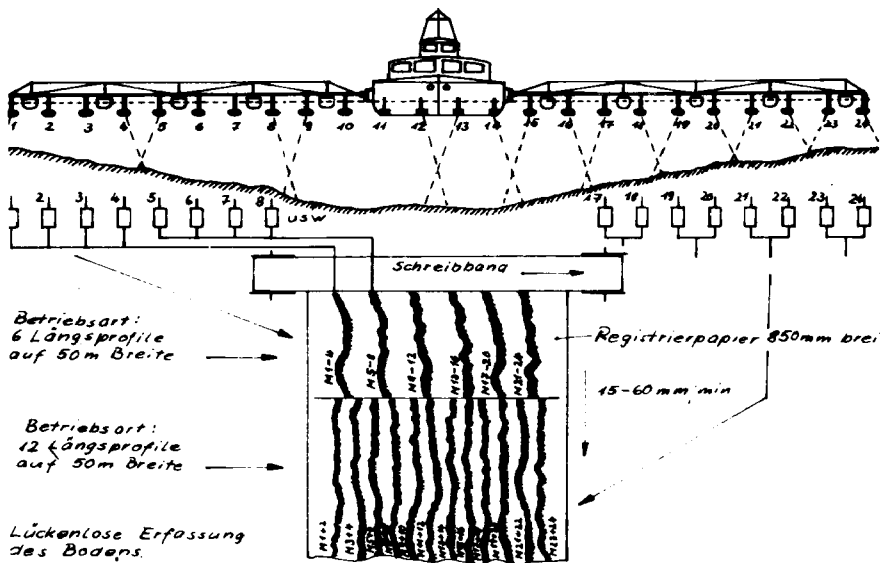


FIG. 9. — Echographe à profils resserrés avec 6 ou 12 profils longitudinaux ou davantage.

d'un échographe de ce genre nous a conduit à obtenir un enregistrement conforme dans lequel les échos (courts et longs, ou petits et grands) sont enregistrés comme ils se produisent dans la réalité. La fig. 8 est une illustration d'un enregistrement de cette sorte; on peut y distinguer les poissons par rapport au sol ou aux pierres.

Dans la pratique, l'emploi d'un échographe de ce genre a montré en outre qu'il n'est pas toujours nécessaire, dans le levé d'un chenal, de prendre autant de profils qu'il y a de points de mesure sur le navire hydrographe et les tangons. Les résultats obtenus par plusieurs points de mesure voisins peuvent toujours être groupés, comme le montre la fig. 9, et être enregistrés sous la forme d'un profil longitudinal unique, ce qui permet d'avoir six ou douze profils longitudinaux pour une largeur à couvrir de 48 mètres. La représentation sur le papier est plus claire, et le chenal est cependant en totalité couvert sans aucun vide malgré cette simplification.

Tous ces échographes dont nous venons de parler n'enregistrent que des profils longitudinaux les uns au-dessous des autres. Si l'on désire des profils transversaux, on peut les avoir simplement à l'aide d'un calque et d'un compas. Cependant, on dispose aussi d'un échographe spécial pour obtenir un profil transversal supplémentaire, comme le montre la fig. 10. Quand on presse un bouton, on obtient un profil transversal en 1/4 de seconde toutes les fois qu'on le désire. Dans cet appareil, un certain nombre de styles montés côte à côte enregistrent simultanément la profondeur de l'eau de chaque profil transversal en un seul passage sur le papier. Des repères d'heures sur les enregistrements donnent une garantie d'une coordination convenable.

Si pour déterminer la route suivie, on veut enregistrer la distance aux rives d'une façon continue à mesure que le navire se déplace le long du chenal, on peut utiliser un faisceau étroit de sondage horizontal. La fig. 11

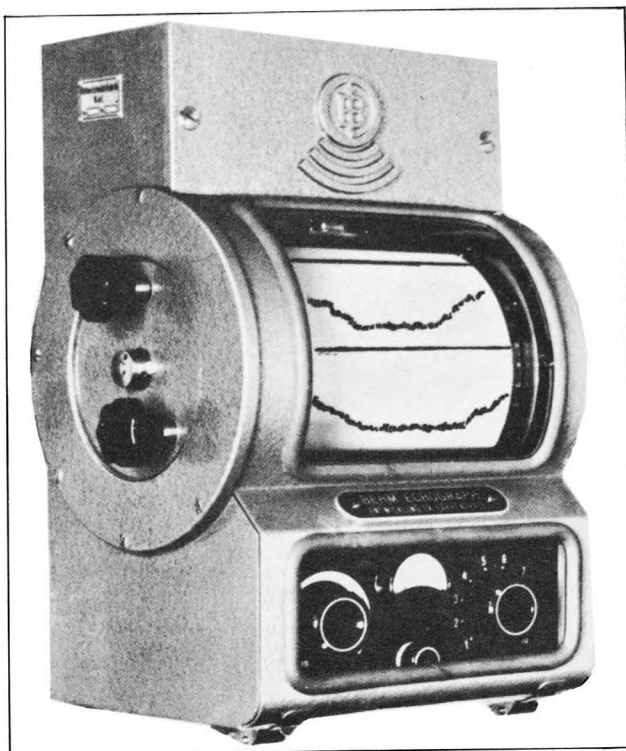


FIG. 10. — Rotographe pour l'enregistrement des profils transversaux en 0,2 seconde.

montre des enregistrements d'une rive stabilisée et d'une rive couverte de roseaux de la Weser. Les épis sous l'eau sont aussi facilement reconnaissables.

Les échographes de ce genre construits jusqu'ici fonctionnaient avec une fréquence ultra-sonore de 40 kc/s et utilisaient des émetteurs à magnétostriction et des récepteurs de nickel pur. Aujourd'hui, les instruments les plus récents utilisent 100 kc/s et ont des émetteurs et des récepteurs de titanate de baryum. Les points de mesure situés à bord et sur les tangons peuvent mesurer des profondeurs inférieures à 5 mètres à des intervalles de 1 m perpendiculairement à la route suivie. Dans le cas d'instruments pour plus grandes profondeurs, l'espacement est de 2 m. L'effet directionnel des émetteurs et des récepteurs est tel que les faisceaux émis de deux points de mesure voisins se recouvrent, de sorte que le fond est entièrement exploré. Les instruments de type ancien effectuaient les sondages à deux impulsions par seconde; les instruments modernes utilisent 15 impulsions par seconde et davantage.

Comme conclusion à mes remarques, je dois dire quelques mots sur la mise au point des navires hydrographes et des tangons nécessaires à l'utilisation de ces échographes.

L'enregistrement de profils longitudinaux et transversaux dans les chenaux par l'emploi d'un grand nombre d'émetteurs et de récepteurs verticaux exige la fabrication de tangons qui permettent d'augmenter la largeur du navire. L'idée de naviguer dans des chenaux étroits avec des tangons fut d'abord rejetée par les marins, mais maintenant, après une période

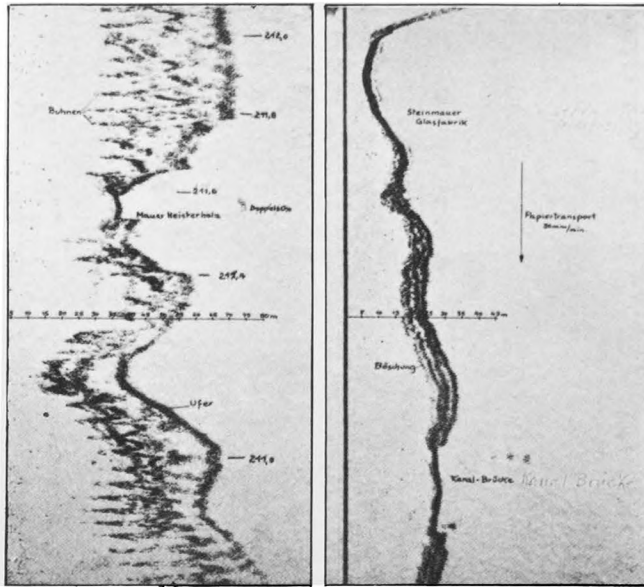


FIG. 11. — Sondage horizontal dans le fleuve Weser.
 A gauche : Représentation d'une rive couverte de roseaux avec épis.
 A droite : Représentation de la berge d'un canal avec la pile d'un pont.

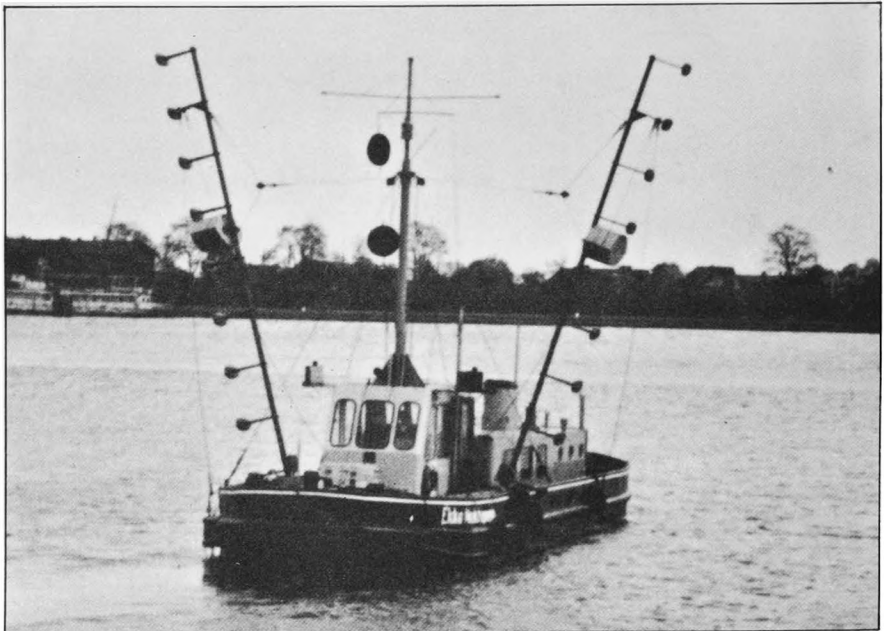


FIG. 12. — Le navire hydrographe *Ekke-Nekkepen* avec les tangons relevés.

d'étude de 10 ans, il a été démontré que naviguer avec des tangons dans les rivières et les canaux n'entraîne aucune difficulté, et qu'un navire muni de tangons a une bonne manœuvrabilité s'il possède deux hélices. En tout cas, on doit cependant pouvoir rentrer les tangons d'une manière simple et rapide quand le navire est en route pour donner le passage aux navires

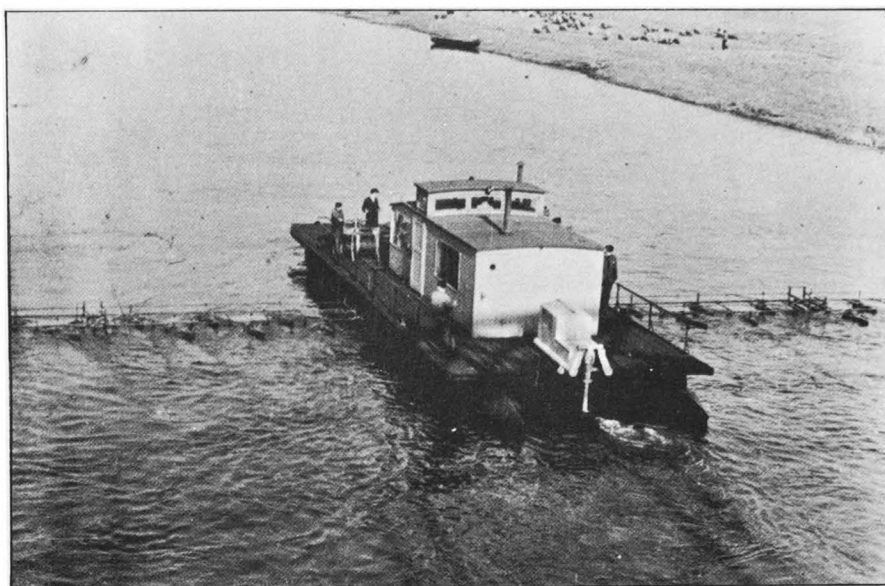


FIG. 13. — Le navire hydrographe *Herstelle*.

rencontrés dans des chenaux étroits. C'est pourquoi on commença par des études et des essais de tangons pour des levés en eau calme dans les rivières et les canaux, et non en pleine mer; on pouvait soulever ces tangons et les replier vers l'arrière; ils occupaient une place de 25 m de chaque côté du navire. Les figures suivantes montrent divers navires hydrographes équipés de tangons. La fig. 12 montre le navire hydrographe *Ekke-Nekkepen* du Bureau de Navigation et des Chenaux de Kiel, qui est employé pour obtenir des profils transversaux dans le canal de Kiel. Le navire a des tangons de 12 mètres de chaque côté; ces tangons se replient. Cependant, pour les navires de levé de plus fort tonnage, il n'est pas commode d'installer des tangons longs et lourds que l'on doit relever avec des treuils, en particulier si le navire roule. Pour cette raison on ne fabrique plus de tangons manœuvrables par treuils.

La fig. 13 montre le premier navire hydrographe construit en 1953 en collaboration avec le Bureau de Navigation et des Chenaux de Hanovre. Ce navire possède des tangons rabattables vers l'arrière; ces tangons sont tubulaires et constitués par des sections de 7,50 m de long; ils s'appuient sur un certain nombre de petits flotteurs. Deux treuils permettent de mettre en place et de relever ces tangons.

La fig. 14 montre le navire *Mimir* du Bureau de Navigation et des Chenaux de Wurzburg équipé d'un échographe du type que nous venons d'étudier pour une largeur à mesurer de 40 m et qui est utilisé pour les levés de vérification dans le chenal du Main. Ce navire possède également des tangons rabattables vers l'arrière, mais d'une conception améliorée. Le même type de tangon est monté sur le navire *Grisslan* du Service Hydrographique de Suède qui est représenté sur la fig. 15. Les flotteurs supportant les tangons sont montés sur pivot et se mettent automatiquement dans le sens de la marche du navire. Les tangons sont reliés au navire hydrographe par des joints universels de sorte qu'ils peuvent osciller avec la houle.

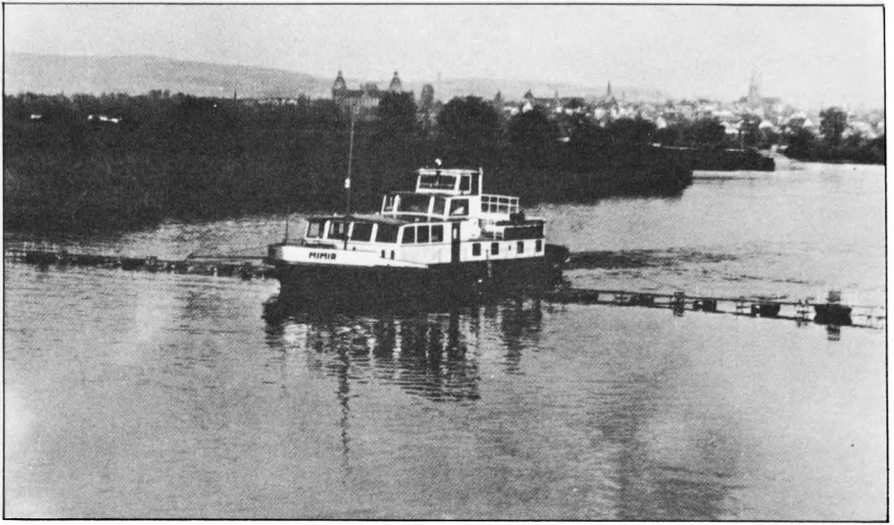


FIG. 14. — Le navire hydrographe *Mimir*.

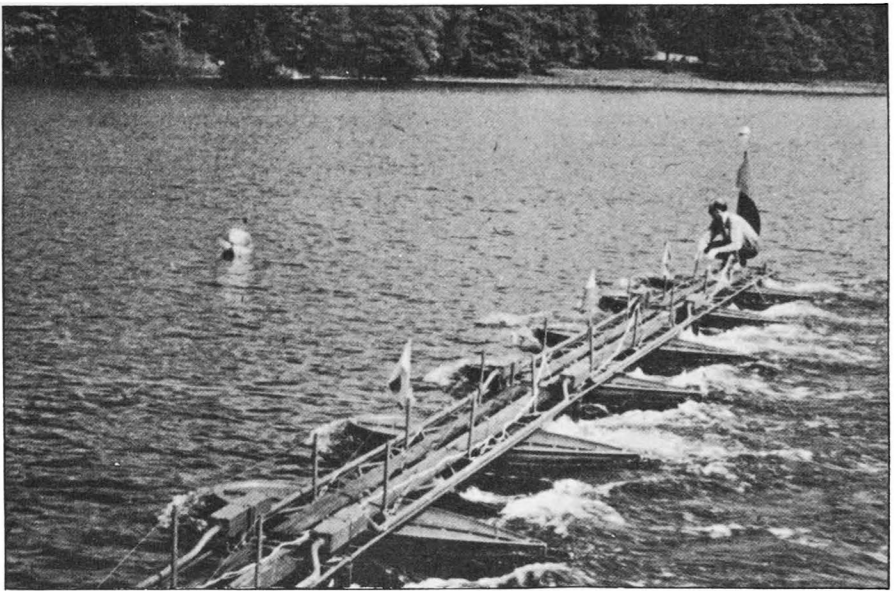


FIG. 15. — Tangons du navire hydrographe *Grisslan* en route.

La fig. 16 représente le navire hydrographe *Artur Wechmann* du Service d'Hydrologie et de Météorologie de Potsdam qui est aussi équipé de tangons repliables vers l'arrière.

Le navire suédois *Grisslan* et un autre navire hydrographe ont été employés non seulement dans les eaux calmes et peu profondes des rivières et des canaux, mais aussi au large de la côte et à titre d'essai en Baltique. Cette expérience a montré que les tangons conçus jusque là pour des levés de rivières ne sont pas assez stables pour ces mers, et que la mise en place et le repliage avec treuils à main causent pas mal d'ennuis et exigent plu-

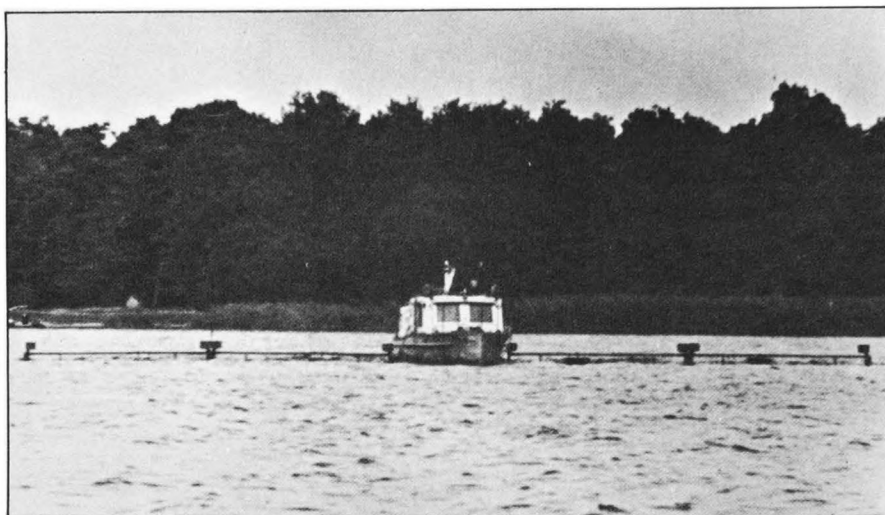


FIG. 16. — Le navire hydrographe *Artur Wechmann*.
Modèle de navire à largeur variable pour l'échographe à profils resserrés de Fahrentholz.



FIG. 17. — Tangons rentrés et soulevés (largeur 9 m).

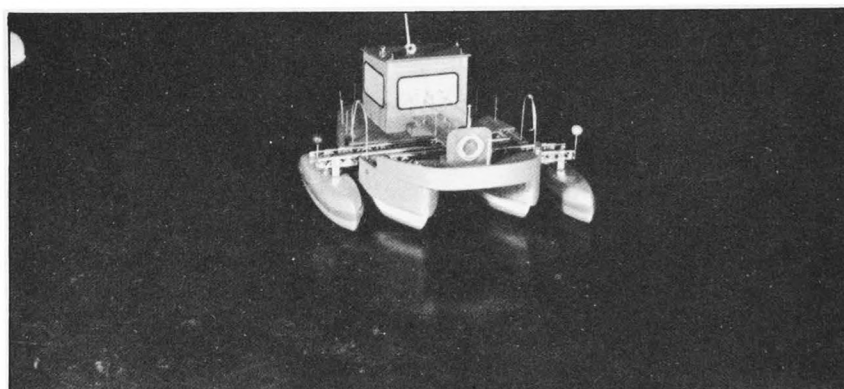


FIG. 18. — Tangons rentrés.

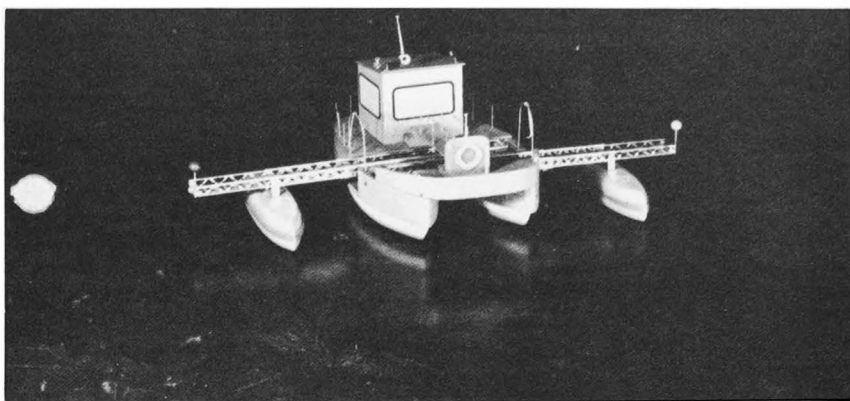


FIG. 19. — Tangons à moitié sortis.

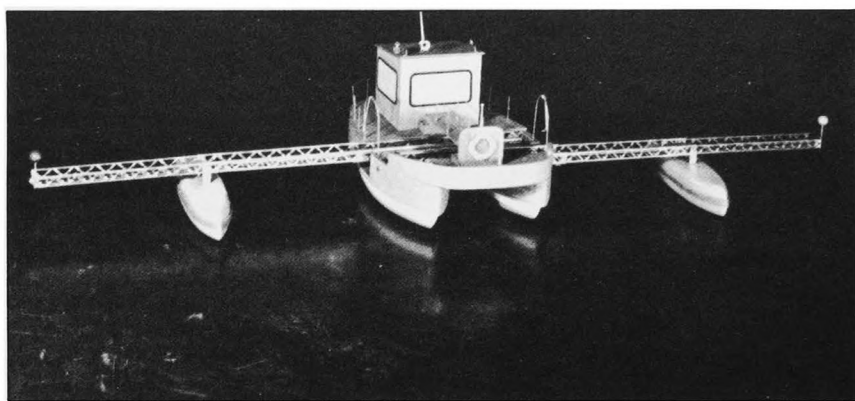


FIG. 20. — Tangons complètement sortis.

sieurs hommes. De plus, pour les navires qui doivent effectuer des levés au large avec des échographes, il est nécessaire de pouvoir rentrer rapidement les tangons sans difficultés.

Pour satisfaire à ces desiderata, on a réussi la mise au point d'un navire hydrographe-type dont on peut voir un modèle dans les figures 17 à 20. Les tangons sont des échelles de pompiers sur lesquelles les membres de l'équipage peuvent se déplacer en toute sécurité. On peut les pousser en dehors et chacune repose sur un flotteur. La fig. 17 montre les tangons relevés au-dessus de l'eau. La fig. 18 montre les tangons rentrés; la fig. 19 les montre à moitié sortis et la fig. 20 sortis complètement. Les deux tangons peuvent pivoter autour d'un axe horizontal selon les mouvements du navire sous l'effet de la houle. La fixation du targon de bâbord est située à tribord et celle du targon de tribord à bâbord. Des expériences sur modèle ont montré que cette disposition est particulièrement favorable. Les tangons sont sortis et rentrés électriquement et cela ne nécessite aucun travail. Dans la position rentrée, ils peuvent être hissés hydrauliquement hors de l'eau de façon que le navire puisse gagner un port en toute sécurité par mauvais temps. Des navires de ce type peuvent être conçus pour des largeurs à mesurer variables, de 7 à 30 m, de 9 à 40 m et de 10 à 50 m. Il est certain

que ces navires-là conviennent parfaitement aux rivières et aux canaux, mais ils doivent encore faire leurs preuves en pleine mer.

Résumé

Nous venons de donner une description d'échographes permettant d'obtenir des profils resserrés, et de navires équipés de tangons permettant de les utiliser pour obtenir le sondage d'une surface. Les échographes de ce type utilisés habituellement à l'heure actuelle permettent des vérifications fréquentes, rapides et complètes des chenaux de navigation dans les rivières et les canaux, ainsi que l'élimination rapide des obstacles. Ils permettent également de prévoir et d'effectuer d'une façon précise des travaux de dragage, de sorte que leur utilisation contribue d'une façon substantielle à accroître la sécurité de la navigation. La mise au point des instruments et des navires de levé pour la pleine mer n'est pas encore terminée.

Les travaux ont été effectués dans le laboratoire de l'auteur, et ont été favorisés par des contrats de recherche passés avec le Bureau de Navigation et des Chenaux allemand et le Service Hydrographique suédois.

Je remercie particulièrement le D^r P. O. FAGERHOLM et le Capitaine de Vaisseau ENGSTROM pour leur coopération et le grand intérêt qu'ils ont manifesté pour toutes mes propositions ainsi que pour leur collaboration qui m'a permis d'effectuer de nombreuses expériences dans les eaux suédoises pour le plus grand bénéfice des travaux de mise au point.