

NO 899.406

CLASSIF. INTERNAT.: G01S

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

MIS EN LECTURE LE: 12 Février 1987

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention

Vu la Convention d' Union pour la Protection de la Propriété Industrielle

Vu le procès-verbal dressé le 12 Avril 1984 15 A 35

à l' Office de la Propriété Industrielle

ARRETE :

ARTICLE 1.- Il est délivré à : KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
Sebaldsbrücker Heerstrasse, 235 2800 Bremen 44 (R.F.A.).

REPR. PAR Office Kirkpatrick à 1040 Bruxelles
un brevet d'invention pour: PROCEDE PASSIF POUR EVALUER DES GRANDEURS D'ETAT
D'UNE CIBLE EN MOUVEMENT EMETTANT DANS L'EAU DES IMPULSIONS SONORES
(inv.: J. Ziegenbein; M. Siegel; G. Bodecker)

qu'elle déclare avoir fait l'objet d'une
demande de brevet déposée
en République Fédérale d'Allemagne le 13 Décembre 1983 n° DEA 3345021

ARTICLE 2.- Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et périls,
sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de
l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention (mémoire
descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui de sa
demande de brevet.

Bruxelles, le 30 Avril 1984

PAR DELEGATION SPECIALE

Le Directeur

L. WUYTS

MÉMOIRE DESCRIPTIF

DÉPOSÉ A L'APPUI D'UNE DEMANDE

DE

BREVET D'INVENTION

FORMÉE PAR

KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH.

p o u r

Procédé passif pour évaluer des grandeurs d'état
d'une cible en mouvement émettant dans l'eau
des impulsions sonores.

(Inventeurs : J. ZIEGENBEIN, M. SIEGEL, G. BODECKER).

La présente invention concerne un procédé passif pour évaluer des grandeurs d'état comme la distance, la vitesse, le cap et/ou la fréquence d'émission d'une cible en mouvement émettant dans l'eau des impulsions sonores, comme un navire, une torpille ou un engin analogue avec un sonar actif, à partir d'un

endroit de réception éloigné de la cible.

Un procédé connu de ce type, qualifié généralement de "ping steeling technique" utilise l'effet de la propagation selon plusieurs voies dans le canal sonore. Dans ce cas, à partir des différences de durée de transit entre l'impulsion sonore reçue directement, c'est-à-dire dans la direction de relèvement allant du récepteur à l'émetteur et celle ou celles reçues indirectement, on détermine tout d'abord l'emplacement puis, par un traitement d'intégration dans le temps, également à peu près la vitesse de l'émetteur. Ce procédé suppose cependant de bonnes connaissances des rapports de propagation du son existantes. Dans des zones à eaux peu profondes, on ne peut pas utiliser ce procédé étant donné le niveau le plus souvent faible des connaissances des propriétés du canal en eau peu profonde.

L'invention a pour but de procurer un procédé passif du type spécifié au moyen duquel les grandeurs d'état d'une cible puissent être déterminées indépendamment de la connaissance des propriétés du canal sonore, avec une précision relativement élevée. Le procédé convient en particulier pour des régions à eaux peu profondes. En même temps, ce procédé doit pouvoir être réalisé du côté du récepteur avec des antennes ou des bases habituelles dans le cas des installations de sonar passives connues et chaque investissement supplémentaire de construction, en particulier pour l'antenne ou la base, doit être évité.

Ce but est réalisé dans le cas d'un procédé du type indiqué dans la partie non caractéristique de la revendication 1, par la partie caractéristique de cette revendication 1.

Dans le cas du procédé conforme à l'invention, on utilise précisément la propriété du canal en eau peu

profonde, qui jusqu'à présent s'était montrée gênante pour la localisation acoustique, à savoir l'écho apparaissant renforcé avec les effets de l'étalement de fréquence dû à l'effet Doppler dans l'écho d'un signal de localisation et la dépendance de cet étalement de fréquence de la direction et du temps. Le procédé conforme à l'invention a l'avantage qu'aucun investissement de construction supplémentaire n'est nécessaire. Ce procédé est réalisé sans modification aucune de la structure des installations de sonars passifs usuelles, par exemple avec une base cylindrique, exclusivement au moyen du traitement des signaux. Des pas partiels nécessaires pour le procédé dans le traitement des signaux, la formation de faisceau et l'analyse de fréquence existent déjà sans plus dans une série d'installations de sonars passifs connues, de sorte que le procédé peut être réalisé dans des installations de sonars existantes moyennant un minimum d'investissements supplémentaires. Le procédé conforme à l'invention travaille de manière très précise. Même dans le cas de conditions limites les plus défavorables, il fournit des valeurs d'évaluation pour la distance entre la cible portant l'émetteur et le récepteur dont le taux d'erreur est inférieur à 10%.

Une réalisation avantageuse de l'invention est décrite dans la revendication 5. Par une détermination supplémentaire de la fréquence Doppler de l'impulsion d'émission contenue dans le signal direct, c'est-à-dire dans le signal arrivant dans la direction de relèvement, il est possible de déterminer le cap de la cible à l'aide des grandeurs d'état déterminées selon les revendications 3 et 4, en l'occurrence fréquence d'émission et valeur de la vitesse de la cible.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendica-

tion 6. Dans les deux directions ou canaux de direction de réception sélectifs non orientés vers la cible de l'installation de sonar, on obtient des extrêmes complémentaires des fréquences d'écho Doppler, c'est à dire que dans le premier canal de direction, une fréquence d'écho Doppler maximale est détectée et dans l'autre, une fréquence minimale. Par l'expression direction de réception sélective, on entend ici les angles d'ouverture usuels $2V_{-3}$ de la caractéristique de réception. Une amélioration de la précision de la détection des fréquences d'écho Doppler est obtenue par une diminution de l'angle d'ouverture $2V_{-3}$. Des angles d'ouverture $2V_{-3} = 2^\circ$ actuellement courants pour des sonars passifs sont parfaitement suffisants pour l'obtention de bons résultats. Grâce à la réception dirigée de l'écho, la limitation à un récepteur stationnaire ou quasi stationnaire qui est exigée pour une réception non dirigée ou omnidirectionnelle est supprimée. Au contraire, le récepteur lui-même peut se déplacer sans limitation. L'effet Doppler dit propre qui apparaît dans ce cas peut être éliminé sans plus par calcul, parce que la vitesse et le cap du récepteur sont connus.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 7. Cette façon de faire permet d'éviter des imprécisions de mesure qui peuvent apparaître dans la réalisation du procédé selon la revendication 6, lorsque les deux directions de réception sélectives non orientées vers la cible sont choisies d'une manière défavorable par rapport au cap de la cible qui est encore inconnu.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 8. Au moyen des grandeurs d'état déterminées :

cap de la cible, vitesse de la cible et fréquence d'émission de l'émetteur de la cible, il est possible de déterminer d'une manière suffisamment précise au moyen des mesures indiquées, la distance jusqu'à la cible et ainsi l'emplacement de la cible.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 9. Grâce à ces mesures, la fiabilité de l'évaluation de la distance peut être nettement accrue. Grâce au grand nombre de valeurs de rencontre des directions de réception les plus diverses utilisées pour l'évaluation, il est possible d'éliminer les perturbations de la structure de l'écho et ainsi les faux points de rencontre.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite en outre dans la revendication 11. L'utilisation des grandeurs d'état de la cible déterminées conformément aux revendications 3 à 10 en tant que valeurs de départ pour les données préalables des paramètres, permet d'abaisser considérablement les frais de calcul pour le procédé d'évaluation.

Pour le procédé décrit ci-dessus, après la localisation de la cible, en principe une seule impulsion d'émetteur suffit pour détecter complètement les grandeurs d'état définies de la cible. L'exploitation d'impulsions d'émetteur suivantes de la manière décrite sert simplement à améliorer les résultats de l'évaluation des grandeurs d'état.

Si l'on dispose cependant d'une série d'impulsions sonores émises par la cible, la grandeur d'état "distance de la cible" peut en outre encore être évaluée conformément à l'autre réalisation du procédé conforme à l'invention décrite dans la revendication 12. En liaison avec le procédé d'exploitation

décrit dans la revendication 9 ou 10, on obtient deux résultats déterminés de manière séparée de la même grandeur d'état "distance de la cible", au moyen desquels on peut alors améliorer, par un procédé de compensation des erreurs, le résultat proprement dit de l'évaluation.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 13. Ce procédé a l'avantage de se contenter d'une seule et au maximum cependant de trois directions de réception sélectives qui sont décalées angulairement en azimut les unes des autres. Etant donné que toute la structure de l'écho pendant toute la durée de la réception est utilisée pour déterminer les fréquences d'écho Doppler, et pas seulement des valeurs de rencontre sélectionnées, des perturbations dans la structure de l'écho peuvent être facilement identifiées et éliminées sans plus lors du calcul des grandeurs d'état. Les investissements électroniques pour la production du nombre maximum de trois directions de réception, dites aussi Preformed Beams, sont relativement faibles.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 14. La localisation de l'émetteur au moyen d'un faisceau de relèvement séparé permet, grâce au rapport signaux utiles/signaux parasites très élevé, de détecter d'une manière fiable le moment de la réception de l'écho ainsi qu'une valeur maximum et une valeur minimum des fréquences Doppler, la valeur maximum et la valeur minimum étant symétriques par rapport à la fréquence moyenne de l'impulsion d'émetteur. La fonction de discontinuité se présentant dans le faisceau de relèvement dans l'allure en fonction du temps de la fréquence d'écho Doppler, rend possible une détermi-

nation sûre de la fréquence moyenne donc de la fréquence d'émetteur.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 15, en particulier en liaison avec les revendications 16 et 17. Comme dans le cas de la réalisation du procédé décrite plus haut, la vitesse et le cap de la cible sont ici aussi déterminés à partir des valeurs extrêmes de la fréquence d'écho Doppler, donc de la fréquence d'écho Doppler maximum et/ou minimum. Etant donné cependant que, contrairement à cette variante du procédé, dans le cas présent pour chaque direction de réception, l'ensemble de l'allure dans le temps de la fréquence d'écho Doppler, c'est-à-dire la courbe de la fréquence d'écho Doppler dans le temps est déterminée sur la totalité de la durée de réception de l'écho, des perturbations dans la structure de l'écho peuvent être facilement identifiées et les valeurs effectivement extrêmes, qui correspondent aux effets Doppler minimum et maximum, peuvent être déterminées de manière beaucoup plus fiable.

Une autre réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 18. Pour certaines relations spatiales entre le cap de la cible et une direction de réception sélective choisie non orientée vers la cible, la fréquence d'écho Doppler minimum ou maximum ne peut pas être déterminée par des techniques de mesure. Dans ce cas, on peut cependant déterminer à partir des valeurs de fréquence d'écho Doppler en fonction du temps dans l'autre direction de réception sélective non orientée vers la cible conforme à l'invention, qui présente une autre relation spatiale avec l'émetteur, la fréquence d'écho Doppler minimum ou maximum qui ne peut pas être détectée dans la première direction de réception.

Une autre réalisation avantageuse encore du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 19. Ces mesures permettent d'augmenter notablement la fiabilité des grandeurs d'état calculées de la cible par le fait que l'on fait toujours appel, pour le calcul des grandeurs d'état, à la direction de réception dans laquelle la valeur extrême univoque de la fréquence d'écho Doppler apparaît.

Une réalisation avantageuse du procédé conforme à l'invention est décrite dans la revendication 23. Ces pas de procédé supplémentaires permettent d'améliorer notablement de manière itérative les résultats d'évaluation pour les grandeurs d'état inconnues et ainsi d'atteindre une détection et une détermination de cible extrêmement précises.

Le procédé conforme à l'invention ne convient pas uniquement lorsque la cible émet des impulsions sonores de manière omnidirectionnelle. Dans le cas d'autres modes d'émission utilisés fréquemment dans des sonars actifs, comme les modes RDT, CRDT, ou XRDT, pour lesquels un faisceau d'émission étroit pivote dans un domaine angulaire horizontal, le procédé conforme à l'invention donne aussi des résultats également bons pour les grandeurs d'état de la cible émettrice.

Suivant une autre réalisation du procédé conforme à l'invention décrite dans la revendication 25, conclut à une cible comportant un sonar actif émettant selon le mode RDT lorsqu'un décalage dans le temps apparaît entre les détections d'écho dans les deux directions de réception non orientées vers la cible. La période du faisceau d'émission peut alors être en outre calculé à partir de ce décalage dans le temps.

Suivant l'autre réalisation du procédé conforme à l'invention décrite dans la revendication 26,

on peut également conclure à une cible comportant un émetteur sous-marin travaillant selon le mode RDT, lorsque, dans le faisceau dit de relèvement, donc dans la direction de réception sélective orientée vers la cible, un décalage dans le temps entre l'arrivée de l'impulsion d'émission et l'écho se produit. Ce décalage dans le temps est aussi une mesure de la période du faisceau d'émission.

Des exemples de réalisation d'un procédé d'évaluation passif de grandeurs d'état d'une cible seront décrits ci-après plus en détail avec référence aux dessins annexés, dans lesquels :

la Fig. 1 est une vue de principe d'un modèle de l'espace d'écho dans l'eau dans le cas d'une relation spatiale momentanée choisie de manière arbitraire entre un émetteur en mouvement S et un récepteur stationnaire ou en mouvement E;

la Fig. 2 est une vue semblable à celle de la Fig. 1 dans le cas d'un récepteur comportant au total trois directions de réception sélectives;

la Fig. 3 est une vue de principe des courbes de fréquence d'écho Doppler-temps établies dans les diverses directions de réception sélectives dans le cas d'un émetteur ODT;

la Fig. 4 est une vue semblable à la Fig. 3 de courbes de fréquence d'écho Doppler-temps dans le cas d'un émetteur RDT;

la Fig. 5 et la Fig. 6 sont un schéma synoptique d'un montage de circuit destiné à réaliser le procédé d'évaluation de grandeurs d'état;

la Fig. 7 est un schéma synoptique d'un extracteur de données dans le montage de circuit représenté sur les Fig. 5 et 6, et

la Fig. 8 est un schéma synoptique du déroulement du procédé selon une deuxième forme d'exécution.

Le procédé d'évaluation des grandeurs d'état inconnues d'une cible en mouvement à partir d'un endroit de réception éloigné de la cible sera expliqué tout d'abord à propos de la vue de principe de la Fig. 1. On suppose dans ce cas que la cible émet à intervalles de l'énergie sonore, par exemple des impulsions sonores. Dans l'application préférée du procédé, la cible en mouvement est donc un navire de surface qui, possède à bord, habituellement une installation de sonar actif dont l'émetteur sonore émet des impulsions sonores, par exemple des impulsions CW à bande étroite. La cible ou le navire de surface équipé de son émetteur dit d'interception est indiqué en S sur la Fig. 1. Il se déplace à une vitesse v_S inconnue du récepteur avec un cap k_S . Le récepteur stationnaire ou en mouvement E est, dans l'application préférée du procédé, un sous-marin stationnaire ou se déplaçant à la vitesse v_E suivant le cap k_E qui est équipé d'une installation de sonar passif au moyen de laquelle les impulsions sonores ou signaux d'interception peuvent être reçus. L'application du procédé suppose que le canal sonore entre l'émetteur S et le récepteur E possède des propriétés d'écho, ce qui s'avère correct en particulier pour des zones à eaux peu profondes, comme la mer du Nord. L'écho est produit par des discontinuités dans l'eau, qui par exemple dans le cas de l'eau de mer, apparaissent à la suite de différences de température ou de salinité, d'occlusions d'air, de la présence de particules ou de micro-organismes et qui provoquent des sauts d'impédance. Lors de l'impact de l'énergie sonore émise par l'émetteur, ces discontinuités provoquent des réflexions et des dispersions. Dans l'esprit, ces discontinuités peuvent par conséquent être considérées comme étant des centres de diffusion fictifs SC_i qui sont activés à partir de

l'émetteur en mouvement à la fréquence

$$f_{SCi} = f_m \left(1 + \frac{v_S}{c} \cdot \cos \beta_i \right)$$

par une impulsion sonore de la fréquence moyenne f_m . β_i est alors l'angle formé entre la direction de déplacement de l'émetteur et la direction dans laquelle le centre de diffusion SC_i envisagé est vu à partir de l'émetteur. Une partie de l'énergie sonore est diffusée dans la direction de réception spatialement sélective du récepteur, de sorte que ces centres de diffusion SC_i apparaissent pour le récepteur comme étant des émetteurs fictifs voisins à fréquences f_{SCi} différentes, disposés le long de la direction de réception ou de l'axe du faisceau de réception. Dans le cas d'un émetteur stationnaire, ces fréquences f_{SCi} différentes peuvent être détectées directement dans le canal de réception sélective du récepteur. Dans le cas d'un récepteur se déplaçant à la vitesse v_E , ces fréquences sont décalées d'un autre Doppler, le Doppler dit propre, qui résulte du déplacement relatif du récepteur par rapport aux centres de diffusion SC_i et sont décelées dans le récepteur sous la forme

$$f_{ESCi} = f_{SCi} \left(1 + \frac{v_E}{c} \cdot \cos \Theta \right)$$

où Θ est l'angle entre le vecteur de vitesse v_E du récepteur et la direction, sous lequel l'émetteur fictif est vu à partir du récepteur, donc la direction de réception sélective du récepteur. Etant donné que le vecteur de vitesse du récepteur et la direction de réception sélective sont connus, le Doppler propre peut être compensé dans le canal de réception et la fré-

quance d'émission f_{SCi} de l'émetteur fictif SC_i peut ainsi être détectée.

Les fréquences Doppler propres compensées f_{ESCi} , qui sont identiques aux fréquences f_{SCi} émises par les émetteurs fictifs SC_i , sont qualifiées ci-après de fréquences d'écho Doppler.

A l'aide du procédé décrit en détail ci-après, on évaluera à présent les grandeurs d'état de la cible à émetteur d'interception S qui sont inconnues pour le récepteur E . Par grandeurs d'état, on entend le cap θ_S et la vitesse v_S de la cible S , la fréquence d'émission ou fréquence moyenne f_m de l'émetteur d'interception de la cible et la distance R séparant la cible S du récepteur E . Ces grandeurs d'état permettent de localiser une cible inconnue S à partir de l'endroit de réception E , et de décrire complètement le comportement de la cible par son cap, sa vitesse et sa fréquence d'émission.

Le récepteur E présente au moins une direction de réception sélective I , un faisceau dit Preformed Beam ou canal de réception orienté. Cette direction de réception I est choisie de manière arbitraire, mais elle ne peut pas être orientée directement vers la cible S , ce qui est qualifié ci-après de "non orientée vers la cible". L'écho produit à la suite du phénomène physique décrit plus haut dans l'eau par l'impulsion sonore de durée T est détecté dans la direction de réception sélective I ou dans le canal de réception orienté. Cet écho est une fonction du temps et est aussi qualifié de signal d'écho. A partir de l'écho reçu dans la direction de réception sélective I sont formés les spectres de fréquence, en l'occurrence en déterminant pour un grand nombre de moments d'une grille de temps partant de la réception de l'écho, c'est-à-dire du moment de sa détection dans la direc-

tion de réception I, les fréquences d'écho Doppler f_{SCi} contenues dans les spectres de fréquence et en les associant au moment t_i voulu. La multiplicité de ces valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps donne une courbe de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SC}=g(t)$ indiquée par I et représentée schématiquement sur la Fig. 3. On admet dans ce cas que la vitesse v_E du récepteur est nulle. Si le récepteur E se déplace cependant à la vitesse connue v_E suivant le cap connu k_E , il faut, pour compenser l'effet Doppler additionnel résultant, c'est-à-dire l'effet Doppler dit propre, effectuer dans le récepteur une compensation de vitesse dépendant de la direction.

Indépendamment de l'acquisition des valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps à partir de l'écho dans la direction de réception I préétablie non orientée vers la cible, on calcule pour la même direction de réception, les fréquences d'écho Doppler f_i en fonction du temps t . Pour la fréquence d'écho Doppler f_i jusqu'au moment $t = t_i$,

$$f_i = f_m \left(1 + \frac{v_s}{c} \cdot \cos \beta_i \right) \quad (1)$$

Sur base de la corrélation apparaissant dans la Fig. 1

$$\beta_i = \pi - k_s - \delta_i \quad (2)$$

et de la relation

$$\delta_i = \arcsin \left\{ (K^2+1)^{-1} \cdot (FK + \sqrt{K^2-F^2+1}) \right\} \quad (3)$$

où il a été établi que

$$K = (L \cos \alpha - 1) (L - \sin \alpha)^{-1} \quad (4)$$

$$L = 1 + \frac{c \cdot t_i}{R} \quad (5)$$

$$F = L^{-1} \quad (6)$$

on obtient

$$f_i = h(t_i, R, v_S, k_S, f_m) \quad (7)$$

Il ressort de l'équation (7) que les fréquences Doppler f_i à calculer sont fonction des variables indépendantes t ainsi que des paramètres R, v_S, k_S, f_m . L'équation (1) sert à présent à calculer les fréquences d'écho Doppler f_i pour un grand nombre de moments successifs t_i et sont réunis en des courbes de lissage $f = h(t)$. Les paramètres R, v_S, k_S, f_m inconnus sont dans ce cas fournis au préalable en tant que valeurs d'évaluation. Les valeurs d'évaluation admises de manière arbitraire, mais en relation avec la réalité, sont modifiées chaque fois pour un paramètre, les pas de modification ou de variation devant être convenablement choisis, et une courbe de lissage est établie pour chaque valeur d'évaluation. La variance σ^2 entre les courbes de lissage $f = h(t)$ et les valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SC} = g(t)$ obtenues à partir des valeurs de mesure est à présent calculée (courbe de fréquence d'écho Doppler-temps, comme indiquée en I sur la fig. 3). La variance minimum est déterminée parmi les variances calculées (estimation LMS). La valeur d'évaluation du jeu de paramètres dont les courbes de lissage associées donnent la variance minimum, est fournie en tant que grandeur d'état de la cible S.

Dans le cas des quatre paramètres présents,

qui doivent tous être modifiés les uns à la suite des autres en des pas adéquats, les travaux de calcul sont pratiquement très importants. Ces travaux peuvent cependant être nettement simplifiés par le fait qu'au moyen des fréquences d'écho Doppler f_{sci} obtenues à partir de l'écho, on calcule les grandeurs d'état pour la fréquence moyenne f_m , la vitesse v_g de la cible et le cap k_g de la cible, de sorte que seule la grandeur d'état distance R de la cible subsiste en tant que paramètre dans les courbes de lissage avec le temps comme variable indépendante. La variation des valeurs d'évaluation pour les paramètres R individuels et le calcul de la variance n'exigent alors qu'une fraction des travaux de calcul précédemment nécessaire.

Pour calculer les grandeurs d'état f_m , v_g et k_g , le récepteur E dispose, comme le montre la Fig. 2, d'une direction de réception sélective additionnelle O, qui est orientée vers la cible S. Le Preformed Beam ou canal de réception orienté est par conséquent aussi qualifié de faisceau de relèvement. L'écho est à présent détecté, en outre, dans la direction de réception O orientée vers la cible. De la manière décrite, on détermine les spectres de fréquence de l'écho détecté et à partir de ces spectres, les valeurs de fréquence Doppler-temps $f_{gc} = g(t)$. La grille de temps t_i débute ici par l'arrivée du signal d'interception direct qui, à cause de la réception directe, coïncide avec la réception de l'écho et donc avec le moment de la détection de l'écho. L'allure de la courbe de fréquence d'écho Doppler-temps formée des valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps pour la direction de réception O orientée vers la cible est illustrée sur la Fig. 3 et désignée sur cette figure par O. Comme cela ressort de cette figure, l'allure de la fréquence d'écho Doppler dans le temps est caractérisée par une

fonction de discontinuité qui, au moment $t_i = 0$, saute d'une valeur minimum à une valeur maximum, ou, dans le cas d'un cap opposé de la cible, saute dans le sens opposé, puis reste alors constante. Si le cap de la cible S est situé sur la ligne droite reliant le récepteur et la cible, la valeur minimum et la valeur maximum correspondent aux fréquences d'écho Doppler minimum et maximum. Dans tous les autres cas, ces valeurs extrêmes au point 0, désignées ci-après par $f_{ex}(+0)$ et $f_{ex}(-0)$, sont inférieures aux fréquences d'écho Doppler minimum f_{min} ou maximum f_{max} , mais elles sont toujours symétriques par rapport à la fréquence d'émission ou fréquence moyenne f_m .

La fréquence moyenne f_m est déterminée à partir des valeurs extrêmes supérieure et inférieure à l'endroit $t = \pm 0$ au moyen de l'équation

$$f_m = \frac{1}{2} \{ f_{ex}(-0) + f_{ex}(+0) \} \quad (8)$$

et à partir de celle-ci, la composante de vitesse radiale de la cible S

$$V_{Srad} = (f_{ex}(-0) - f_m) \cdot c \cdot f_m^{-1} \quad (9)$$

A partir des valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps obtenues dans la direction de réception I non orientée vers la cible, on détermine une valeur extrême f_{ex} qui est ou bien la fréquence d'écho Doppler maximum f_{max} ou bien la fréquence d'écho Doppler minimum f_{min} . Au moyen de cette valeur extrême f_{ex} et de la fréquence moyenne f_m calculée, on calcule la vitesse de la cible au moyen de l'équation suivante

$$v_s = (f_{ex} - f_m) \cdot \frac{c}{f_m} \quad (10)$$

la différence de fréquence $\Delta f = f_{ex} - f_m$ étant habituellement qualifiée de variation de fréquence Doppler ou de demi-largeur de bande Doppler.

A partir de la composante de vitesse radiale v_{Srad} et de la vitesse v_s , on peut calculer le cap k_s de la cible S au moyen de

$$k_s = \arccos \frac{v_{Srad}}{v_s} \quad (11)$$

Dans le cas de certaines relations spatiales entre la cible S et la direction de réception sélective I non orientée vers la cible du récepteur E, il n'est pas possible de déterminer une fréquence d'écho Doppler minimum ou maximum f_{min} ou f_{max} par des techniques de mesure. En particulier, pour de grandes distances de la cible, dans le cas de durées t_i longues, le rapport S/N est trop petit, de sorte que les fréquences d'écho Doppler chutent fortement. Des fréquences d'écho Doppler maximum ou minimum f_{ex} (f_{min} ou f_{max}) fixées de manière approximative présenteraient de grandes erreurs qui fausseraient considérablement les grandeurs d'état à évaluer. Pour obtenir, même dans ces cas, une évaluation des grandeurs d'état fiable et présentant peu d'erreurs, le récepteur E dispose, comme le montre la Fig. 2, d'une autre direction de réception II non orientée vers la cible, pour laquelle l'écho est aussi détecté et, d'une manière analogue à celle décrite à propos de la première direction de réception I non orientée vers la cible, les fréquences d'écho Doppler f_{SCi} sont déterminées suivant une grille de temps partant de la réception de l'écho et donc du moment de

la détection de l'écho. Un exemple de courbe de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SCI} = g(t)$ dans la direction de réception II obtenue ainsi est illustré sur la Fig. 3 et est désigné par II. La deuxième direction de réception II non orientée vers la cible est décalée par pivotement d'un certain angle de la première direction de réception I non orientée vers la cible et est de préférence symétrique par rapport à celle-ci, avec référence à la direction de réception 0 orientée vers la cible en tant qu'axe de symétrie.

A partir des valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SCI} = g(t)$ obtenues dans l'autre direction de réception sélective II non orientée vers la cible, on détermine d'une manière analogue les fréquences d'écho Doppler extrêmes f_{max} ou f_{min} . Si dans les deux directions de réception I et II non orientées vers la cible apparaît chaque fois au moins une fréquence d'écho Doppler maximum ou minimum, on détermine au moyen de celles-ci les variations de fréquence Doppler $\Delta f = f_{ex} - f_m$. La variation de fréquence Doppler maximum est alors utilisée pour déterminer la vitesse v_S et le cap k_S de la cible S selon les équations (10 et 11).

L'établissement des courbes de lissage $f_i = h(t)$ et le calcul de la variance s'effectuent aussi avec référence à celle des deux directions de réception I et II non orientée vers la cible dans laquelle apparaît la plus forte variation de fréquence Doppler Δf_{max} . Dans les cas où, dans les directions de réception I et II non orientée vers la cible, au total au moins deux variations de fréquence Doppler d'égale valeur Δf_{max} apparaissent, comme il en est pour l'exemple représenté sur la Fig. 3, on recherche la direction de réception dans laquelle la variation de fréquence Doppler maximum apparaît plus précocement.

Sur la Fig. 3, il s'agirait de la deuxième direction de réception sélective II non orientée vers la cible dans laquelle la fréquence d'écho Doppler minimale $f_{\min}$ est détectée chronologiquement la première.

Dans le cas du calcul de la vitesse v_s de la cible conformément à l'équation (10), la valeur de la vitesse v_s est affectée d'un signe et présente, selon la valeur extrême $f_{\max}$ ou $f_{\min}$ utilisée, un signe positif ou négatif. Compte tenu de ce signe et de la direction de réception non orientée vers la cible I ou II qui est sélectionnée, il est possible d'écrire l'équation (11) pour la détermination du cap k_s de la cible d'une manière générale comme suit

$$k_s = \arccos \left\{ \frac{v_{s\text{rad}}}{v_s} \right\} + (1 + \text{sgn} \{ v_s \}) \cdot \frac{\pi}{2} (x-1) \quad (12)$$

où x est la direction de réception non orientée de la cible I ou II sélectionnée et devrait être introduit avec 1 ou 2.

Les grandeurs d'état de la cible S, comme v_s , k_s , f_m et R , obtenues par l'analyse de l'espace d'écho à l'aide des trois directions de réception sélectives 0, I, II esquissées sur la Fig. 2, et qui présentent déjà une très bonne précision, peuvent encore être améliorées de manière itérative par le procédé ci-dessous.

La valeur de distance R déterminée après l'établissement des courbes de lissage au moyen du calcul de variance en tant que valeur d'évaluation fixe est introduite à titre de paramètre et une courbe de lissage $f_i = h(t)$ est établie par calcul des fréquences d'écho Doppler suivant l'équation (1). Un des paramètres restants, par exemple la fréquence moyenne f_m , est modifié par échelons au départ des valeurs calcu-

lées, pour f_m selon l'équation (8), et les courbes de lissage sont chaque fois calculées. Par le calcul de la variance pour les valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SCi} = g(t)$ obtenues à partir de l'écho et la détermination de la variance minimum σ_{min}^2 , on obtient une valeur améliorée pour le paramètre en question, dans cet exemple pour la fréquence moyenne f_m . Au moyen de cette valeur d'évaluation de paramètre améliorée, on procède à nouveau au calcul de la distance R de la cible comme décrit plus haut, et on obtient une valeur d'évaluation à nouveau améliorée pour la distance de la cible. A l'aide de cette valeur d'évaluation améliorée pour la distance de la cible, on forme à nouveau des courbes de lissage avec des variations correspondantes d'un autre paramètre, par exemple la vitesse v_s de la cible, après quoi le procédé décrit se répète. Au total, les pas de procédé décrits plus haut sont répétés de manière itérative jusqu'à ce que la modification de la valeur d'évaluation améliorée de façon continue pour la distance de la cible n'excède plus une valeur prédéterminée.

Dans le cas du procédé expliqué au moyen de la courbe de fréquence d'écho Doppler-temps de la Fig. 3, on suppose que l'émetteur d'interception de la cible S émet d'une manière omnidirectionnelle. Dans des installations de sonars actifs, il est cependant fréquemment possible de changer de mode d'émission. Un des autres modes d'émission les plus courants est le mode dit RDT (Rotational Directional Transmission) avec les modifications CRDT et XRDT. Dans le cas de tous ces modes d'émission, un faisceau ou beam d'émission pivote sur un angle horizontal plus ou moins grand. Dans le cas de l'émetteur RDT, un faisceau d'émission pivote d'un angle horizontal complet de 360° . Dans le cas de l'émetteur CRDT, trois faisceaux d'émission décalés de

120° l'un de l'autre pivotent dans le même sens sur un angle horizontal de 120°. Dans le cas d'un émetteur XRDT, quatre faisceaux d'émission décalés de 90° l'un de l'autre pivotent en sens opposé sur un angle de 90°.

Dans le cas de cibles S équipées de tels émetteurs d'interception, les dites grandeurs d'état peuvent aussi être déterminées d'une manière analogue. Sur la Fig. 4, les courbes de fréquence d'écho Doppler-temps obtenues à partir de l'écho dans les directions de réception sélectives 0, I, II sont représentées à titre d'exemple pour une cible S équipée d'un émetteur RDT. Le point zéro de la grille de temps pour la détermination des valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SCI} = g(t)$ à partir de l'écho est dans ce cas fixé par le moment de l'arrivée dans le récepteur de l'impulsion sonore ou signal d'interception à partir de la direction de réception 0 orientée vers la cible. Comme le montre la Fig. 4, le moment de l'arrivée du signal direct et le moment de la détection de l'écho, c'est-à-dire le moment du début de la réception de l'écho, ne coïncident pas dans la direction de réception 0 orientée vers la cible, mais présentent un décalage dans le temps. A partir de ce décalage dans le temps, on conclut à la présence d'un émetteur RDT. La période T_{UM} du faisceau d'émission est calculée en tant que double décalage dans le temps. A partir de la période T_{UM} , on peut déterminer sans plus la vitesse angulaire ω du faisceau d'émission.

Comme le montrent les courbes de fréquence d'écho Doppler-temps de la Fig. 4 dans les directions de réception I et II non orientées vers la cible, les moments du début de la détection de l'écho dans les deux directions de réception I et II ne coïncident pas, comme dans le cas d'un émetteur ODT, mais sont également décalés dans le temps. Ce décalage dans le temps

est aussi caractéristique de la présence d'un émetteur RDT dans la cible. Le décalage dans le temps correspond exactement à la période T_{UM} du faisceau d'émission de l'émetteur RDT.

Le calcul et l'évaluation des grandeurs d'état inconnues f_m , v_s , k_s , R , s'effectuent de la même manière que celle décrite plus haut pour la configuration particulière d'un émetteur ODT. Comme le montrent les courbes de fréquence d'écho Doppler-temps $f_{SCI} = g(t)$ sur la Fig. 4, dans une des directions de réception non orientée de la cible, ici dans la direction de réception II, apparaissent dans certaines circonstances des ambiguïtés de la fonction. Ceci est dû essentiellement au fait que par l'attaque sonore spatialement non simultanée pas à pas de l'espace d'écho, à des moments déterminés, deux fréquences différentes du spectre d'écho peuvent apparaître simultanément. Le calcul de la variance s'effectue avantageusement avec référence aux valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps provenant de celle des deux directions de réception non orientée vers la cible, dans laquelle n'apparaît aucune ambiguïté. Celle-ci serait sur la Fig. 4 la direction de réception I. Le calcul des fréquences d'écho Doppler selon l'équation (1) et l'établissement des courbes de lissage $f_i = h(t)$ doivent alors bien entendu être réalisés compte tenu de cette direction de réception sélectionnée.

Les Fig. 5 et 6 illustrent schématiquement un plan synoptique d'un montage de circuit possible dans le récepteur E pour exécuter le procédé décrit de l'évaluation des grandeurs d'état inconnues d'une cible à émission sonore.

Le récepteur E présente un formateur de faisceaux 10 bien connu au moyen duquel trois canaux de réception orientés sont produits, de sorte que le

récepteur E n'est sensible que dans trois directions de réception sélectives 0, I, II. Les canaux de réception ou faisceaux orientés sont indiqués sur la Fig. 5 et dans la description suivante, selon les directions de réception sélectives, par 0, I et II. Le canal de réception médian 0, qualifié de faisceau de relèvement, est orienté sur la cible S (direction de réception 0 orientée vers la cible), les deux autres canaux de réception I et II (directions de réception I et II non orientées vers la cible) étant disposés symétriquement par rapport au faisceau de relèvement 0. Les signaux de réception des canaux de réception individuels 0, I, II sont traités séparément. A cet effet, chaque canal de réception 0, I, II est suivi d'un processeur FFT 11, d'un extracteur de données 12 et d'un dispositif de recherche de minimum-maximum 13. L'adjonction de ces composants est caractérisée par un numéro ajouté au chiffre de référence qui est sélectionné d'une manière correspondant aux canaux de réception 0, I, II, de sorte que, par exemple, parmi les composants qui suivent le canal de réception médian 0, l'extracteur de données 12 est caractérisé par le chiffre de référence 120 et le dispositif de recherche de minimum-maximum 13, par le chiffre de référence 130. Les processeurs FFT 11 évaluent chaque fois le spectre quantitatif $|S_n(f)|$ des signaux de réception $s(t)$. Les spectrogrammes sont chaque fois amenés à l'extracteur de données 12. Celui-ci décide si une impulsion sonore est détectée et extrait dans ce cas le début et la fin de l'écho produit par cette impulsion, ainsi que son allure dans le temps. A titre de résultat, on obtient toutes les valeurs de fréquence Doppler-temps $f_n = g(n)$, comme elles sont représentées sur les Fig. 3 et 4 en tant que fréquences d'écho Doppler f_{sc} dans le temps t , en débutant par la détection de l'écho au

moment $t = 0$.

Une forme d'exécution possible d'un extracteur de données 12 est illustrée sur la Fig. 7. A partir des spectrogrammes $|S_n(f)|$ fournis jusqu'aux moments n , un chercheur de maximum 14 extrait la fréquence qui présente la plus grande amplitude, la fréquence d'écho Doppler f_n . Les fréquences d'écho Doppler f_n sont amenées au moyen d'un circuit-porte 15 au chercheur de minimum-maximum 13 correspondant lorsque la dispersion σ_n^2 n'excède pas une valeur prédéterminée σ_{ref}^2 . A cet effet, toutes les fréquences d'écho Doppler f_n détectées aux divers moments n sont inscrites dans un registre à décalage 16 à entrée série et à sortie parallèle. A partir du contenu correspondant du registre à décalage 16, à chaque moment n , la moyenne arithmétique $\bar{f}_n$ est formée par un formateur de valeurs moyennes 17. A partir de cette valeur moyenne et de chaque fréquence d'écho Doppler f_n , dans un étage de calcul 18 est calculée la dispersion

$$\sigma_n^2 = m^{-1} \sum_{j=n-m}^n (f_j - \bar{f}_n)^2 \quad (13)$$

L'étage de calcul 18 est à cet effet connecté par son entrée à la sortie du formateur de valeurs moyennes 17 et à chacune des sorties parallèles du registre à décalage 16. La sortie de l'étage de calcul 18 est connectée à une entrée d'un comparateur 19 dont l'autre entrée est occupée par la valeur de la dispersion maximale tolérable prédéterminée σ_{ref}^2 . Le comparateur 19 fournit à l'entrée de commande du circuit-porte 15, un ordre de passage lorsque $\sigma_n^2 < \sigma_{ref}^2$ est détecté. Le processus d'extraction fournit pour chaque canal de direction 0, I, II, un jeu de valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps $f_n = g(n)$, comme le montrent les

courbes sur les Fig. 3 et 4 qui sont identifiées par les chiffres 0, I et II.

Les fréquences d'écho Doppler f_n extraites sont chaque fois fournies au chercheur de minimum-maximum 13 qui donne la fréquence d'écho Doppler la plus basse et la plus haute $f_{\min}$ et $f_{\max}$. Le chercheur de minimum-maximum 130, qui est associé au canal de direction médian 0, est suivi d'un additionneur/diviseur 20 qui calcule la fréquence moyenne f_m selon l'équation (8). A la sortie de l'additionneur/diviseur 20 est connectée une entrée et à une des sorties du chercheur de minimum-maximum 130 est connectée l'autre entrée d'un soustracteur 21. Le soustracteur 21 calcule la différence de fréquence entre la fréquence d'écho Doppler la plus grande ou la plus petite, les fréquences dites limites, au moment $n = 0$ et la fréquence moyenne f_m . Le soustracteur 21 est suivi d'un multiplieur/diviseur 22 qui par son entrée, est à nouveau connecté à la sortie de l'additionneur/diviseur 20 et calcule au moyen de la vitesse du son c dans l'eau qui est introduite, la composante de vitesse radiale v_{Srad} de la vitesse v_s de la cible selon l'équation (9).

Chaque chercheur de minimum-maximum 131, 132 est suivi d'un soustracteur 23, 24 qui est en outre connecté à la sortie de l'additionneur/diviseur 20. Les soustracteurs 23 et 24 calculent à partir de chacune des valeurs extrêmes des fréquences d'écho Doppler f_{ex} ($f_{\max}$ ou $f_{\min}$) la variation de fréquence Doppler Δf par formation de différence $\Delta f = f_{\max} - f_m$ ou $\Delta f = f_{\min} - f_m$. Les variations de fréquence Doppler Δf dans chaque canal de direction sont comparées dans un comparateur 25 ou 26 et la variation de fréquence Doppler la plus importante est chaque fois fournie à la sortie. Les sorties des deux comparateurs 25 et 26 sont connectées aux deux entrées d'un autre comparateur 27 qui déter-

mine la variation de fréquence Doppler la plus grande $\Delta f_{\max}$ des deux variations de fréquence Doppler produites et fournit simultanément le chiffre d'identification x pour le canal de réception I ou II dans lequel apparaît cette variation de fréquence Doppler la plus grande $\Delta f_{\max}$. Ce chiffre d'identification x , qui peut prendre la valeur "1" ou "2" selon le canal de direction, forme une grandeur de commande pour un électeur 28, par exemple un multiplexeur, auquel sont amenées les valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps apparaissant aux sorties des deux extracteurs de données 121, 122. Les fréquences d'écho Doppler f_n et les valeurs de temps n , qui ont été obtenues à partir du canal de direction dont le chiffre d'identification x se trouve à l'entrée de commande de l'électeur 28, sont appliquées à un processeur d'évaluation de distance 29 (Fig. 6).

La sortie du comparateur 27, à laquelle apparaît la variation de fréquence Doppler maximale $\Delta f_{\max}$, est connectée à l'une de trois entrées d'un multiplicateur-diviseur 30 dont les autres entrées sont occupées, d'une part, par la vitesse du son c et, d'autre part, grâce à une connexion à l'additionneur/diviseur 20, par la fréquence moyenne f_m calculée. Le multiplicateur/diviseur 30 calcule selon l'équation (10) la vitesse v_g de la cible. La sortie du multiplicateur/diviseur 30 et la sortie du multiplicateur/diviseur 22 sont connectées à un diviseur 31 suivi d'un réseau arc-cosinus 32. A la sortie du réseau arc-cosinus 32, le cap k_g de la cible calculé selon l'équation (11), peut être obtenu. Pour tenir compte de la grandeur affectée d'un signe de la vitesse v_g de la cible et du canal de réception sélectionné, un additionneur 33 suit encore le réseau arc-cosinus 32, cet additionneur étant connecté d'autre part à la sortie

d'un élément de calcul 34. Dans l'élément de calcul 34 est introduit le chiffre caractéristique x déterminé par le comparateur 27 et à partir de la sortie du multiplicateur/diviseur 30, le signe de la variation de fréquence Doppler maximale $\Delta f_{\max}$. L'élément de calcul 34 calcule le deuxième terme de l'équation (12) qui est ajouté dans l'additionneur 33 à la grandeur de sortie du réseau arc-cosinus 32. On peut obtenir à la sortie de l'additionneur 33 le cap absolu k_g pris avec référence à la ligne de liaison entre l'émetteur E et la cible S selon l'équation (12).

Le processeur d'évaluation de la distance 29 présente un calculateur de courbes de lissage 35, un calculateur de variance 36, une mémoire 37 ayant la forme d'un registre à décalage à entrée série et sortie parallèle et un détecteur de minimum 38. Dans le calculateur de courbes de lissage 35 sont introduites toutes les grandeurs d'état déterminées, comme la fréquence moyenne f_m , la vitesse v_g de la cible, le cap k_g de la cible et l'angle α entre la direction de réception 0 orientée vers la cible et les directions de réception I ou II n'indiquant pas la cible, ainsi que la vitesse du son c dans l'eau. De plus, le calculateur de courbes de lissage 35 reçoit des valeurs d'évaluation arbitraires, mais sélectionnées compte tenu de la réalité, $\hat{R}_j$ de la distance de la cible, qui ont été modifiées selon des échelons $j=1$ à k . De plus, les valeurs de temps n de la direction de réception non orientée vers la cible I ou II sélectionnée sont amenées au calculateur de lissage 35, ce qui s'effectue par l'intermédiaire de l'électeur 28. Le calculateur de courbes de lissage 35 calcule à présent, pour la grille de temps n et pour chaque valeur d'évaluation $\hat{R}_j$, l'allure des fréquences d'écho Doppler f_j selon l'équation (1). Le résultat est appliqué au calculateur de

variance 36 qui reçoit, en outre, les fréquences d'écho Doppler f_n obtenues à partir de l'écho dans le canal de réception I ou II non orienté vers la cible sélectionné. Le calculateur de variance 36 calcule la variance de toutes les courbes de lissage $f_j = h(n, \hat{R}_j)$ avec référence aux fréquences d'écho Doppler f_n selon :

$$\sigma^2(\hat{R}_j) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (f_{j,v} - f_{n,v})^2 \quad (14)$$

Les variances $\sigma^2(\hat{R}_j)$ pour les diverses valeurs d'évaluation $\hat{R}_j$ font l'objet d'un stockage intermédiaire dans la mémoire 37. Le détecteur de minimum 38 détermine la variance minimum à partir du contenu de la mémoire et produit la valeur d'évaluation associée $\hat{R}_{\min}$ à titre de distance de cible $\hat{R}$ déterminée. Le chiffre caractéristique x présenté de manière exponentielle dans les équations de la Fig. 6 sert simplement à caractériser celui des deux canaux de réception I ou II non orientée vers la cible dans lequel la variation de fréquence Doppler maximum $\Delta f_{\max}$ se présente et par rapport à la valeur de fréquence d'écho Doppler-temps $f_n = g(n)$ de laquelle s'effectue le calcul de la variance.

La Fig. 8 est un plan synoptique d'un procédé semblable pour évaluer les grandeurs d'état de la cible qui est modifié par le fait qu'au moyen du traitement des signaux, l'écho n'est pas détecté dans trois directions de réception séparées seulement, mais dans un grand nombre de directions de réception sélectives décalées en azimuth les unes des autres chaque fois d'un même angle, dites faisceaux en éventail 40. Parmi les directions de réception, il en est une, dite faisceau de relèvement 41, qui est orientée vers la cible. Le faisceau de relèvement 41 se trouve dans ce cas de

préférence au milieu des faisceaux en éventail 40. La formation de faisceau proprement dite s'effectue dans le bloc 42 "préparation du signal" par un traitement correspondant des signaux de sortie d'éléments d'antenne individuels d'une antenne de réception 43 reliée au bloc 42. Dans le bloc 42 s'effectue, en outre, une analyse de fréquence des signaux d'écho reçus dans les faisceaux individuels et, dans le cas d'un récepteur E en mouvement, la compensation de l'effet Doppler propre. Les jeux de données des fréquences d'écho Doppler f_{Sci} compensées pour l'effet Doppler propre obtenues à partir des faisceaux individuels sont appliqués à un calculateur 44 en association avec la direction de réception α_i et le temps t_i .

Le calculateur 44 calcule d'une part les fréquences d'écho Doppler f_i en fonction de la direction de réception α_i et du temps t_i selon

$$f_i = f_m \left[1 - \frac{v_s}{c} \cdot \cos(k_s + \delta) \right] \quad (15)$$

et

$$\delta = \arccos \frac{2\varepsilon - (1 - \varepsilon^2) \cos \alpha_i}{(1 + \varepsilon^2) - 2\varepsilon \cos \alpha_i} \quad (16)$$

où

$$\varepsilon = \frac{R}{R + ct_i} \quad (17)$$

et forme, d'autre part, selon la méthode d'évaluation des moindres carrés moyens, la différence quadratique moyenne entre les fréquences d'écho Doppler F_{Sci} appliquées et les fréquences d'écho Doppler calculées f_i , associées par la direction de réception et le temps. Les paramètres des grandeurs d'état f_m , v_s , k_s

et R, préintroduits lors du premier calcul des fréquences d'écho Doppler f_i en tant que valeurs fictives, sont dans ce cas modifiés de manière itérative jusqu'à ce que la différence précitée soit minimum. Les paramètres trouvés pour le maximum sont fournis en tant que grandeurs d'état recherchées.

Dans ce cas, il est avantageux d'établir au préalable d'une manière aussi précise que possible les valeurs de départ pour les paramètres utilisés dans le procédé d'évaluation. A cet effet, le vecteur de vitesse de la cible est déterminé, dans un autre calculateur 45 également relié au bloc 42, à partir des jeux de données disponibles des fréquences d'écho Doppler f_{SCi} dont l'effet Doppler propre a été compensé. A cet effet, jusqu'à un moment déterminé t_1 , les fréquences d'écho Doppler f_{SCi} sont lues à partir des jeux de données de tous les faisceaux ou de toutes les directions de réception. De celles-ci, on élimine la plus grande et la plus petite des fréquences d'écho Doppler f_{max} et f_{min} . Le calculateur 45 calcule au moyen de celles-ci à présent la grandeur d'état fréquence d'émission f_m selon l'équation

$$f_m = \frac{1}{2} (f_{max} + f_{min}) \quad (18)$$

et la grandeur d'état vitesse v_s de la cible selon l'équation

$$V_s = c \cdot \frac{f_{max} - f_{min}}{2f_m} \rightarrow \quad (19)$$

De plus, dans le calculateur 45, la fréquence Doppler F_d de l'impulsion sonore parvenant dans le faisceau de relèvement 41, donc la fréquence Doppler du signal direct de l'impulsion sonore, est lue et la

grandeur d'état cap k_S de la cible est calculée selon l'équation

$$k_S = \arccos \frac{f_D - f_{\min}}{\frac{1}{2} (f_{\max} - f_{\min})} \quad (20)$$

Le vecteur de vitesse $\vec{v}$ de la cible préétabli par le cap k_S de la cible et sa vitesse v_S , ainsi que la fréquence d'émission f_m sont fournis au calculateur 44 à titre de valeurs de départ pour le procédé d'évaluation.

En outre, une valeur de départ pour le paramètre distance R de la cible peut aussi être calculée dans le calculateur 45. A cet effet, le calculateur 45 lit, parmi les jeux de données disponibles dans une direction de réception α_i , une fréquence d'écho Doppler f_{Sci} et le moment t_i de son arrivée, calculé à partir de l'arrivée du signal direct dans le faisceau de relèvement 41, et calcule selon les équations (15) et (17), à l'aide des grandeurs d'état v_S , k_S , f_m déterminées selon les équations (18) à (20), la distance $\hat{R}$ de la cible qui est alors fournie au calculateur 44 à titre de valeur de départ.

Si plusieurs impulsions sonores de l'émetteur de la cible sont disponibles pour le traitement, la grandeur d'état distance $\hat{R}$ de la cible peut encore être évaluée d'une autre manière. Au moyen du faisceau de relèvement 41, on relève en continu le gisement de la cible S par rapport à une direction de référence, par exemple le Nord, et on le retient en fonction du temps. Les valeurs d'angle de gisement $\mathcal{V}_i$ en fonction du temps t sont fournies à un calculateur 46. Ce calculateur élimine des valeurs de mesure, le mouvement propre du récepteur E et détermine, à partir des valeurs de mesure compensées, les variations d'angle de

relèvement en fonction du temps $\Delta \psi / \Delta t$. De plus, le calculateur 46 calcule selon l'équation

$$\frac{\Delta \psi}{\Delta t} = \frac{v_s}{R} \cdot \sin k_s \quad (21)$$

ou

$$\frac{\Delta \psi [^\circ]}{\Delta t} = \frac{360^\circ}{2\pi} \cdot \frac{v_s}{R} \sin k_s \quad (22)$$

la variation d'angle de relèvement dans le temps $\frac{\Delta \psi}{\Delta t}$ en mesures d'arc ou en degrés. Les valeurs v_s et k_s sont fournies au calculateur 46 par le calculateur 45. Pendant ce temps, la grandeur d'état R inconnue est préintroduite en tant que valeur fictive. Dans un procédé d'évaluation faisant appel aux moindres carrés moyens, la valeur paramétrique préintroduite est modifiée de manière itérative jusqu'à ce que l'écart quadratique moyen de la variation d'angle de relèvement calculée et mesurée soit minimum. La valeur paramétrique associée de la distance $\hat{R}$ est fournie en tant que grandeur d'état distance de cible $\hat{R}$. Dans le cas où l'emplacement du récepteur et la direction de relèvement 41 sont connus, la distance de cible $\hat{R}$ est une mesure directe de l'emplacement de la cible (EMP).

Pour le procédé d'évaluation précité, il est aussi possible d'introduire la valeur du paramètre R déterminée par le calculateur 45 comme décrit plus haut, à titre de valeur de départ, de telle sorte que les travaux de calcul nécessaires sont fortement réduits. Etant donné qu'à présent la grandeur d'état, distance de cible R , a été déterminée par deux voies distinctes, il est possible, en vue d'améliorer le

résultat de l'évaluation, d'effectuer encore un calcul de compensation des erreurs sur les deux résultats.

En lieu et place de l'estimation faisant appel aux moindres carrés moyens, comme mentionné plus haut, on peut aussi utiliser d'autres procédés d'évaluation adéquats, par exemple le procédé d'évaluation à maximum de vraisemblance. Les valeurs paramétriques qui satisfont aux conditions du critère d'évaluation, sont chaque fois fournies en tant que grandeurs d'état recherchées de la cible S. Le procédé d'évaluation peut être réalisé d'une manière tant unidimensionnelle que bidimensionnelle. Dans le premier cas, les fréquences d'écho Doppler f_i sont calculées en fonction de la direction de réception i pour un moment t_i prédéterminé et sont comparées aux fréquences d'écho Doppler f_{sci} mesurées associées au moment t_1 , en fonction de la direction de réception i . Dans le deuxième cas, les fréquences d'écho Doppler f_i sont calculées en fonction du temps t_i et de la direction de réception i et sont comparées aux fréquences d'écho Doppler f_{sci} mesurées correspondantes.

L'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits du procédé. Si l'on se contente de l'évaluation des grandeurs d'état vitesse de la cible, cap de la cible et fréquence d'émission de l'émetteur de la cible et si on se limite au repérage de la cible à partir d'un récepteur stationnaire ou quasi stationnaire, on peut éviter la consommation électrique nécessaire pour la conformation de faisceaux afin d'obtenir des faisceaux de réception les plus étroits possibles ou une caractéristique de réception du récepteur à haute résolution azimutale. Il va de soi qu'on supprime ainsi également la nécessité de prévoir une compensation de l'effet Doppler propre du récepteur, car les fréquences d'écho Doppler détectées par

~~_____~~

un récepteur stationnaire correspondent directement aux fréquences f_{SCi} émises par les centres de dispersion SCi . Dans ce cas de la réception non dirigée de l'écho, on peut également déterminer dans le signal d'écho les fréquences d'écho, Doppler extrêmes f_{max} et f_{min} et la fréquence Doppler de l'impulsion d'émission f_D et au départ de cela, comme décrit plus haut, les grandeurs d'état vitesse v_s de la cible, cap k_g de la cible et fréquence d'émission f_m . La grandeur d'état distance de cible R ne peut alors être déterminée que lorsque plusieurs impulsions d'émission de l'émetteur de la cible sont disponibles. Comme décrit plus haut, celle-ci est alors déterminée de manière itérative au moyen d'un procédé d'évaluation adéquat à partir de variations d'angle de relèvement dans le temps calculées et mesurées, les grandeurs d'état vitesse v_s de la cible et cap k_g de la cible calculées précédemment étant utilisées comme valeurs de départ.

REVENDICATIONS

1.- Procédé passif pour évaluer des grandeurs d'état comme la distance, la vitesse, le cap et/ou la fréquence d'émission d'une cible en mouvement qui émet des impulsions sonores dans l'eau, comme un bateau, une torpille ou un engin analogue comportant un sonar actif, à partir d'un récepteur éloigné de la cible, caractérisé en ce qu'on détecte les fréquences Doppler (f_{SCI}) apparaissant en écho et on détermine au moyen des fréquences d'écho Doppler (f_{SCI}), les grandeurs d'état (R , v_s , k_s , f_m) de la cible (S).

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on obtient les fréquences d'écho Doppler (f_{SCI}) à partir des spectres de fréquence de l'écho.

3.- Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on recherche les fréquences d'écho Doppler la plus grande et la plus petite apparaissant en écho (f_{max} , f_{min}) et on détermine la grandeur d'état fréquence d'émission (f_m) qui est la moyenne arithmétique des fréquences d'écho Doppler maximum et minimum (f_{max} et f_{min}).

4.- Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce qu'on détermine la grandeur d'état vitesse de la cible (V_s) qui est le quotient de la différence des fréquences d'écho Doppler maximum et minimum (f_{max} et f_{min}) et de la fréquence d'émission double (f_m), multiplié par la vitesse du son (c) dans l'eau.

5.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'on élimine la fréquence Doppler (f_D) de l'impulsion d'émission et on détermine la grandeur d'état cap de la cible (k_s) qui est l'arc cosinus du quotient, d'une part, de la différence de la

fréquence Doppler (f_D) et de la fréquence d'émission (f_m) et, d'autre part, de la demi-différence des fréquences d'écho Doppler maximum et minimum (f_{max} , f_{min}).

6.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on détecte l'écho sélectivement en direction et on obtient la fréquence Doppler (f_D) de l'impulsion d'émission à partir du signal direct de l'impulsion sonore arrivant dans la direction de réception sélective (direction de relèvement 41) orientée vers la cible et les fréquences d'écho Doppler extrêmes (f_{max} , f_{min}) à partir du signal d'écho capté chaque fois dans deux directions de réception sélectives s'étendant de part et d'autre de la direction de relèvement et non orientées vers la cible.

7.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'on détecte l'écho dans un grand nombre de directions de réception sélectives décalées chaque fois l'une de l'autre en azimut d'un certain angle et dont l'une est orientée vers la cible, on obtient la fréquence Doppler (f_D) de l'impulsion d'émission à partir du signal d'écho capté dans la direction de réception sélective orientée vers la cible (direction de relèvement 41) et on extrait par lecture les fréquences d'écho Doppler extrêmes (f_{max} , f_{min}) des fréquences d'écho Doppler (f_{sci}) qui apparaissent dans les signaux d'écho détectés dans les directions de réception non orientées vers la cible à un moment (t_i) prédéterminé après que le signal direct de l'impulsion sonore arrivant dans la direction de relèvement (41) soit parvenu dans le récepteur.

8.- Procédé suivant la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce qu'à l'aide des grandeurs d'état : fréquence d'émission (f_m), vitesse (v_s) et cap (k_s) de

la cible (S), on calcule une fréquence d'écho Doppler sélectionnée (f_1) selon l'équation

$$f_1 = f_m \left[1 - \frac{v_S}{c} \cos(k_S + \delta) \right]$$

où δ a une valeur arbitraire et, dans une direction de réception (α_1) non orientée vers la cible, on mesure la durée (t_1) allant de l'arrivée du signal direct dans la direction de relèvement (41) jusqu'à la détection de la fréquence d'écho Doppler sélectionnée (f_1) et on calcule la grandeur d'état distance (R) à partir de la durée (t_1) mesurée selon l'équation

$$\delta = \arccos \frac{2 \varepsilon - (1 - \varepsilon^2) \cos \alpha_1}{(1 + \varepsilon^2) - 2 \varepsilon \cos \alpha_1}$$

où

$$\varepsilon = \frac{R}{R + c \cdot t_1}$$

9.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que, pour au moins un moment (t_1) pouvant être prédéterminé après la réception du signal direct de l'impulsion sonore arrivant dans la direction de relèvement (41), on calcule pour un grand nombre de directions de réception sélectives (α_i) non orientées vers la cible et décalées les unes des autres en azimuth chaque fois d'un certain angle, les fréquences d'écho Doppler (f_i) selon l'équation

$$f_i = f_o \left[1 - \frac{v_S}{c} \cos(k_S + \delta) \right]$$

et

$$\delta = \arccos \frac{2 \varepsilon - (1 - \varepsilon^2) \cos \alpha_1}{(1 + \varepsilon^2) - 2 \varepsilon \cos \alpha_1}$$

où

$$\varepsilon = \frac{R}{R + c \cdot t_1}$$

les grandeurs d'état inconnues (R , v_s , k_s , f_m) formant des paramètres étant préintroduites en tant que valeurs fictives, dans un procédé d'évaluation adéquat, par exemple une estimation selon les moindres carrés moyens, les valeurs paramétriques sont modifiées de manière itérative jusqu'à ce que le critère d'évaluation soit satisfait, par exemple que la différence quadratique moyenne entre les fréquences d'écho Doppler (f_i) calculées et les fréquences d'écho Doppler (f_{gci}) associées et détectées à ce moment dans les directions de réception (α_1) soit minimisée et les valeurs paramétriques qui satisfont au critère d'évaluation sont fournies en tant que grandeurs d'état recherchées (R , v_s , k_s , f_m).

10.- Procédé suivant la revendication 9, caractérisé en ce qu'on effectue le calcul des fréquences d'écho Doppler (f_i) pour un grand nombre de moments (t_i), à partir de l'arrivée du signal direct de l'impulsion sonore parvenant dans la direction de relèvement et on effectue le procédé d'évaluation comme procédé d'évaluation bidimensionnel pour les fréquences d'écho Doppler calculées ($f_i = g(t_i, \alpha_i)$).

11.- Procédé suivant la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que, dans le cas de la préintroduction de valeurs fictives pour les paramètres, on utilise les grandeurs d'état déterminées (R , v_s , k_s ,

f_m) au moins partiellement comme valeurs de départ.

12.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 3 à 11, caractérisé en ce que l'émetteur (S) est repéré continuellement d'une manière passive par le récepteur et après compensation d'un éventuel déplacement propre du récepteur (E), on mesure les variations dans le temps des relèvements ($\mathcal{V}$), on calcule une variation dans le temps des relèvements ($\Delta \mathcal{V} / \Delta t$) selon l'équation

$$\frac{\Delta \mathcal{V}}{\Delta t} = \frac{v_s}{R} \sin k_s$$

en utilisant les grandeurs d'état vitesse de la cible (v_s) et cap de la cible (k_s) déterminées, la grandeur d'état distance de cible (R) inconnue étant introduite comme valeur paramétrique fictive, on modifie de manière itérative la valeur paramétrique au moyen d'un procédé d'évaluation adéquat jusqu'à ce que le critère d'évaluation soit satisfait et on donne la valeur paramétrique satisfaisant au critère d'évaluation en tant que grandeur d'état distance de cible (R).

13.- Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on détermine les fréquences d'écho Doppler (f_{sci}) dans au moins une direction de réception sélective non orientée vers la cible pour un grand nombre de moments d'une grille de temps (t_i) se déroulant à partir de la détection de l'écho, on calcule, indépendamment de cela, pour cette direction de réception (I ou II), les fréquences d'écho Doppler (f_i) pour la même grille de temps (t_i) sous la forme de courbe de lissage ($f_i = h(t_i, R, v_s, k_s, f_m)$), les grandeurs d'état inconnues (R, v_s, k_s, f_m) de la cible (S) formant des paramètres qui sont préintroduits comme valeurs d'évaluation, on fait varier les valeurs

d'évaluation pour chaque fois au moins un paramètre et on établit une courbe de lissage pour chaque valeur d'évaluation, on calcule chaque fois la variance (σ^2) entre chaque courbe de lissage et les valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps obtenues au départ de l'écho ($f_{sci} = g(t)$) et on donne les valeurs d'évaluation des paramètres d'une courbe de lissage pour laquelle la variance (σ^2) est minimum, en tant que grandeurs d'état de la cible (S).

14.- Procédé suivant la revendication 13, caractérisé en ce que, simultanément, on détecte l'écho dans une direction de réception (0) orientée vers la cible et on détermine les fréquences d'écho Doppler (f_{sci}) pour une grille de temps (t_i) se déroulant à partir de l'arrivée de l'impulsion d'émission dans le récepteur (signal direct), on détecte la plus grande et la plus petite fréquence d'écho Doppler ($f_{ex}(+0)$, $f_{ex}(-0)$) et on indique leur demi-somme comme fréquence d'émission (f_m) de la cible (S).

15.- Procédé suivant la revendication 14, caractérisé en ce qu'on calcule la composante de vitesse radiale (v_{grad}) de la cible (S) en tant que produit de la différence entre la plus grande ou la plus petite fréquence d'écho Doppler ($f_{ex}(+0)$ ou $f_{ex}(-0)$) et la fréquence d'émission (f_m) et du quotient de la vitesse du son (c) dans l'eau et de la fréquence d'émission (f_m).

16.- Procédé suivant la revendication 14 ou 15, caractérisé en ce qu'on détermine, à partir des valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps ($f_{sci} = g(t)$) obtenues au départ de l'écho dans la direction de réception non orientée vers la cible (I ou II), la fréquence d'écho Doppler maximale et/ou minimale (f_{max} , f_{min}) et on calcule à partir de ces valeurs et de la fréquence d'émission (f_m), la vitesse (v_s) de la cible

(S) en tant que produit du décalage Doppler maximal ($\Delta f_{\max}$) et du quotient de la vitesse du son (c) dans l'eau et de la fréquence d'émission (f_m).

17.- Procédé suivant les revendications 15 et 16, caractérisé en ce qu'on calcule le cap (k_g) de la cible (S) avec référence à la direction de réception (O) orientée vers la cible en tant qu'arc cosinus du quotient de la composante de vitesse radiale (v_{Srad}) de la cible et de la vitesse (v_g) de la cible.

18.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisé en ce qu'on détermine les fréquences d'écho Doppler (f_{SCi}) en fonction du temps (t_i) dans une autre direction de réception sélective (II ou I) non orientée vers la cible qui est décalée d'un angle de direction prédéterminé de la première direction de réception (I ou II), de préférence d'une manière telle que les deux directions de réception (I, II) non orientées vers la cible soient disposées symétriquement par rapport à la direction de réception (O) orientée vers la cible.

19.- Procédé suivant la revendication 18, caractérisé en ce qu'on détermine la fréquence d'écho Doppler maximale et/ou minimale ($f_{\max}$, $f_{\min}$) dans l'autre direction de réception (II ou I) non orientée vers la cible, on détermine, au moyen des fréquences d'écho Doppler maximales et/ou minimales ($f_{\max}$, $f_{\min}$) dans les deux directions de réception (I, II) non orientées vers la cible, le décalage Doppler maximal ($\Delta f_{\max}$) et, à l'aide de ce décalage, on calcule la vitesse (v_g) et le cap (k_g) de la cible (S).

20.- Procédé suivant la revendication 19, caractérisé en ce qu'on calcule la variance en ce qui concerne les valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps ($f_{\text{SCi}} = g(t)$) à partir de celle des deux directions de réception non orientée vers la cible (I ou II) dans

laquelle le décalage Doppler maximum ($\Delta f_{\max}$) est constaté.

21.- Procédé suivant la revendication 20, caractérisé en ce que lors de l'apparition de plusieurs décalages Doppler maximum semblables, on sélectionne la direction de réception (I ou II) dans laquelle la plus petite valeur de temps (t_i) est associée au décalage Doppler maximum ($\Delta f_{\max}$).

22.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 13 à 21, caractérisé en ce qu'on utilise en tant que grandeurs d'évaluation, les valeurs calculées pour la fréquence d'émission (f_m), le cap (k_s) et la vitesse (v_s) de la cible (S) lors du calcul des courbes de lissage ($f_i = h(t_i, R, v_s, k_s, f_m)$), seule la distance (R) formant un paramètre.

23.- Procédé suivant la revendication 22, caractérisé en ce qu'on répète le calcul des courbes de lissage avec la grandeur d'état distance de la cible ($\hat{R}$) obtenue en tant que grandeur d'évaluation et avec au moins une des autres grandeurs d'état (k_s, v_s, f_m) en tant que paramètre à grandeur d'évaluation variable, on procède d'une manière analogue au calcul de variance et à la détermination de la variance minimum et, à l'aide de la valeur ainsi calculée de la grandeur d'état (k_s, v_s, f_m) de la cible (S), on répète les pas du procédé présent avec au moins une autre grandeur d'état (k_s, v_s, f_m) en tant que paramètre jusqu'à ce que la variation de la grandeur d'état (k_s, v_s, f_m) chaque fois donnée ne dépasse plus une valeur prédéterminée.

24.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 14 à 23, caractérisé en ce que le point zéro de la grille de temps dans les directions de réception (I, II) non orientées vers la cible est fixé par le moment de l'arrivée du signal direct de l'impul-

sion sonore dans la direction de réception (0) orientée vers la cible.

25.- Procédé suivant la revendication 24, caractérisé en ce que, lors de l'apparition d'un décalage dans le temps entre les détections de l'écho dans les deux directions de réception non orientées vers la cible, on conclut à une cible (S) avec un faisceau d'émission tournant et on détermine le décalage dans le temps en tant que période (T_{UM}) du faisceau d'émission.

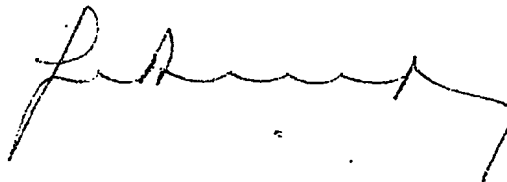
26.- Procédé suivant la revendication 24 ou 25, caractérisé en ce que lors de l'apparition d'un décalage dans le temps entre la détection de l'écho dans la direction (0) orientée vers la cible et le point zéro de la grille de temps, on conclut à une cible (S) avec un faisceau d'émission tournant et on détermine le double du décalage dans le temps en tant que période (T_{UM}) du faisceau d'émission.

27.- Procédé suivant la revendication 25 ou 26, caractérisé en ce que le calcul de variance pour les valeurs de fréquence d'écho Doppler-temps ($f_{SCi} = g(t)$) est effectué à partir de celle des deux directions de réception non orientées vers la cible (I ou II) dans laquelle aucune fréquence d'écho Doppler ambiguë (f_{SCi}) n'apparaît.

Bruxelles, le 12 avril 1984.

P. Pon. de KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH.

OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER.



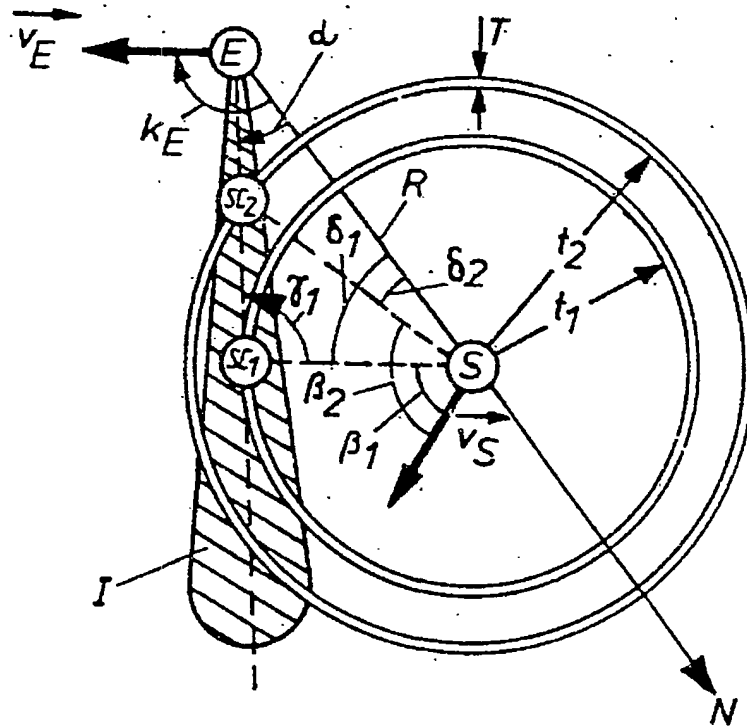


Fig. 1

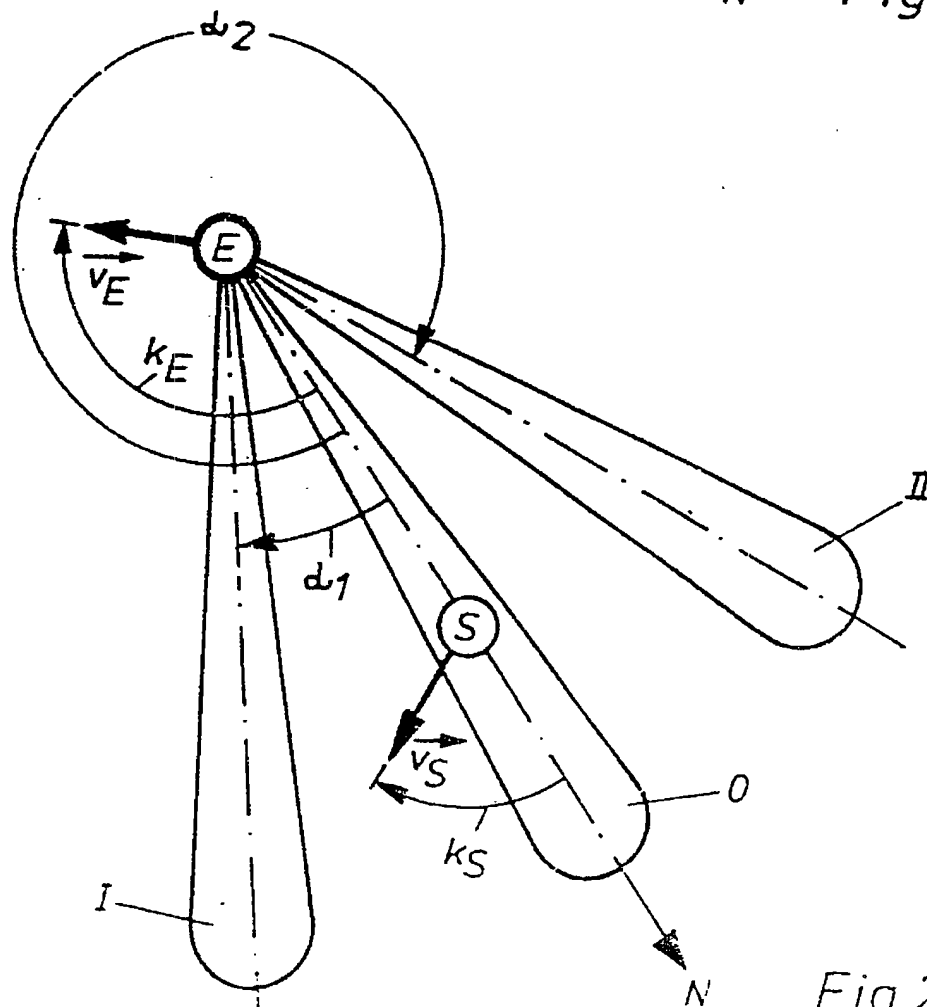


Fig. 2

Bruxelles, le 12 avril 1984

P.Pon. de KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH

OFFICE KIRKPATRICK / G.C. PLUCKER

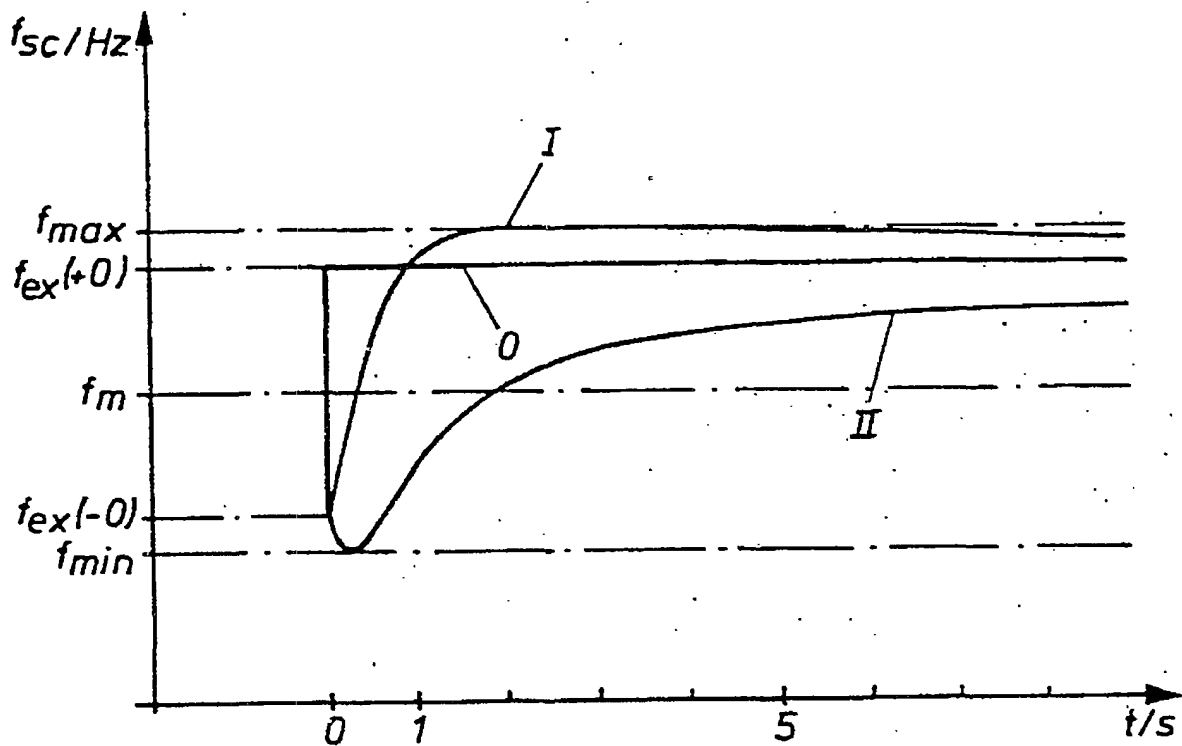


Fig.3

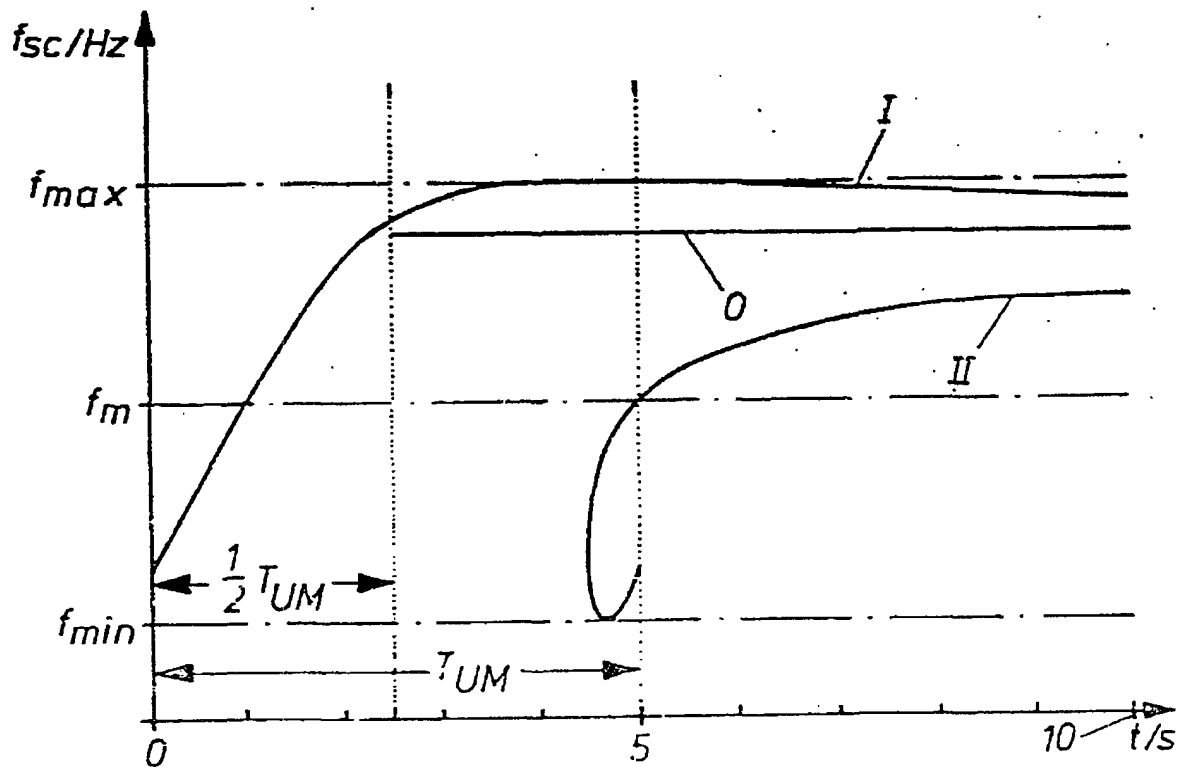


Fig.4

Bruxelles, le 12 avril 1984
 P.Pon. de KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
 OFFICE KIRKPATRICK G.C. PLUCKER

[Handwritten signature]

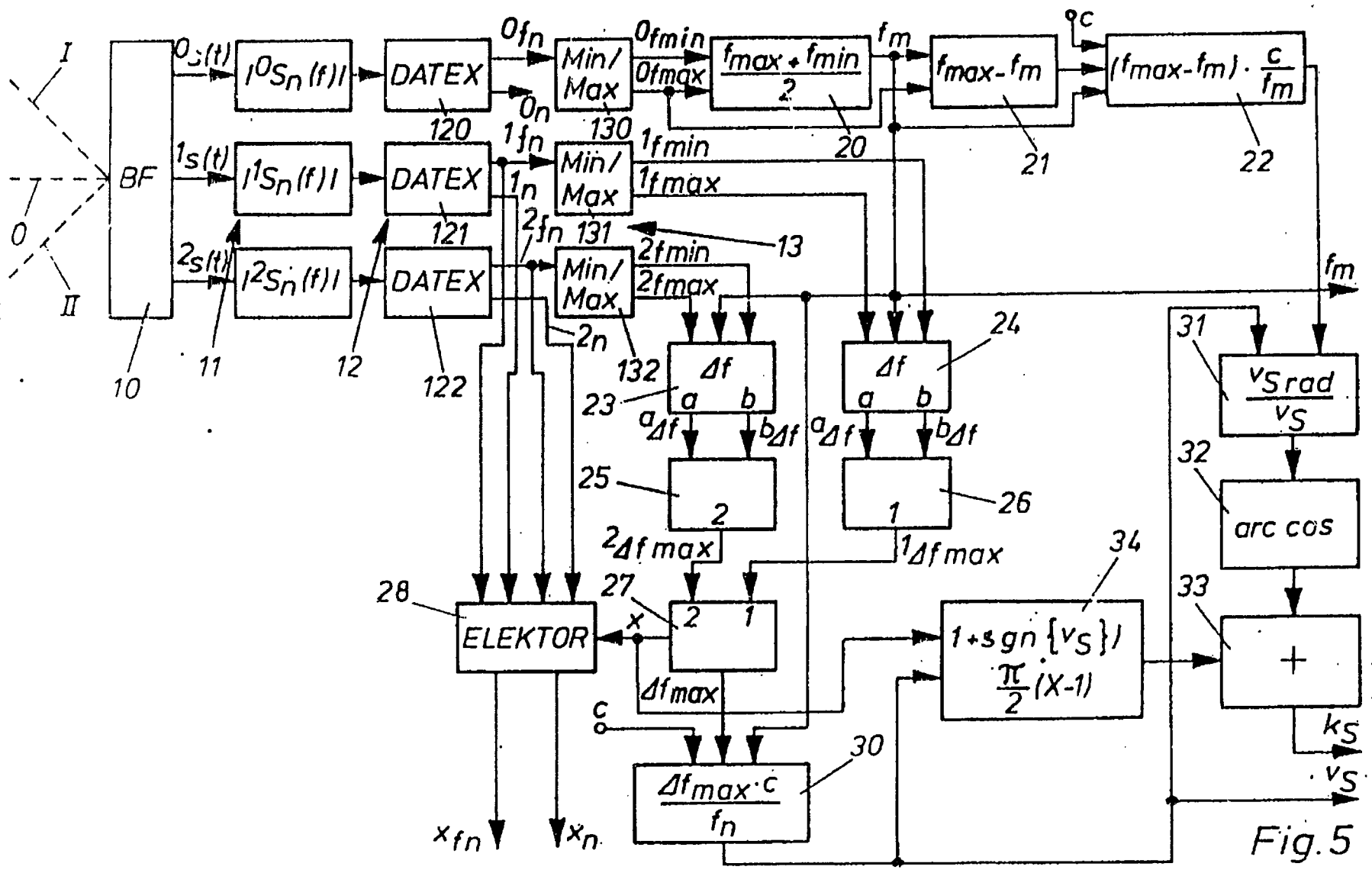


Fig. 5

Bruxelles, le 12 avril 1984
P. Pon. de KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
OFFICE KIRKPATRICK & G.C. PLUCKER

Bruxelles, le 12 avril 1984
 P. Fon. de KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
 OFFICE KIRKPATRICK & G. C. A. PLUCKER

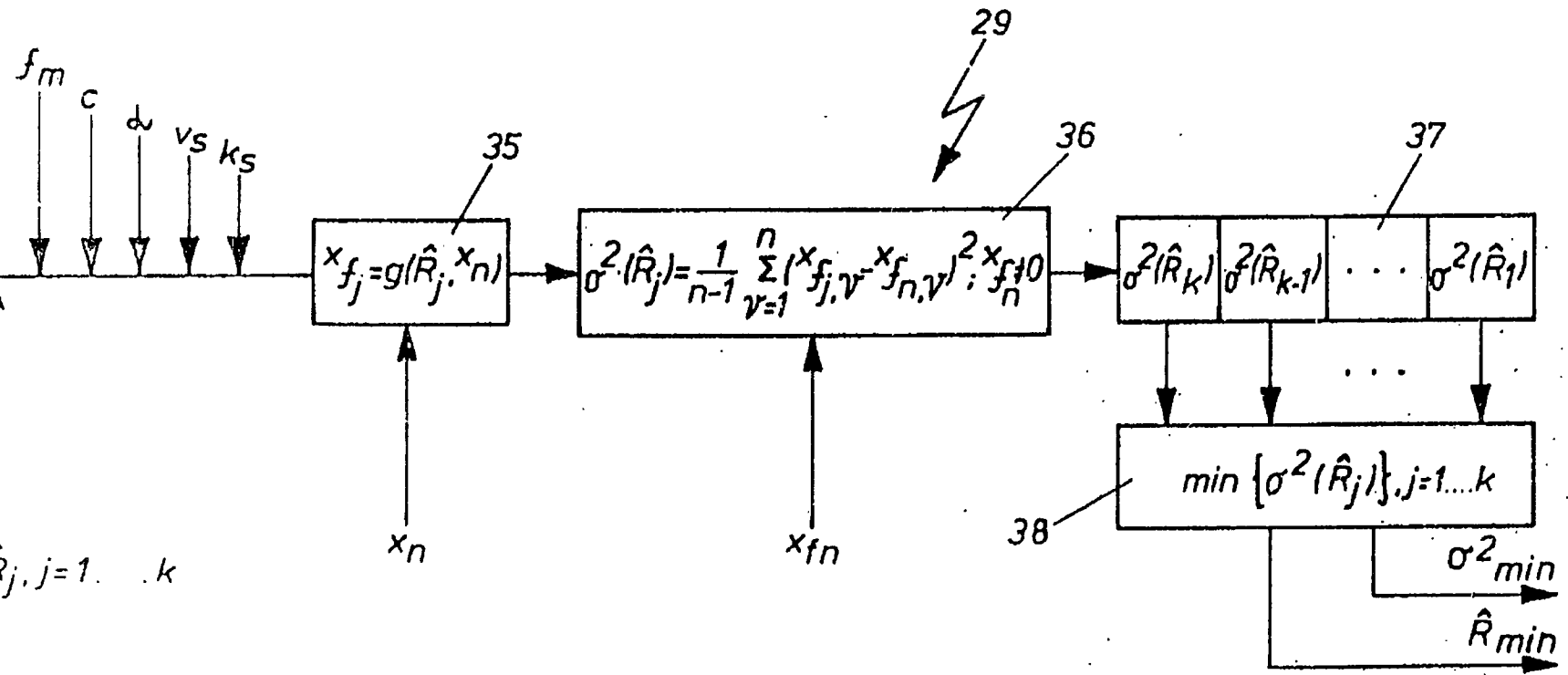


Fig. 6

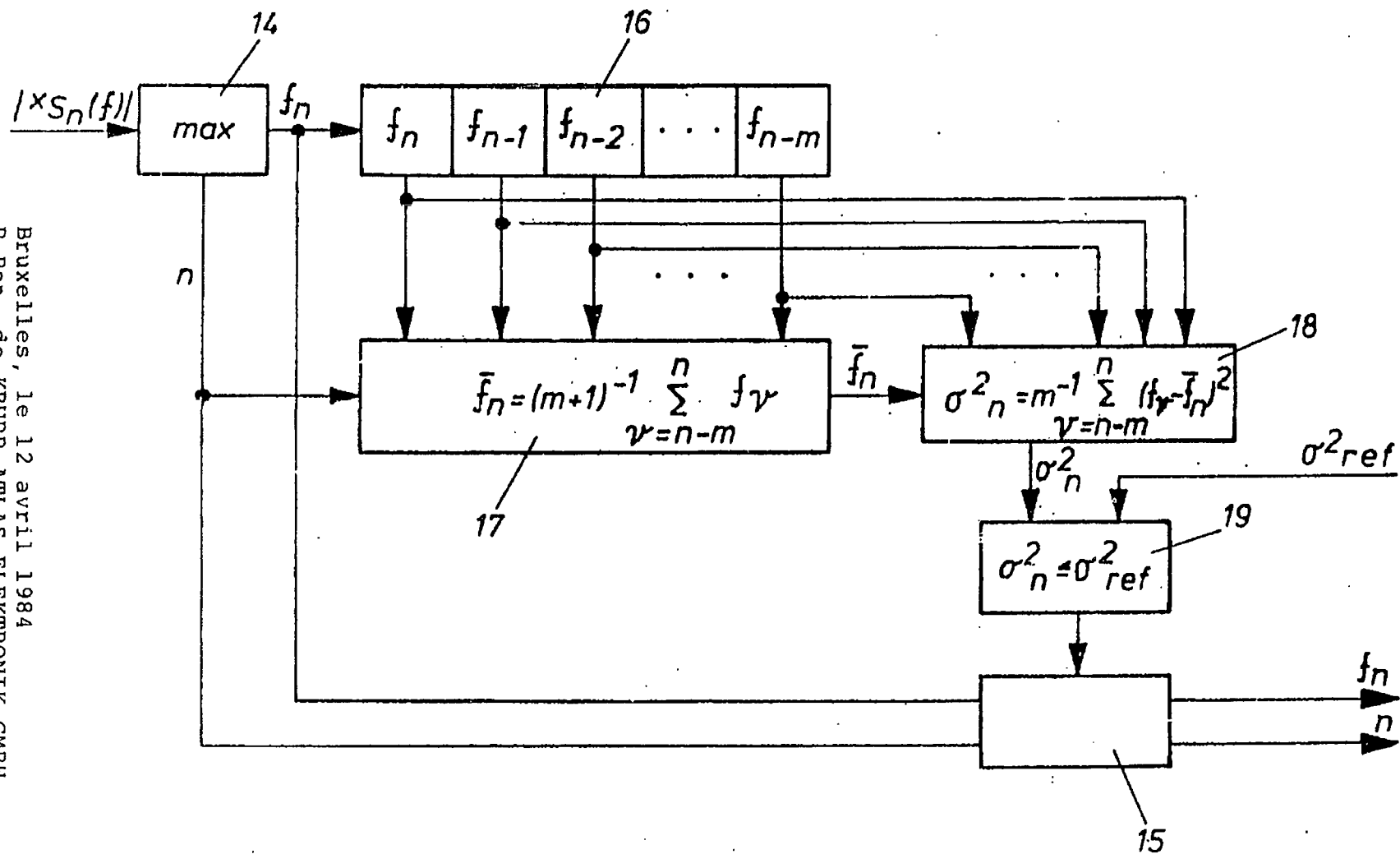


Fig.7

Bruxelles, le 12 avril 1984
P.PON. de KRÜPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLUCKER

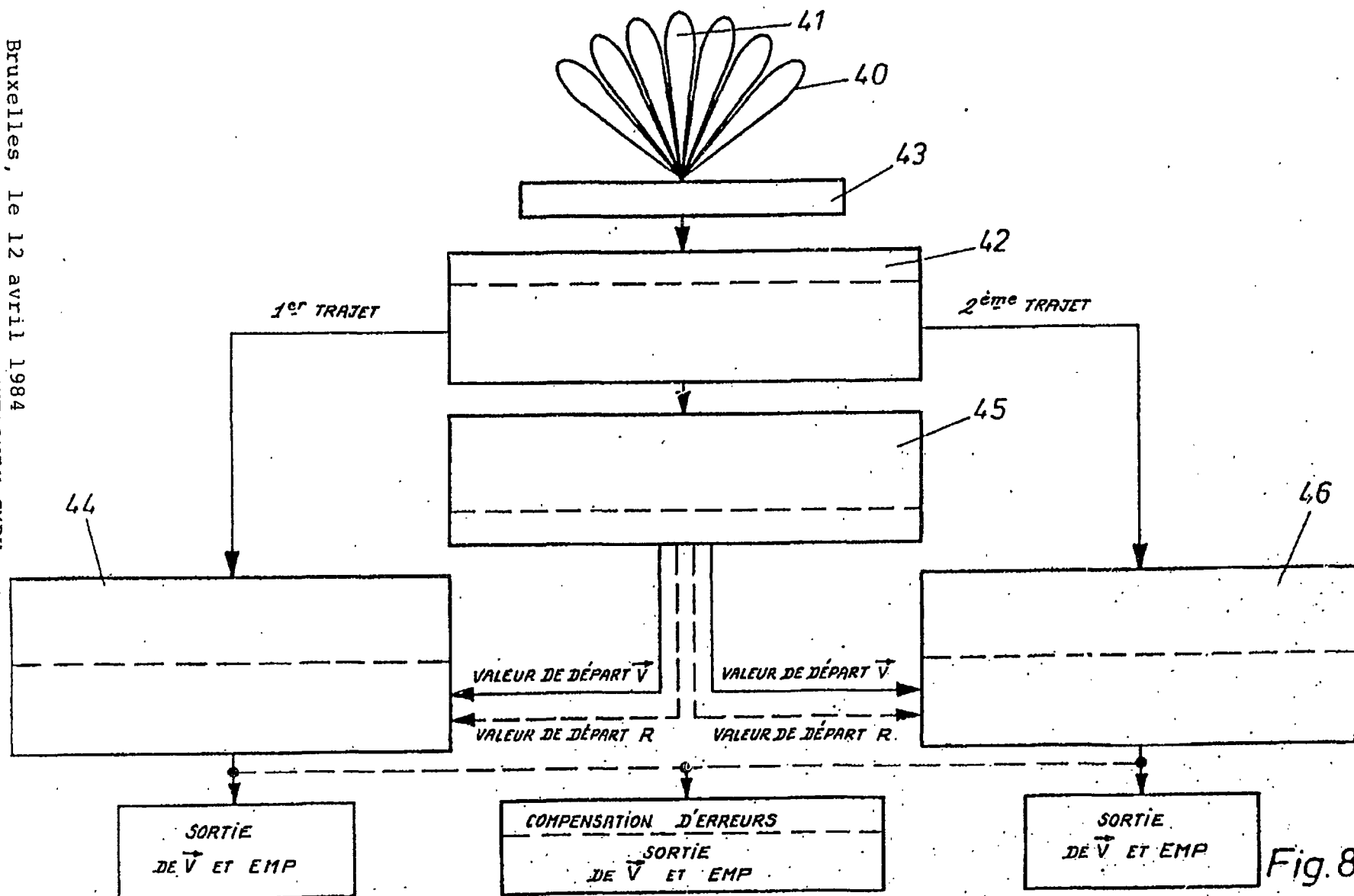


Fig. 8

Bruxelles, le 12 avril 1984
P. Pon. de KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH
OFFICE KIRKPATRICK - G.C. PLÜCKER