

**PROCÉDÉS ET APPAREILS POUR LA PRODUCTION DE SIGNAUX
SOUS-MARINS DIRIGÉS ET POUR
LA LOCALISATION À DISTANCE D'OBSTACLES SOUS-MARINS.
EN COLLABORATION AVEC M. CONSTANTIN CHILOWSKY.**

On a déjà proposé des procédés acoustiques pour déceler à distance la présence dans l'eau d'obstacles dangereux pour la navigation, tels que mines, sous-marins, torpilles, récifs, icebergs, navires en temps de brume. Leur peu d'efficacité tient à ce que le son émis se propage dans toutes les directions et s'affaiblit rapidement avec la distance, d'autre part la réception de l'écho sonore produit par l'obstacle ne donne que difficilement la position de celui-ci.

Les procédés et les appareils qui font l'objet de la présente invention ne présentent pas ces défauts, et permettent en outre la production de signaux secrets dirigés, pour les applications militaires.

Le procédé consiste dans la production, sous l'eau, d'oscillations mécaniques ultrasonores, c'est-à-dire de très haute fréquence par mise en vibration synchrone de tous les points d'une surface d'émission dont les dimensions linéaires sont grandes par rapport à la longueur d'onde dans l'eau des oscillations émises.

Dans ces conditions, l'énergie émise reste à peu près complètement localisée dans un cône d'émission dont l'axe est normal à la surface rayonnante et dont l'ouverture sera d'autant plus faible que les dimensions linéaires de cette surface d'émission sont plus grandes par rapport à la longueur d'onde. Pour une surface d'émission circulaire de diamètre d , la tangente de l'angle d'ouverture α de ce cône (demi-angle au sommet) sera donnée par la formule :

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,6 \frac{\lambda}{d}$$

λ étant la longueur d'onde dans l'eau.

Le faisceau ultra-sonore ainsi obtenu est analogue à celui d'un projecteur lumineux et peut être utilisé de la même manière, soit pour produire des signaux, soit pour déceler la présence d'obstacles par l'observation du rayonnement diffusé ou réfléchi par ceux-ci.

Dans les applications pratiques, la fréquence des oscillations employées pourra être comprise entre 50 000 et 200 000 par seconde, avec des longueurs d'onde comprises entre 3 et 0,7 centimètres (la vitesse de propagation des ondes élastiques ou mécaniques dans l'eau étant d'environ 1500 mètres par seconde) et les diamètres de la surface d'émission de 30 à 100 centimètres. Les oscillations plus rapides sont absorbées trop rapidement dans l'eau en raison de sa viscosité, et les oscillations plus lentes donneraient des faisceaux trop ouverts. Néanmoins, on pourra dans certaines applications utiliser des fréquences plus basses avec des appareils d'émission de plus grand diamètre. Des fréquences plus élevées pourront également être employées à de courtes distances.

1° Pour obtenir la mise en vibration synchrone dans toute l'étendue de la surface d'émission, l'invention consiste dans l'emploi des oscillations électriques de haute fréquence, telles qu'on les produit par la télégraphie ou la téléphonie sans fil, en utilisant les actions mécaniques produites par les champs électrique ou magnétique pour transformer leur énergie en vibrations ultra-sonores de fréquence double de la leur, ces actions s'exerçant synchroniquement et uniformément dans toute l'étendue de la surface d'émission.

On pourra utiliser, soit des oscillations électriques entretenues (produites par alternateurs, arcs chantants ou lampes hétérodynes), soit des trains d'oscillations amorties produits au moyen d'étincelles.

Les vibrations mécaniques ainsi obtenues agiront sur les appareils de réception (microphones ou organes analogues à ceux d'émission) et donneront naissance à des oscillations électriques de fréquence égale à la leur, que permettront de déceler les appareils connus et employés en télégraphie sans fil. L'intermédiaire ultra-sonore proposé permet la propagation et l'orientation sous-marines, impossibles avec les ondes hertziennes.

La localisation des obstacles s'obtient, en direction, par l'orientation qu'il faut donner à la surface d'émission pour obtenir un écho d'intensité maxima, et en distance par l'observation du temps qui s'écoule entre l'émission d'un signal et le retour de l'écho produit sur l'obstacle.

Les figures schématiques annexées feront bien comprendre la nature de l'invention.

La figure 86 représente en coupe un appareil d'émission à champ électrique.

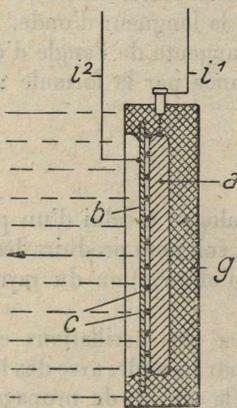


Fig. 86.

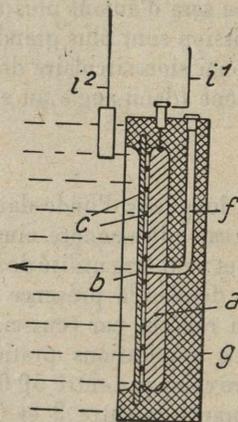


Fig. 87.

Les figures 87, 88 et 89 sont des variantes de l'appareil à champ électrique figure 86.

Les figures 90 et 91 représentent en vue et en coupe un appareil d'émission à champ magnétique.

Les figures 92 et 93 sont des schémas de montage des appareils à champ électrique et magnétique.

La fig. 94 est un appareil de réception à champ électrique avec son schéma de connexions.

La figure 95 représente une section horizontale schématique à travers la chambre remplie d'eau, contenant l'appareil d'émission.

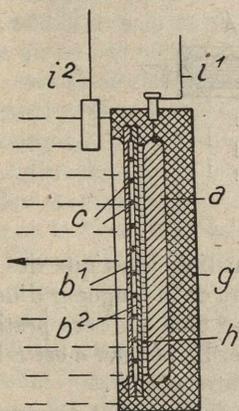


Fig. 88.

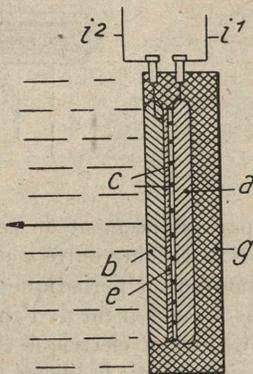


Fig. 89.

La figure 96 donne schématiquement la section horizontale d'une chambre avec l'appareil de réception.

La figure 97 représente la même chambre de réception avec une lentille au lieu d'un miroir, comme en figure 96.

La figure 98 représente la section horizontale d'une variante de l'appareil d'émission placé de chaque côté de la proue d'un navire.

2° Dans l'appareil émetteur type figure 86, la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique est obtenue à l'aide des attractions électrostatiques d'un condensateur faisant partie d'un circuit oscillant. La puissance des oscillations élastiques émises est déterminée par l'amplitude des variations du champ électrique dans le condensateur.

Ce condensateur se compose d'un plateau métallique, ou métallisé à la surface, et isolé *a*, de grand diamètre, logé dans un support isolant *g*, et maintenu par

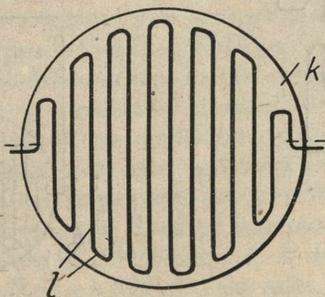


Fig. 90.

des points d'appui ou des lignes d'appui c , à très faible distance (1 à 10 microns) d'une plaque mince métallique ou isolante b , en contact avec l'eau par sa face opposée, cette plaque b étant libre d'obéir à l'attraction électrostatique périodique du plateau a , soit, par sa flexion entre les appuis, soit par écrase-

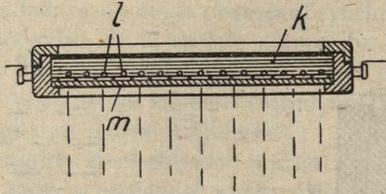


Fig. 91.

ment ou par enfoncement de ceux-ci dans la matière élastique des plateaux a ou b . Plus la distance entre a et b se rapprochera de la longueur d'une amplitude du mouvement périodique de b , c'est-à-dire plus elle sera pratiquement petite, plus le rendement de l'appareil sera élevé. Le plateau a est relié à l'un des pôles du circuit électrique i^1 , l'autre b à l'autre pôle i^2 .

Si l'on veut obtenir la liberté de vibration par enfoncement des appuis dans un des plateaux, on doit constituer celui-ci en une substance à faible module d'élasticité, comme l'ébonite, l'ivoire, etc., ou recouvrir les armatures du condensateur de couches de semblables substances, métallisées à leur surface, pour permettre au condensateur de se charger et au champ électrique de s'établir. Les appuis peuvent être très minces et formés, soit de traits ou de points au vernis, soit de bandes ou de rondelles de mica. La surface totale des appuis doit être suffisamment petite pour que l'effort d'attraction permette leur enfoncement, dans le cas où la liberté de mouvement est due à celui-ci.

Pour permettre au condensateur de supporter les champs électriques très intenses (supérieurs à 10^6 volts par centimètre de distance entre les armatures), champs qui sont nécessaires à l'émission d'ondes élastiques de grandes puissances (de l'ordre du watt par centimètre carré) trois procédés peuvent être employés : 1° On peut recouvrir les armatures du condensateur de couches métalliques en platine, or, etc., supportant dans le vide, aux faibles distances,

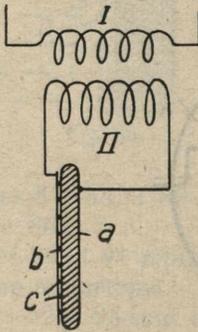


Fig. 92.

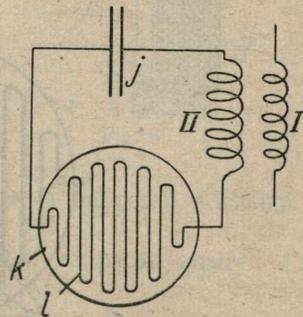


Fig. 93.

des champs électriques intenses à leur surface, et maintenir entre elles un vide élevé. Ce vide n'est pas nécessaire, et on peut laisser subsister la pression atmosphérique si la distance entre les armatures est suffisamment petite, la différence de potentiel employée variant proportionnellement à cette distance. 2° On peut empêcher la production de la décharge disruptive en recouvrant les surfaces métalliques de minces couches isolantes (mica, acétate de cellulose, etc.) et faire ou non le vide entre elles, suivant leur distance. Pour réaliser le collage des couches isolantes sur le métal, on peut utilement employer des substances conductrices fusibles, telles que des sels fondus (chlorure d'argent corné par exemple). 3° On peut employer, comme il est indiqué sur la figure 87, une plaque mince de mica b , ou de tout autre isolant élastique, en contact avec l'eau, à la fois comme plaque vibrante et comme isolant du condensateur, en faisant ou non le vide entre la plaque b et le plateau a ; l'eau forme dans ce dernier cas l'armature extérieure du condensateur, et les appuis c séparant cette plaque de mica b du plateau a peuvent indifféremment être métalliques ou isolants. Le vide peut se faire par un tube f central débouchant par une ouverture de petit diamètre, au centre du plateau isolé, ou par la périphérie de celui-ci. Une matière isolante g est coulée derrière le plateau, et autour des bords du condensateur. La plaque a est reliée à l'un des pôles du circuit électrique i^1 , l'autre pôle i^2 plongeant dans l'eau en contact avec la plaque b .

Une modification de l'appareil à plaque vibrante isolante, donnée par la figure 88, consiste à employer une capsule symétrique formée par deux plaques isolantes minces b^1 , b^2 (mica, verre, etc.), réunies par leurs bords, et séparées par des appuis c dans l'intervalle desquels leur vibration serait libre, le vide pouvant d'ailleurs être fait entre elles. Cette capsule serait en contact par sa face externe avec l'eau salée dans laquelle on veut produire le rayonnement, et qui constituerait l'armature externe du condensateur alimenté en i^2 , l'autre face étant en contact avec une couche liquide conductrice isolée h (eau salée, mercure, etc.) constituant l'armature interne du condensateur alimenté en i^1 et a .

3. L'armature du condensateur en contact avec l'eau peut être constituée par une plaque métallique ou métallisée, dont l'épaisseur soit égale à la demi-longueur d'onde des vibrations élastiques longitudinales dans la substance employée. Cette plaque vibre dans le sens de son épaisseur, et attaque l'eau par sa face externe avec la même amplitude de traction périodique que celle de l'attraction électrostatique exercée sur sa face interne par le champ électrique du condensateur. Cette face interne peut ou non être revêtue d'une couche isolante pour empêcher la production de la décharge disruptive. L'emploi d'une plaque de l'épaisseur d'une demi-onde permet de réduire beaucoup le nombre des appuis entre elle et le plateau isolé; en raison de sa moindre flexion, il impose une période déterminée aux oscillations électriques employées.

Le principe de la résonance peut être également employé pour augmenter l'énergie des ondes élastiques émises avec une amplitude donnée du champ électrique oscillant du condensateur. Il suffit d'interposer entre celui-ci et l'eau salée une couche d'un milieu dont le produit de la densité par la vitesse de propagation du son soit inférieur à celui de l'eau salée, et dont l'épaisseur soit égale au quart de la longueur d'onde des vibrations élastiques dans ce milieu.

4. La propriété que possède l'ébonite de ne donner lieu à aucune réflexion notable des ondes élastiques longitudinales sur sa surface de séparation avec l'eau, permet d'employer comme plaque vibrante en contact avec l'eau une plaque d'ébonite b , figure 89, d'épaisseur quelconque, métallisée sur sa face interne e pour former l'armature extérieure du condensateur, alimenté en i^2 , et séparée du plateau isolé a , alimenté en i^1 , par des appuis isolants convenables c , dont l'enfoncement dans l'ébonite donne à la surface de celle-ci la liberté de mouvement nécessaire.

Dans ce cas, il n'est pas nécessaire que la fréquence des vibrations émises soit en résonance avec la plaque externe vibrant dans le sens de son épaisseur. On peut donc émettre une fréquence quelconque et très élevée, comme avec l'appareil à plaque vibrante mince.

5. L'appareil émetteur ou récepteur permettant d'utiliser les actions magnétiques, est représenté schématiquement par les figures 90 et 91, dans lesquelles k est un plateau de fer doux finement lamellé dans la surface duquel est encastré en zig-zag un fil de cuivre isolé l , traversé par un courant électrique de haute fréquence. A petite distance de ce plateau, et séparée de lui par des appuis, se trouve une plaque mince de fer doux m , en contact avec l'eau par sa face externe ou séparée d'elle par une plaque d'ébonite à laquelle elle est fixée.

6. Le schéma des connexions est donné par la figure 92, pour les appareils utilisant les actions électrostatiques, et par la figure 93 pour ceux qui utilisent les actions magnétiques. Dans le premier cas, le condensateur d'émission $a b$ joue le rôle de capacité dans le circuit oscillant II excité par induction au moyen d'une bobine primaire I, et dans le second cas (fig. 93) le bobinage l du plateau k constitue une partie de la self-induction du circuit oscillant II, muni d'une capacité convenable j , et excité par l'enroulement primaire I.

7. Pour la réception, on peut utiliser un microphone dont la plaque vibrante munie d'appuis, est en contact avec l'eau, et dont les variations de résistance provoquées par l'arrivée des ondes ultra-sonores, produisent des variations périodiques d'égale fréquence dans le courant produit à travers ce microphone, par une source de force électromotrice constante. Ces variations produisent des oscillations électriques dans un circuit accordé, soit directement si ce circuit est placé entre les bornes du microphone, soit par induction si le microphone est en série avec la bobine primaire d'un transformateur dont le secondaire est constitué par la self du circuit oscillant.

On peut également, par l'appareil récepteur figure 94, transformer en oscillations électriques l'énergie des ondes élastiques incidentes, en recevant celles-ci sur un condensateur $a b$ analogue à ceux qui servent pour l'émission, mais dont les armatures peuvent être plus rapprochées (distance de l'ordre du micron) en raison de la très faible amplitude des déplacements élastiques. Une source de force électromotrice constante E (une valeur optimum existe pour celle-ci) maintient le condensateur j chargé, et les variations de capacité produites dans celui-ci par les ondes incidentes donnent naissance à des oscillations électriques dans un circuit oscillant accordé dont ce condensateur $a b$ fait partie. L'énergie élastique incidente peut être complètement absorbée et transformée

en énergie électrique si la force électromotrice de la source E a la valeur optimum indiquée ci-dessous. Les ondes élastiques incidentes sont alors complètement absorbées par la surface du condensateur $a b$, et ne subissent aucune réflexion sur celle-ci. Les oscillations électriques seront enregistrées par un détecteur quelconque d , dont les connexions avec le circuit oscillant peuvent être variées suivant les procédés employés couramment en télégraphie sans fil.

La valeur optimum E de la force électromotrice est donnée par la formule :

$$E = \omega d \sqrt{s V R S}$$

où ω est la pulsation des ondes employées, d la distance entre les plateaux du condensateur $a b$ figure 94, S la surface de ces plateaux, s la densité de l'eau salée, V la vitesse de propagation de son dans celle-ci, R la résistance chimique de la bobine de self n associée au condensateur pour obtenir un circuit accordé sur la fréquence des ondes employées. Sur cette figure 94, j est un condensateur de

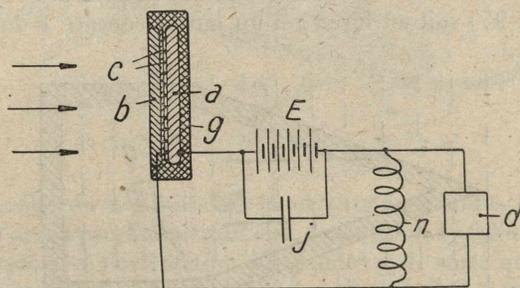


Fig. 94.

grande capacité, présentant au passage des oscillations engendrées dans le circuit électrique une impédance beaucoup moindre que celle de la batterie E . Ce condensateur est monté en cascade avec $a b$, et leur ensemble représente la capacité du circuit oscillant.

On peut également utiliser pour la réception un appareil magnétique analogue à celui proposé pour l'émission (fig. 90 et 91) et dont le fil de cuivre est parcouru par le courant d'une source continue. La transformation de l'énergie mécanique des ondes incidentes en oscillations électriques dans un circuit accordé se fait par l'intermédiaire des variations de self-induction de l'appareil dues aux déplacements périodiques de la plaque extérieure en contact avec l'eau. Cette transformation peut être intégrale si la source continue possède une force électromotrice optimum convenable.

8. Pour protéger les appareils d'émission et de réception contre le choc des vagues, on les placera dans une chambre ou lanterne à parois épaisses d'ébonite r (fig. 95), en utilisant la propriété de cette matière indiquée plus haut. On peut donner à cette enveloppe placée à l'avant du navire, r par exemple, et maintenue par les bras u , la forme extérieure du solide de moindre résistance.

L'intérieur de la chambre à parois d'ébonite doit être rempli d'eau, et l'appa-

reil d'émission s (fig. 95) peut y être orienté dans diverses directions, soit autour d'un axe vertical t , soit éventuellement aussi autour d'un axe horizontal.

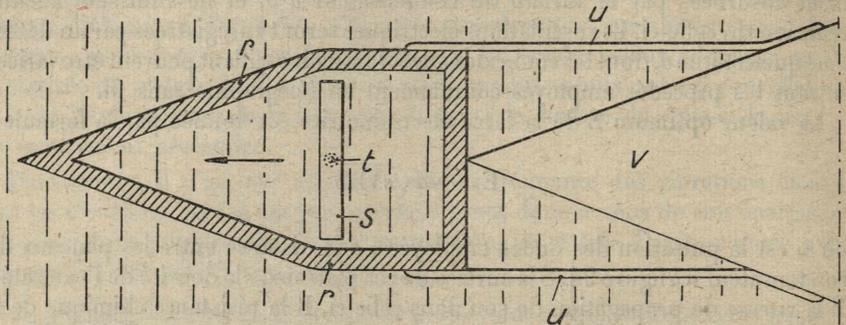


Fig. 95.

Pour augmenter la sensibilité de la réception, on peut placer l'appareil récepteur (fig. 96 et 97) soit au foyer p d'un miroir concave q de grande surface,

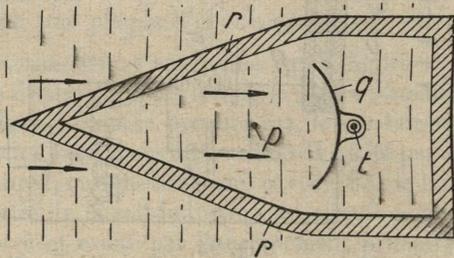


Fig. 96.

convenablement orienté, soit au foyer p^1 d'une lentille o de grand diamètre, constituée par une enveloppe w transparente aux ondes (ébonite par exemple)

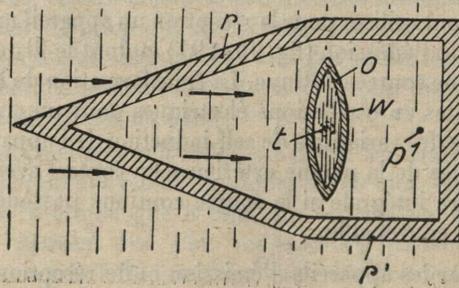


Fig. 97.

emplie d'un liquide (éther, alcool, etc.), dans lequel la vitesse de propagation soit moindre que dans l'eau. Cette lentille ou ce miroir peut être orientée autour de t , de manière que son axe aille passer par la source ou par l'obstacle.

9. Pour éviter de donner à la surface d'émission des dimensions exagérées dans le cas où on veut émettre de grandes puissances, tout en conservant la faculté de changer à volonté l'orientation du faisceau, on peut (fig. 98) décom-

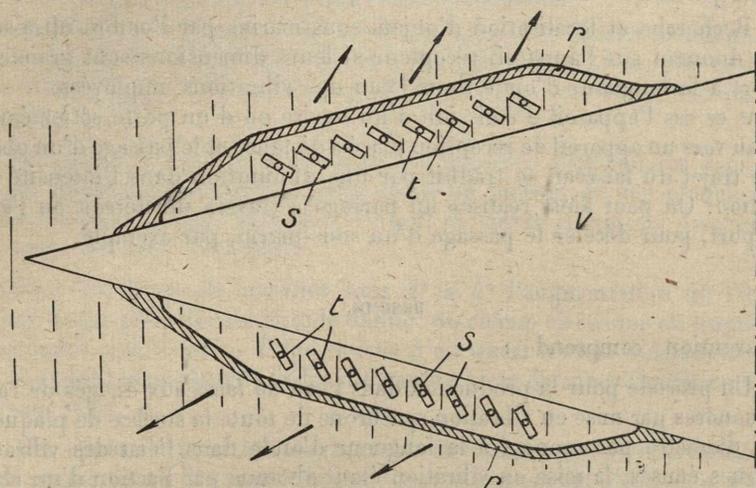


Fig. 98.

poser cette surface en une série de bandes indépendantes *s*, parallèles, tournant autour d'axes *t* parallèles entre eux, à condition de faire varier la longueur d'onde employée avec l'orientation des bandes *s*, de sorte que la distance normale entre deux bandes soit un multiple entier de la longueur d'onde. Dans ces conditions, le synchronisme est conservé entre les émissions produites par ces bandes dans une direction normale à leurs plans. Comme les précédents, ces appareils peuvent être placés à l'intérieur d'enveloppes protectrices en ébonite *r*, et disposés sur les flancs de la coque du navire *v*.

10. Les procédés et appareils décrits pourront trouver leur application dans les cas suivants :

1° Échange de signaux sous-marins dirigés entre navires, entre navires et postes côtiers, entre postes côtiers. Avec les mêmes avantages, on obtient sur les signaux optiques la supériorité de n'être pas gêné par la brume.

2° Établissement de phares ultra-sonores, employant des surfaces d'émission de grand diamètre.

3° Recherche et localisation d'obstacles sous-marins par des émissions périodiques et rythmées dans l'intervalle desquelles on cherche à percevoir le retour d'un écho. L'exploration s'obtient par rotation de l'appareil émetteur autour d'un axe horizontal et emploi d'un appareil récepteur toujours parallèle à l'émetteur.

Le mouvement relatif de l'obstacle et du poste d'observation peut être déterminé par application du principe de Doppler, c'est-à-dire du changement de fréquence dû au mouvement de l'obstacle, particulièrement sensible dans le

cas où on utilise pour la réception les battements sonores obtenus entre les oscillations reçues et les oscillations de haute fréquence voisine de la leur, produites par une source convenable, telle qu'une lampe hétérodyne, utilisée comme génératrice d'oscillations électriques continues.

4° Recherche et localisation d'objets sous-marins par l'ombre ultra-sonore qu'ils donnent sur l'appareil récepteur si leurs dimensions sont grandes par rapport à la longueur d'onde dans l'eau des vibrations employées.

Dans ce cas l'appareil d'émission d'un navire ou d'un poste côtier émet un faisceau vers un appareil de réception placé à distance et le passage d'un obstacle sur le trajet du faisceau se traduit par une diminution dans l'intensité de la réception. On peut ainsi réaliser un barrage à travers un détroit ou l'entrée d'un port, pour déceler le passage d'un sous-marin, par exemple.

RÉSUMÉ.

L'invention comprend :

1° Un procédé pour la production dans l'eau de faisceaux dirigés de rayons ultra-sonores par mise en vibration synchrone de toute la surface de plaques de grand diamètre par rapport à la longueur d'onde dans l'eau des vibrations élastiques émises, la mise en vibration étant obtenue par l'action d'un champ électrique ou magnétique uniformément distribué sur la surface de la plaque et produit par des oscillations électromagnétiques de haute fréquence : ces faisceaux pouvant être utilisés pour découvrir et localiser des objets ou obstacles immergés, tels que mines sous-marines, sous-marins, récifs, banquises ou icebergs, en utilisant la réflexion du faisceau sur les obstacles ou l'ombre portée par ceux-ci ; ou pour des communications télégraphiques ou téléphoniques sous-marines dirigées.

2° Des appareils pour la production et l'émission de faisceaux ultra-sonores dans l'eau, constitués par un condensateur plan, de grande surface, formé d'une plaque métallique ou métallisée mince en contact avec l'eau, et maintenue à très faible distance de la première par un grand nombre d'appuis. Le condensateur faisant partie d'un circuit électrique de haute fréquence, le champ électrique périodique de grande amplitude produit entre les deux plaques, met en vibration la plus mince. Ce condensateur est mis à même de supporter le champ électrique intense nécessaire, soit par l'emploi d'un vide élevé entre les plaques, soit par l'emploi sur celles-ci de revêtements appropriés métalliques ou isolants, de feuilles minces de mica en particulier.

3° Des variantes de l'appareil spécifié sous 1° caractérisées par :

a. La suppression de la plaque métallique mince et l'emploi comme plaque vibrante d'une feuille mince de mica, ou d'un autre isolant, en contact avec l'eau salée qui joue le rôle d'armature extérieure du condensateur, et reposant sur la plaque isolée par des appuis isolants ou conducteurs entre lesquels elle peut vibrer librement sous l'action du champ électrique périodique. Un vide élevé peut être maintenu entre la lame de mica et la plaque métallique isolée ;

b. L'utilisation d'une capsule symétrique formée par deux lames isolantes

séparées par des appuis et en contact avec les armatures conductrices liquides du condensateur;

c. L'emploi comme plaque vibrante d'une plaque de l'épaisseur d'une demi-onde, en résonance avec les vibrations élastiques émises;

d. L'emploi comme plaque vibrante d'une plaque d'ébonite métallisée dont l'épaisseur peut être quelconque en raison du fait que le produit de la densité par la vitesse du son est sensiblement le même dans cette substance que dans l'eau salée.

4° Des appareils pour la production des faisceaux ultra-sonores dans l'eau, utilisant des attractions magnétiques entre un plateau et une plaque de fer lamellés, le plateau étant recouvert d'un fil de cuivre en zig-zag parcouru par un courant de haute fréquence.

5° Dans les appareils spécifiés sous 2° à 4° l'augmentation de l'énergie élastique émise pour une amplitude donnée du champ électrique ou magnétique de l'appareil, par l'emploi d'une couche d'un quart d'onde d'épaisseur d'une substance dont le produit de la densité par la vitesse du son soit inférieur à celui de l'eau salée.

6° Des appareils pour la réception des faisceaux ultra-sonores comportant des microphones ou des appareils analogues aux appareils d'émission, en utilisant l'existence de conditions optima qui permettent l'absorption complète par ces appareils du rayonnement élastique incident.

7° L'emploi de l'ébonite pour revêtir et protéger les appareils d'émission et de réception, sans gêner la transmission des ondes, celles-ci ne subissant pas de réflexion notable à la surface de séparation de l'ébonite et de l'eau. En particulier, les appareils d'émission et de réception peuvent être placés à l'intérieur de lanternes à parois d'ébonite remplies d'eau, et ayant des formes extérieures appropriées pour assurer la moindre résistance à leur mouvement dans l'eau.

8° L'emploi, pour augmenter la sensibilité de la réception, de miroirs métalliques ou de lentilles permettant de concentrer le rayonnement sur les appareils récepteurs. L'ensemble des appareils récepteurs peut être placé dans des lanternes d'ébonite.

9° Emploi, pour diminuer la résistance au mouvement dans l'eau, d'appareils d'émission constitués par des bandes parallèles à condition de faire varier la fréquence avec l'orientation de ces bandes, de sorte que la distance normale entre deux d'entre elles, reste toujours égale à un nombre entier de longueurs d'onde dans l'eau.