

⑭

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑮ Date de dépôt : 14.04.92.

⑯ Priorité :

⑰ Date de la mise à disposition du public de la demande : 15.10.93 Bulletin 93/41.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

⑲ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑴ Demandeur(s) : Société dite: THOMSON-CSF
(société anonyme) — FR.

⑵ Inventeur(s) : Sernit Eric — Thomson-CSF SCPI et
Audet Jean — Thomson-CSF SCPI.

⑶ Titulaire(s) :

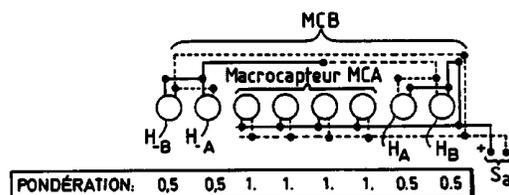
⑷ Mandataire : Lepercque J.

⑸ Procédé de réalisation d'une antenne linéaire remorquée et antenne réalisée selon ce procédé.

⑹ L'invention se rapporte aux antennes linéaires remorquées. Elle vise à atténuer les signaux parasites de bruits se propageant à l'intérieur de la structure de l'antenne, notamment les signaux de bruit d'origine mécanique et les signaux de bruit d'écoulement.

L'antenne est constituée de capteurs (H_A à H_B) distribués selon un pas constant et comprend des assemblages de capteurs ou macrocapteurs.

Selon l'invention on pondère la réponse de ces macrocapteurs (MCA, MCB) en réalisant un câblage sélectif série-parallèle des capteurs d'un assemblage et on s'approche ainsi d'une loi de pondération théorique déterminée.



**Procédé de réalisation d'une antenne linéaire
remorquée et antenne réalisée selon ce procédé.**

5 L'invention concerne un procédé de réalisation d'une antenne remorquée et plus particulièrement un procédé de réalisation visant à obtenir une réjection de certains types de bruit sur ces antennes, notamment les bruits mécaniques et les bruits d'écoulement.

10 L'invention concerne également une antenne réalisée selon ce procédé.

Une antenne linéaire remorquée est en général formée d'un chapelet de capteurs acoustiques, par exemple des hydrophones, placés à l'intérieur d'une structure cylindrique. C'est cette structure qui est remorquée à des fins, par exemple, de prospection sous-marine.

15 Un des paramètres importants d'une telle antenne est le paramètre directivité. La directivité est fonction du rapport (λ/L) avec λ longueur de l'onde à détecter et L longueur de l'antenne.

20 Pour utiliser l'antenne dans une large bande de fréquences, typiquement plusieurs octaves, on traite les signaux des capteurs par tronçons d'antenne de différentes longueurs.

On affecte une antenne de longueur donnée à une octave de fréquences, par exemple f à 2f, et une antenne de longueur double à l'octave f/2 à f ; f étant une valeur de fréquence donnée.

25 Dans un mode de réalisation particulier, on imbrique ces deux antennes en utilisant pour la deuxième antenne (octave f/2 à f) une partie des capteurs de la première antenne. Physiquement l'antenne se compose d'un tronçon central comprenant $(4N+1)$ capteurs équidistants, au pas P_0 dépendant de la longueur d'onde minimum de l'octave considéré (f à 2f). On ajoute, de part et d'autre de ce tronçon central pour chaque octave "k" inférieur 2N capteurs au pas $2kP_0$ (avec
30 k = 1, 2, 3...)

En réalité, le plus souvent, on forme des groupements de capteurs en parallèle que l'on appellera dans ce qui suit macrocapteurs. Ces "macrocapteurs" sont encore appelés "clusters" dans la terminologie

anglo-saxonne. Le nombre de capteurs dans chaque groupement n'est pas identique mais le pas intercapteur redevient constant et égal à P_0 . De façon générale, plus on s'éloigne du centre de l'antenne des deux côtés, plus le nombre de capteurs dans chaque groupement est important.

L'invention concerne une antenne de ce type, comprenant des groupements de capteurs.

Les antennes remorquées sont soumises à un certain nombre de phénomènes parasites. En particulier, il est connu que le remorquage de l'antenne est la cause de bruits de diverses natures. Ces bruits proviennent essentiellement, d'une part, du câble de remorquage (bruit mécanique) et, d'autre part, du bruit d'écoulement.

Pour diminuer la première source de bruit, il est connu d'insérer en tête de l'antenne un tronçon amortisseur tel que décrit, par exemple, dans la demande de brevet français n° 2 626 051, publiée le 9 février 1990.

L'invention se propose de pallier les inconvénients de l'art connu, en particulier, les inconvénients causés par les bruits mécaniques ou d'écoulement.

Les bandes de fréquences des bruits rappelés sont situées dans la partie basse du spectre d'écoute. Comme il a été rappelé, plus on s'éloigne du centre de l'antenne plus les groupements comprennent un nombre important de capteurs. Or, c'est précisément les tronçons d'antenne les plus longs qui sont destinés à l'écoute des fréquences les plus basses, c'est-à-dire ceux qui comprennent le plus de macrocapteurs.

La théorie montre par ailleurs qu'une pondération des hydrophones au sein d'un groupement permet d'améliorer le rapport signal sur bruit.

L'invention tire parti de ces caractéristiques.

Elle propose un procédé de réalisation d'antennes permettant d'obtenir simplement une pondération des groupements de capteurs en effectuant un câblage série-parallèle sélectif de ceux-ci.

L'invention a donc pour objet un procédé de réalisation d'une antenne linéaire remorquée constituée de capteurs distribués, ladite antenne comprenant au moins un assemblage de groupes de capteurs au

sein duquel on effectue une pondération selon une loi déterminée, chaque groupe comprenant, au moins un capteur ; caractérisé en ce qu'on effectue ladite pondération par câblage sélectif en série de capteurs dudit assemblage, les autres capteurs étant câblés en parallèle
5 de manière à obtenir une courbe de pondération approchant ladite loi de pondération déterminée.

L'invention a encore pour objet une antenne ainsi réalisée.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui suit en regard
10 des figures annexées et parmi lesquelles :

- les figures 1 et 2 illustrent schématiquement des antennes selon l'art connu,
- les figures 3 et 4 sont des diagrammes illustrant l'effet de la célérité du bruit sur le gain de groupement en fonction de la
15 fréquence, pour une structure d'antenne déterminée,
- la figure 5 est un diagramme illustrant le gain de groupement d'un macrocapteur en fonction de la fréquence sans pondération ,
- les figures 6 et 7 illustrent l'effet de deux lois de pondération
20 distinctes sur le gain de groupement de ce même macrocapteur,
- la figure 8 illustre, par un diagramme, un aspect particulier du procédé de pondération selon l'invention,
- les figures 9 et 10 illustrent schématiquement deux
25 macrocapteurs réalisés selon le procédé de l'invention,
- la figure 11 est un diagramme illustrant la pondération associée au macrocapteur de la figure 10,
- la figure 12 illustre de façon plus complète un exemple de réalisation de macrocapteur selon l'invention utilisable dans la
30 gamme de fréquences 40-80Hz,
- les figures 13 et 14 sont des diagrammes permettant de comparer le macrocapteur de la figure 12 à un macrocapteur équivalent de l'art connu,

- la figure 15 illustre de façon plus complète un exemple de réalisation de macrocapteur selon l'invention utilisable dans la gamme de fréquences 10-40Hz,
- les figures 16 et 17 sont des diagrammes permettant de comparer le macrocapteur de la figure 15 à un macrocapteur équivalent de l'art connu.

La configuration d'une antenne linéaire remorquée selon l'art connu va tout d'abord être rappelée brièvement.

- La figure 1 illustre schématiquement une antenne linéaire du type dit "imbriqué". Le tronçon central comporte généralement $(4N + 1)$ capteurs. Dans un but de simplification, on a choisi $N = 1$. Le tronçon central, destiné à traiter l'octave de fréquences f à $2f$ comporte donc cinq capteurs : H_{-2} , H_{-1} , H_0 , H_1 , H_2 , tous équidistants. Le pas intercapteur est P_0 dépendant de la longueur d'onde minimale à capter.
- On a représenté sur la partie inférieure de la figure, un axe $X'X$ gradué en pas P_0 .

Ce tronçon central forme l'antenne référencée A.

- De part et d'autre de ce tronçon, on a rajouté N capteurs au pas $2P_0$, soit au total $2N$. Dans l'exemple $N=1$ et les capteurs rajoutés sont H_{-3} et H_3 . On prélève un capteur sur deux du tronçon central pour constituer, avec les capteurs latéraux une antenne homothétique de la première au pas $2P_0$ et de longueur double. Cette "sous-antenne", B sur la figure, est destinée à traiter l'octave f à $f/2$.

- Le plus souvent, la configuration d'une antenne linéaire n'est pas celle qui vient d'être décrite. Elle est formée de capteurs tous au pas P_0 et on regroupe en parallèle, de façon sélective, des capteurs pour former des macrocapteurs. Une telle disposition est illustrée par la figure 2. Ceci permet certains avantages, en particulier un gain de groupement. L'antenne illustrée sur la figure 2 comprend trois sous-antennes A, B, C destinées à couvrir trois octaves.

On a choisit, comme précédemment, $N = 1$. Le tronçon central T_C comporte donc $(4N + 1) = 5$ capteurs et constitue l'antenne A.

L'antenne B "prélève" un capteur sur deux du tronçon central comme précédemment. Cependant les parties latérales de cette sous-

antenne sont constituées par des groupements de capteurs ou macrocapteurs comprenant chacun trois capteurs individuels. Ces macrocapteurs sont repérés $MC1_{-1}$ et $MC2_{+1}$.

5 Enfin la sous-antenne C est constituée du capteur central du tronçon T_C , des macrocapteurs $MC1_{-1}$ et $MC2_{-2}$ ainsi que de deux macrocapteurs supplémentaires : $MC2_{-1}$ et $MC2_{+1}$. Ces deux derniers comportent chacun cinq capteurs.

L'ensemble est parfaitement symétrique par rapport à l'abscisse 0 (axe X'X) et comporte au total 21 capteurs, tous au pas P_0

10 On va maintenant rappeler les types de bruits rencontrés sur les antennes linéaires remorquées. Ces bruits sont d'origines et de natures différentes. En adoptant des mesures particulières, on peut espérer augmenter le rapport "signal utile sur bruit" que l'on appellera dans ce qui suit : $[S / B]$. Cependant ce gain potentiel dépend essentiellement
15 des caractéristiques de cohérence, d'isotropie et d'homogénéité des différents bruits.

Le tableau 1 placé en fin de la présente description résume les principaux types de bruits, leurs natures et caractéristiques ainsi que les gains en $[S / B]$ potentiels .

20 Dans ce qui suit, on va s'attacher essentiellement à deux types de bruits dont les amplitudes respectives sont particulièrement élevées, c'est-à-dire le bruit mécanique et le bruit d'écoulement, et dont les spectres sont de supports fréquentiels différents. En effet, l'expérience et les modélisations ont montré que le bruit mécanique est
25 essentiellement gênant pour les fréquences inférieures à 80Hz, alors que le bruit d'écoulement est nuisible entre 80 - 160 Hz. Ceci n'est toutefois vrai que si le bruit mécanique est réduit par l'adjonction d'amortisseurs. Dans le cas contraire, le bruit mécanique est prépondérant jusqu'à 300 Hz. Des dispositions pour réduire le bruit mécanique sont connues,
30 par exemple celles décrites dans la demande de brevet français précitée.

Dans le cas de bruit d'écoulement, le pas intercapteur doit être supérieur à la longueur de corrélation spatiale de l'excitation pariétale ce qui impose un nombre de capteurs faible pour une longueur de groupement donnée. La longueur l_c de corrélation est donnée par la

relation : $l_c = 0,7.v/f$, avec v vitesse de remorquage (m/s) et f fréquence minimale de travail.

Le bruit mécanique est un bruit corrélé, propagé suivant un mode particulier peu dispersif jusqu'à 160 Hz. On peut donc tracer la transformée de Fourier spatiale en nombres d'ondes pour une célérité donnée : C . La célérité C doit être entendue comme la vitesse de propagation du bruit à l'intérieur de la structure de l'antenne. Cette transformée dépend naturellement de la distribution spatiale des capteurs (longueur des macrocapteurs, échantillonnage c'est-à-dire le pas intercapteur). Typiquement un macrocapteur de longueur l , échantillonné

suivant un pas d et composé de capteurs câblés en parallèle présente une "directivité fréquentielle" telle que :

- . les zéros sont à nC/l (n étant le numéro du lobe secondaire)
- . les lobes secondaires sont à $(2n + 1) C/2l$ (1)

. le niveau du premier et deuxième lobe secondaire -13 et -18 dB

. le lobe image est à C/d (2)

La relation (1) est intéressante car elle montre que si l'on désire une réjection de bruit, de l'ordre de +20 dB dans une bande 20 - 40 Hz, il faut que la relation suivante soit vérifiée :

$$30 > (2n + 1) C/2l \text{ avec } n = 2 \text{ et } C = 100 \text{ m/s}$$

soit $l > 8,33 \text{ m}$, valeur indépendante de l'échantillonnage.

L'équation (2), de même, montre que si l'on désire rejeter le lobe image au-delà de 160 Hz, il faut $C/d > 160$ soit $d < C/160 \simeq 0,625 \text{ m}$.

On note que plus la vitesse C est importante et moins grande sera l'efficacité d'un macrocapteur dans la mesure où le spectre va "s'étaler" vers les fréquences hautes. Les premiers lobes de rejection sont moins performants en terme de niveaux et remontent alors dans la bande de travail.

Les figures 3 et 4 illustrent l'effet de la célérité, pour une même configuration de macrocapteur. Le nombre N de capteur choisi dans l'exemple est 8 capteurs de pas intercapteurs 0,52 m, pour la bande 40-80 Hz.

La figure 3 illustre le gain de groupement (en dB) en fonction de la fréquence F (Hz) pour une vitesse de propagation du mode lent dit de gaine $C = 100$ m/s.

On a représenté sur cette figure deux courbes : C_1 et C_2 . La
 5 courbe C_1 est une courbe théorique ne tenant pas compte des amortissements apportés par la structure de l'antenne. La courbe C'_1 en tient compte et représente le mode lent dit "dissipatif".

La figure 4 illustre le gain de groupement en fonction de la fréquence dans les mêmes conditions (nombre de capteurs, etc...) mais
 10 pour $C = 200$ m/s. Les courbes C_2 et C'_2 représentent, comme précédemment, le mode non dissipatif et le mode dissipatif.

On voit à l'examen de ces courbes que la rejection moyenne vaut -18 dB (2^{ème} lobe secondaire) pour $C = 100$ m/s et -13 dB (1^{er} lobe secondaire) pour $C = 200$ m/s.

15 D'autre part, des stimulations ont montré que la célérité du premier mode guidé, par une antenne linéaire de diamètre 85 cm est de l'ordre de 100 m/s et, pour une antenne linéaire de diamètre 45 cm de l'ordre de 160 m/s. Autrement dit, l'efficacité d'un macrocapteur dépend du diamètre de la structure cylindrique de l'antenne.

20 - Les macrocapteurs, dans la configuration qui vient d'être rappelée, présentent donc un certain nombre de limitations.

La théorie montre qu'il est possible d'améliorer, notamment le rapport $[S / B]$ précité en appliquant le long du macrocapteur des pondérations d'amplitude de manière à ce que la transformée spatiale de
 25 celui-ci présente une directivité plus adaptée à l'application envisagée.

En effet, on recherche une rejection maximale dans une bande de fréquence donnée (souvent en basse fréquence).

Pour illustrer le procédé de pondération, on a choisi un macrocapteur de 9 capteurs individuels de pas 0,52 m adapté pour la
 30 bande 40-80 Hz. On a choisi deux types de pondération : la pondération dite "cosinus sur-remonté" et la pondération "triangle".

Avec ou sans pondération, on a calculé les courbes de transformées de Fourier spatiale, pour les modes lents non dissipatif et

dissipatifs ; dans tous les cas pour une célérité de mode de gain $C = 100$ m/s.

La figure 5 est un diagramme illustrant le cas pour lequel il n'y a pas de pondération. Le deuxième lobe secondaire est à -18 dB à 55 Hz.

5 La courbe C_3 illustre le mode non-dissipatif et la courbe C'_3 le mode dissipatif, qui est un mode tenant compte des conditions réelles. Le choix d'une pondération en cosinus sur-remonté (figure 6) ou loi triangulaire (figure 7) permet d'atteindre -25 dB ou plus à la même fréquence. Il est à noter que cette pondération n'affecte pas la performance acoustique car

10 le capteur reste petit devant la longueur d'onde acoustique. Les courbes correspondantes sont C_4 et C'_4 (figure 6) et C_5 et C'_5 (figure 7). Naturellement, le gain de groupement peut être amélioré par application de pondérations de Tchebychev ou d'autres techniques d'apodisation.

Classiquement, l'obtention de pondérations, telles qu'elles

15 viennent d'être décrites, nécessitent cependant le recours à des circuits électroniques complexes associés aux capteurs.

L'invention tout au contraire propose un procédé de permettant d'obtenir très simplement une pondération selon un gabarit donné.

20 La pondération est obtenue en réalisant un câblage série-parallèle sélectif des capteurs à l'intérieur d'un macrocapteur. Tous les capteurs ont, dans une variante préférée de l'invention, les mêmes caractéristiques de sensibilité (S_h) et d'impédance (Z_h). On réalise donc un macrocapteur composé de v groupes de capteurs câblés en parallèle.

25 A l'intérieur d'un groupe, les capteurs sont câblés en série.

Le procédé va maintenant être détaillé. On sait que pour un groupe composé de n hydrophones en série, le signal délivré vaut la somme vectorielle des signaux délivrés par chacun des transducteurs et que l'impédance vaut la somme des impédances.

30 Pour un groupe i d'hydrophones en série, le signal de sortie obéit à la relation :

$$S^i = \sum_{k=1, n_i} s_k^i \quad (\text{pour } n_i \text{ hydrophones}) \quad (3)$$

relation dans laquelle S_k^i est le signal engendré par le bruit pour un hydrophone k quelconque avec $1 < k < n_i$ l'impédance est donnée par la relation :

$$Z^i = \sum_{k=1, n_i} z_k^i = n_i Z_h \quad (3 \text{ bis})$$

- 5 On montre simplement par récurrence que le signal délivré par un macrocapteur composé de v groupes tels que décrit ci-dessus câblés en parallèle, vaut :

$$S = \frac{1}{\sum_{i=1, v} P^i} \left(\sum_{i=1, v} P^i S^i \right) \quad (4)$$

10
$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_h} \left(\sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i} \right) \quad (5)$$

On note $P^i = \prod_{j \neq i} n_j \quad (6)$

- 15 le poids du groupe i comme étant égal au produit multiple du nombre de capteurs composant les autres groupes.

Selon une variante préférée du procédé selon l'invention, pour une loi de pondération prédéfinie on s'approchera au mieux de cette loi à l'aide d'une méthode graphique que l'on va maintenant décrire.

- 20 La figure 8 illustre le procédé permettant de s'approcher d'une loi de pondération optimale en réalisant un câblage sélectif série-parallèle des capteurs à l'intérieur des macrocapteurs.

On a représenté sur la figure 8, la courbe optimale C_6 de pondération en tension à obtenir en fonction de la position des capteurs.

- 25 On a illustré le procédé par une courbe dite en "cosinus sur-remonté". Il s'agit d'une portion de la fonction cosinus. La pondération obtenue par le câblage série-parallèle va se traduire par une courbe en escalier C'_6 .

Chaque "marche" correspond à un groupe i de n_i capteurs connectés en série.

Il apparaît que chaque aire, délimitée par n_i capteur et par sa hauteur P^i , vaut :

$$5 \quad A^i = n_i P^i \quad (7)$$

$$A^i = n_i \prod_{j \neq 1} n_j = \prod_{i=1, v} n_i \quad (8)$$

terme constant pour toute aire.

Chaque aire a une valeur constante, de poids fort pour peu de capteurs, de poids faible pour beaucoup de capteurs. On peut diminuer la
10 hauteur d'une aire par deux en câblant en série des capteurs positionnés symétriquement de part et d'autre du maximum (ce qui revient à doubler le nombre de capteurs par deux pour ce groupe).

Sur la figure 8, on a indiqué les aires A_1 à A_5 et les poids P_1 à P_5 . Compte tenu de ce qui précède il apparaît qu'il est impossible de
15 suivre strictement une courbe continue. On approche cette courbe par une succession de plateaux hauts et courts (qualificatif se rapportant au poids et nombre de capteurs respectivement) ou plats et longs.

La relation (3) peut également être utilisée pour exprimer le signal délivré par un capteur sous l'effet d'un signal acoustique utile. Dans ce
20 cas, cependant, tous les capteurs délivrent le même signal, proportionnel à la sensibilité S_h que l'on a supposée constante d'un capteur à l'autre. Le macrocapteur est omnidirectionnel. On a choisit sa longueur inférieure à $\lambda/4$, λ étant la longueur d'onde du signal acoustique écouté.

On utilisera dans ce qui suit l'indice "a" pour indiquer qu'il s'agit
25 du signal acoustique.

Il s'ensuit que le signal délivré par un groupement i de n_i capteurs en série obéit à la relation :

$$S_a^i = n_i \cdot S_h \quad (9)$$

30 On peut noter que :

$$\sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i} = \frac{\sum_{i=1, v} p^i}{\prod_{i=1, v} n_i} \quad (10)$$

La relation (4) devient, en utilisant la relation (3)

$$S_a = \frac{\sum_{i=1, v} \left(\prod_{j \neq i} n_j \right) \cdot n_i \text{ Sh}}{\sum_{i=1, v} P^i} = \frac{\sum_{i=1, v} \left(\prod_{j=1, v} n_j \right)}{\sum_{i=1, v} P^i} \cdot \text{Sh} \quad (11)$$

$$5 \text{ d'où : } S_a = \frac{v}{\sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i}} \text{ Sh} \quad (12)$$

$$\text{et } Z = \frac{Z_h}{\sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i}} \quad (13)$$

La suite $\sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i}$ a pour poids principal le terme provenant du groupe

- 10 central , présentant le poids le plus fort (et donc un nombre de capteurs minimum : 1 ou 2 par exemple). La prise en compte des autres groupes modifie peu la valeur de cette suite, autrement dit : Z est sensiblement constant quelque soit le nombre de groupes et dépend simplement du nombre de groupes à faible nombre de capteurs. S_a dépend directement
- 15 du nombre de groupes générant le signal total.

Pour fixer les idées et illustrer plus complètement le procédé de l'invention, on va considérer un macrocapteur tel qu'illustré schématiquement par la figure 9. Il y a sept groupes de capteurs référencés G_3 à G_3 . Les capteur H_4 et H_3 sont en séries ; H_3 et H_4

20 sont en séries ; H_2 à H_2 sont isolés. Le poids de chaque capteur H_2 à H_2 vaut $P^i = \prod_{j \neq i} n_j$, soit $P^0 = 2.1.1.1.1.2 = 4$ (relation (6)).

Le groupe G_3 composé des capteurs H_3 et H_4 , présente le poids :

$$P_3 = 2.1.1.1.1.1 = 2$$

Les capteurs des groupes G_2 et G_3 se trouvent donc pondérés à 0,5 par rapport aux capteurs H_1 à H_4 .

$$\sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i} = 5\left(\frac{1}{1}\right) + 2\left(\frac{1}{2}\right) = 6 \text{ (relation (10))}$$

Le signal acoustique et l'impédance de ce macrocapteur valent respectivement :

$$S_a = \frac{7}{6} S_h \text{ et } Z = \frac{Z_h}{6} \text{ (relations (12) et (13) ou } S_a = 1,167 S_h \text{.)}$$

On peut étendre le macrocapteur ainsi défini, en adjoignant de part et d'autre, d'autres groupes de capteurs.

La figure 10 illustre une telle réalisation. La zone centrale est constituée par le macrocapteur de la figure 9, repéré MC_1 , et on a ajouté un groupe de quatre capteurs, en série de part et d'autre de la zone centrale. L'ensemble forme un nouveau macrocapteur que l'on appellera MC_2 .

Il y a donc neuf groupes : sept pour MC_0 et deux groupes latéraux G_4 et G_4 .

Les poids sont les suivants :

$$P_0 = P_1 = P_2 = 64$$

$$P_3 = 32$$

$$P_4 = 16$$

On réalise une pondération selon la loi "triangle".

La figure 11 illustre la courbe C_7 de pondération obtenue.

Le signal acoustique du macrocapteur MC_2 , tel qu'illustré sur la figure 10, est donc :

$$S_a = \frac{9}{6,5} S_h = 1,385 S_h$$

$$\text{car } \sum_{i=1, v} \frac{1}{n_i} = 5 + 2\left(\frac{1}{2}\right) + 2\left(\frac{1}{4}\right) = 6,5 \text{ (relation (10))}$$

et l'impédance :

$$Z = \frac{Z_h}{6,5}$$

On constate que l'impédance de MC₂ est peu différente de celle que l'on avait calculé par MC₁. On peut donc utiliser les mêmes organes
5 de traitement électronique des signaux, en particulier les mêmes amplificateurs, ce qui est avantageux.

Pour illustrer de façon plus complète l'invention, une antenne linéaire a été réalisée selon le procédé qui vient d'être décrit.

Les hypothèses et contraintes qui ont prévalu étaient les
10 suivantes

(a) Les capteurs sont équidistants le long de l'antenne linéaire.

(b) Les capteurs doivent être utilisables suivant la méthode "bandes d'octaves".

(c) Les bruits à rejeter sont les bruits mécaniques de spectre de
15 fréquences compris entre 10 et 80 Hz et les bruits d'écoulement de spectre de fréquences compris entre 80 et 160 Hz.

Les signaux "utiles", c'est-à-dire les signaux acoustiques à détecter s'étendaient de fréquences élevées : 1280 Hz à des fréquences très basses, dans la gamme précisément couvertes par les fréquences
20 des bruits parasites.

L'antenne comprenait plusieurs tronçons destinés à couvrir les diverses bandes de fréquences : bandes 640 à 1280 Hz, bande 320 à 640 Hz, bande 80 à 160 Hz, bande 40 à 80 Hz et bande 20 à 40 Hz.

On ne s'intéressera, dans ce qui suit, qu'aux très basses
25 fréquences, fréquences communes avec celles des signaux parasites de bruit d'origine mécanique ou d'écoulement. Il est cependant utile d'indiquer que la contrainte (a) précitée impose que les macrocapteurs soient constitués de capteurs individuels au pas 0,52 m.

En ce qui concerne la bande 80 à 160 Hz, quatre capteurs en
30 parallèle peuvent être mis en oeuvre. La longueur du macrocapteur est inférieure au quart de la longueur d'onde à 160 Hz.

En ce qui concerne la bande de 40 à 80 Hz une solution a huit capteurs câblés comme illustré sur la figure 12 peut être mise en oeuvre.

La partie centrale utilise le macrocapteur précédemment décrit pour la bande 80-160 Hz (quatre capteurs en parallèle) et repéré MCA Deux groupes latéraux de deux capteurs, H_A , H_B , H_{-A} et H_{-B} , câblés en série, ont été rajoutés. Le pas intercapteur pour tous ces capteurs est
5 0,52 m.

Par convention, on a représenté une liaison "+" en trait plein et une liaison "-" en pointillé pour différencier l'ordre de câblage des deux bornes de sorties des capteurs. La figure 12 explicite le câblage exact de l'ensemble des capteurs, générant en sortie un signal S_a .

10 Dans la partie basse de la figure 12, un encart indique les différentes pondérations associées aux capteurs.

On appellera cet ensemble macrocapteur MCB.

Le gain obtenu dans cette bande par rapport à une solution selon l'art connu (sans pondération) est de l'ordre de 10 dB sur le bruit
15 mécanique.

Les diagrammes des figures 13 et 14 (gain de groupement G_g en fonction de la fréquence permettent d'effectuer la comparaison entre une antenne de l'art connu (diagramme de la figure 13 : capteurs tous en parallèle) et l'antenne selon l'invention (diagramme de la figure 14).

20 Les courbes C_7 (figure 13) et C_8 (figure 14) illustrent le mode non dissipatif et les courbes C'_7 (figure 13) et C'_8 (figure 14) le mode dissipatif. La célérité est $C = 160$ m/s.

Les câblages possibles pour la bande 20-40 Hz présentent de nombreux degrés de liberté dans la mesure où le nombre de capteurs
25 peut être grand. On a représenté sur la figure 15 un exemple de réalisation possible parmi d'autres.

On utilise le macrocapteur MCB précédemment défini (figure 12) pour traiter la bande 40-80 Hz. On y a adjoint deux groupes latéraux de quatre capteurs, respectivement H_C à H_F et H_{-C} à H_{-F} .

30 Les capteurs H_C et H_D ainsi que les capteurs H_E et H_F sont câblés en série, deux à deux. Il en est de même pour la branche symétrique H_{-C} à H_{-F} .

Le signal de sortie de l'ensemble est S'_a .

La pondération associée à chaque capteur est indiquée, comme précédemment, dans l'encart du bas de la figure 15.

Les figures 16 et 17 permettent de comparer le gain apporté par une antenne selon l'invention (figure 7) par rapport à une antenne de l'art connu (figure 16 : seize capteurs en parallèle). Les courbes C_9 et C_{10} illustrent le mode non dissipatif et les courbes C'_9 et C'_{10} le mode dissipatif. La célérité est $C = 160$ m/s.

On voit que la rejection est très importante à 30 Hz : environ 30 dB soit une amélioration de l'ordre de 10 dB. Cette fréquence correspond à l'harmonique connu sous le nom d'"harmonique de Strouhal", qui correspond à une fréquence due au câble de remorquage.

Sur ces exemples, non limitatifs, on voit clairement que le procédé de l'invention permet de réaliser simplement la pondération d'un macrocapteur par câblage série-parallèle. Il présente de plus l'avantage de minimiser les variations de l'impédance du macrocapteur tout en augmentant sa sensibilité acoustique.

Bruit	Nature	Gain potentiel en [S/B]
électrique et thermique	- incohérent - homogène	$10 \log N$ N : nombre de capteurs
de mer	- cohérent - homogène - isotrope	Index de directivité $\simeq 10 \log N$
rayonné du porteur	- cohérent - homogène - directif	directivité de l'antenne
mécanique	- cohérent - non homogène	filtrage du spectre spatial temporel de corrélation
écoulement	- peu cohérent - homogène	" "

Tableau 1

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'une antenne linéaire remorquée constituée de capteurs distribués, ladite antenne comprenant au moins un assemblage de groupes de capteurs (MCB) au sein duquel on effectue
 5 une pondération selon une loi déterminée, chaque groupe comprenant, au moins un capteur ; caractérisé en ce qu'on effectue ladite pondération par câblage sélectif en série (H_B-H_A et H_A-H_B) de capteurs dudit assemblage, les autres capteurs (MCB) étant câblés en parallèle de manière à obtenir une courbe de pondération (C'_G) approchant ladite loi
 10 de pondération déterminée (C_G).

2. Procédé selon la revendication 1 ; caractérisé en ce que le pas intercapteur est constant.

3. Procédé selon la revendication 2 ; caractérisé en ce que le poids P_i d'un groupe i de capteurs est égal au produit multiple du nombre de
 15 capteurs composant les autres groupes.

4. Procédé selon la revendication 3 ; caractérisé en ce que la courbe de pondération (C'_G) d'un assemblage de capteurs est obtenue par construction graphique autour de la courbe de ladite loi de pondération déterminée (C_G) ; en ce que la courbe de pondération
 20 obtenue par ledit câblage sélectif est une courbe en marches d'escalier, chaque marche d'escalier ayant une hauteur égale à l'un des poids P_i associés aux groupes et une largeur égale au nombre n_j de capteurs composant ce groupe ; et en ce que les aires définies par le produit du nombre n_j de capteurs d'un groupe par son poids P_i est constant et obéit
 25 à la relation $\prod_{i=1, v} n_i$, relation dans laquelle v est le nombre total de groupes de capteurs en série, ces groupes étant câblés en parallèle pour former ledit assemblage.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 ; caractérisé en ce que ladite pondération permet d'atténuer des signaux
 30 parasites de bruit se propageant à l'intérieur de la structure de l'antenne dans une gamme de fréquence déterminée.

6. Procédé selon la revendication 5 ; caractérisé en ce que ladite gamme comprend les signaux correspondant à des bruits d'origine mécanique dont les fréquences sont comprises entre 10 et 160 Hz.

7. Antenne linéaire remorquée ; caractérisée en ce qu'elle est réalisée selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 6.

8. Antenne selon la revendication 7 ; caractérisée en ce que lesdits capteurs sont des hydrophones convertissant des variations de pression acoustique en signaux électriques, ces hydrophones ayant tous des caractéristiques identiques en sensibilité S_h ; et en ce que le signal électrique S_a fourni par un assemblage (MCB) de groupements de capteurs obéit à la relation :

$$10 \quad S_a = \frac{v}{\sum_{i=1, v}^n \frac{1}{n_i}} S_h$$

relation dans laquelle v est le nombre total de groupes d'un assemblage et n_i le nombre de capteurs d'un groupe i dudit assemblage.

9. Antenne selon la revendication 7 ; caractérisée en ce que lesdits capteurs sont des hydrophones convertissant des variations de pression acoustique en signaux électriques, ces hydrophones ayant tous des caractéristiques identiques en impédance Z_h ; et en ce que l'impédance Z d'un assemblage (MCB) de groupements de capteurs obéit à la relation :

$$20 \quad Z = \frac{Z_h}{\sum_{i=1, v}^n \frac{1}{n_i}}$$

relation dans laquelle v est le nombre total de capteurs d'un assemblage et n_i le nombre de capteurs d'un groupe i dudit assemblage.

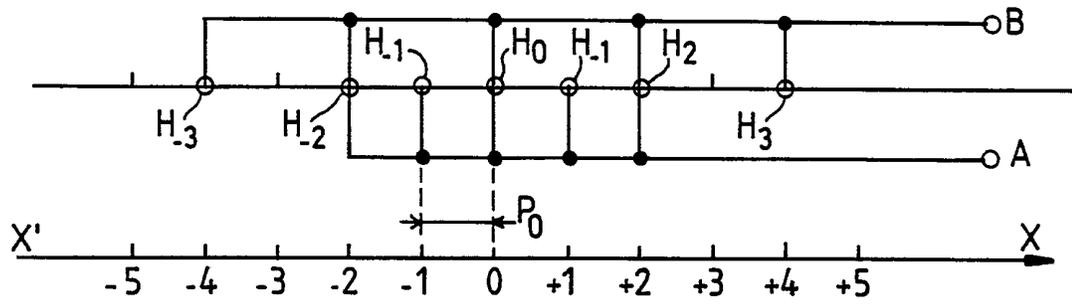


FIG. 1

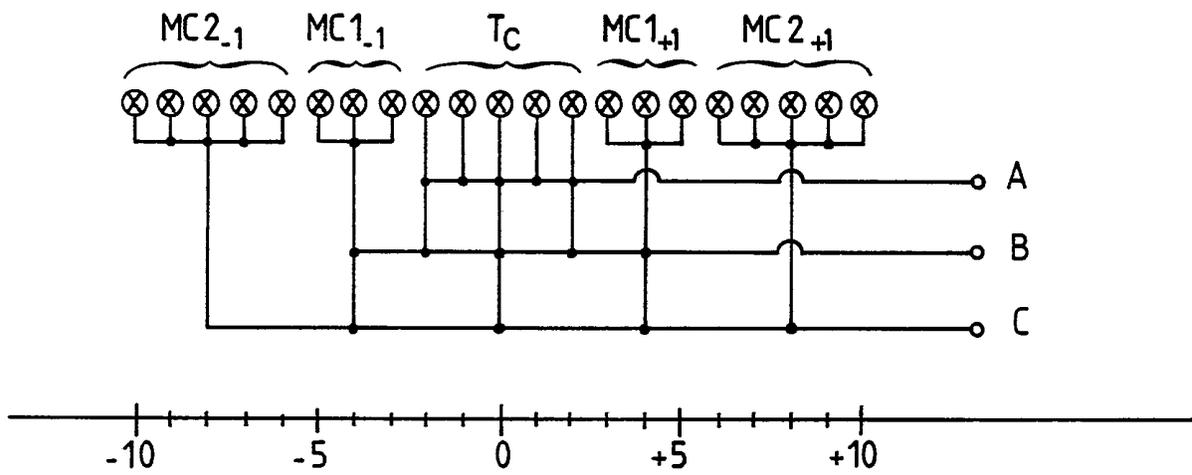


FIG. 2

217

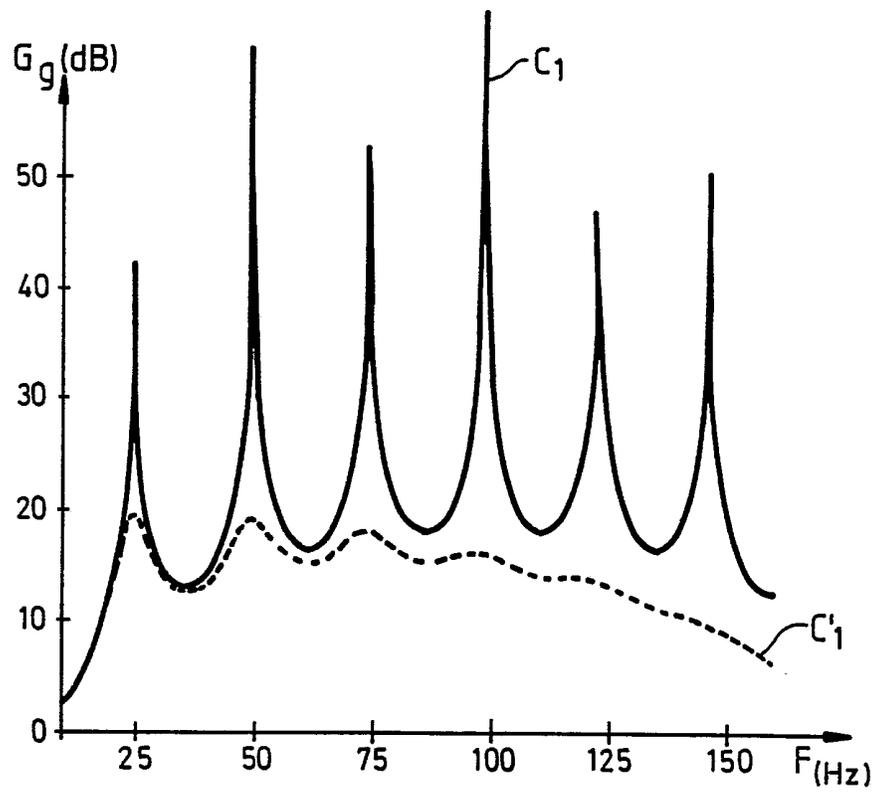


FIG. 3

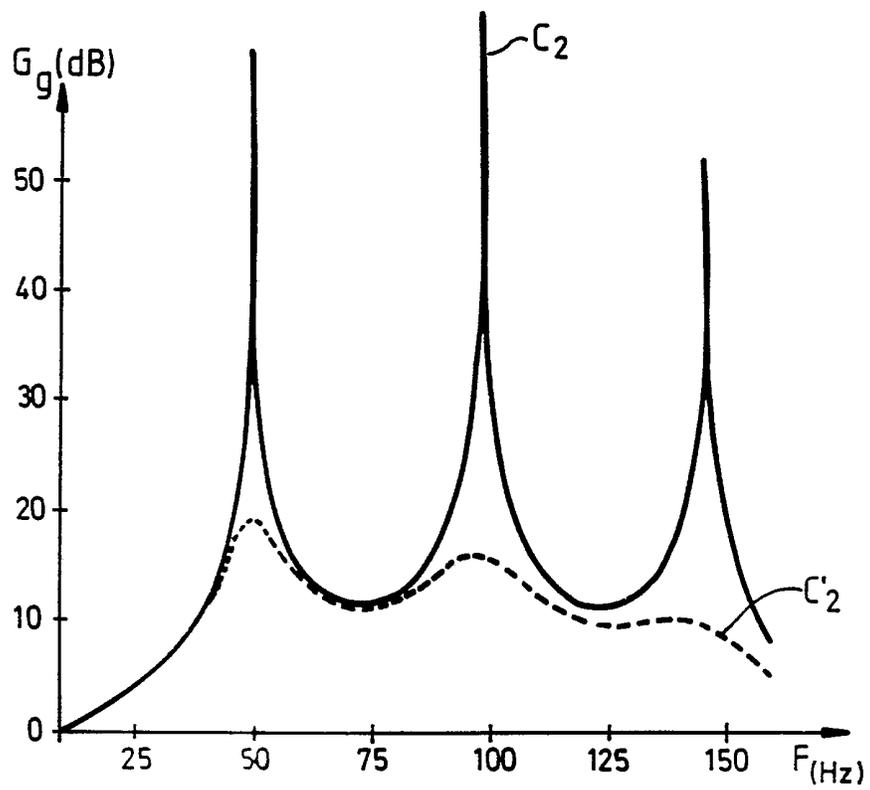


FIG. 4

FIG. 5

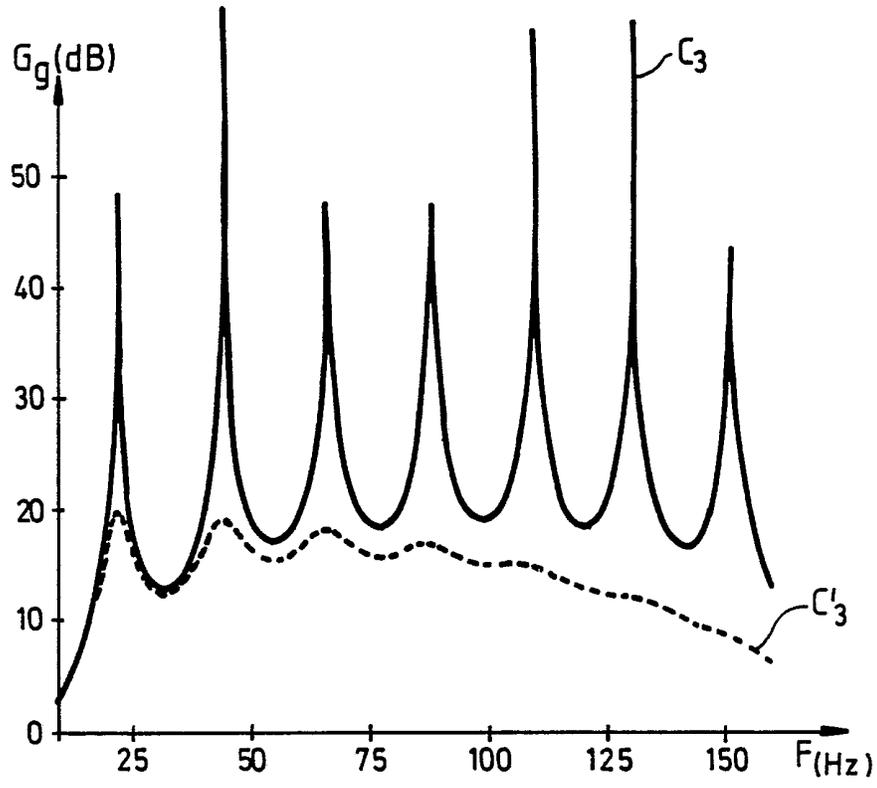
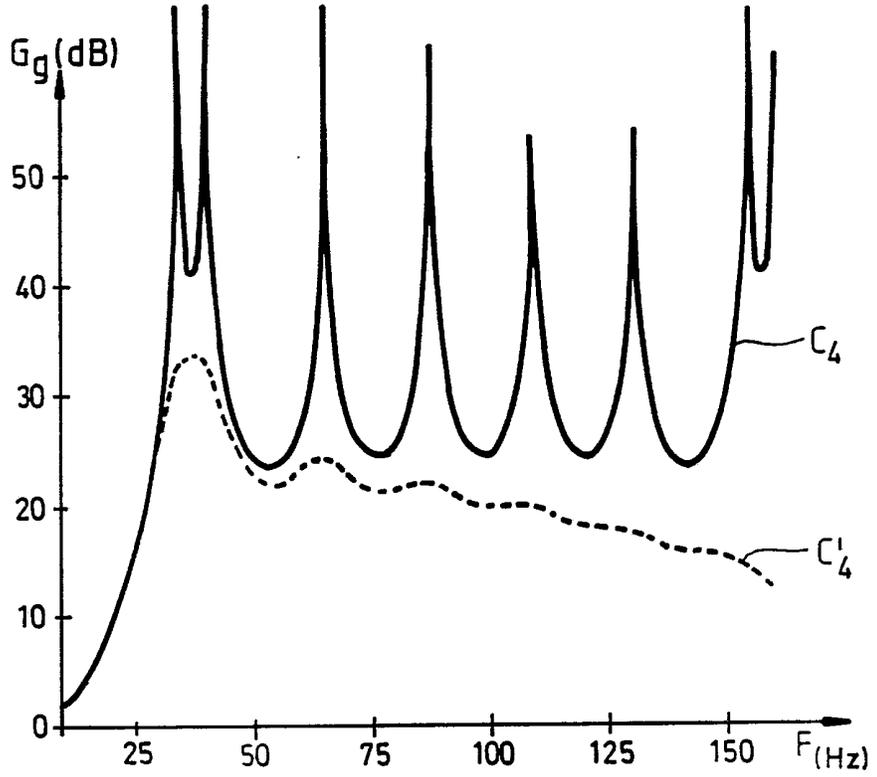


FIG. 6



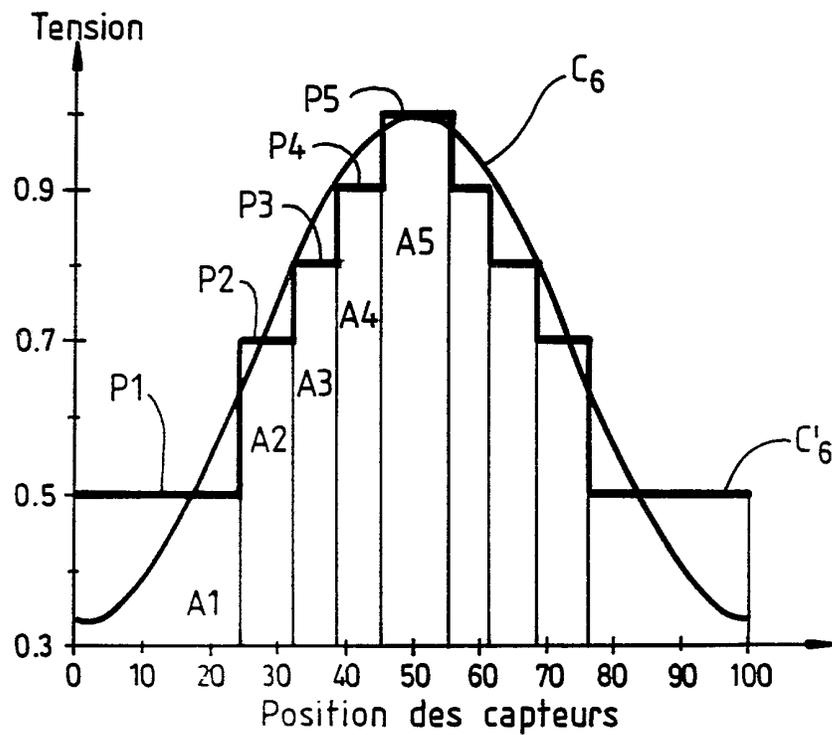
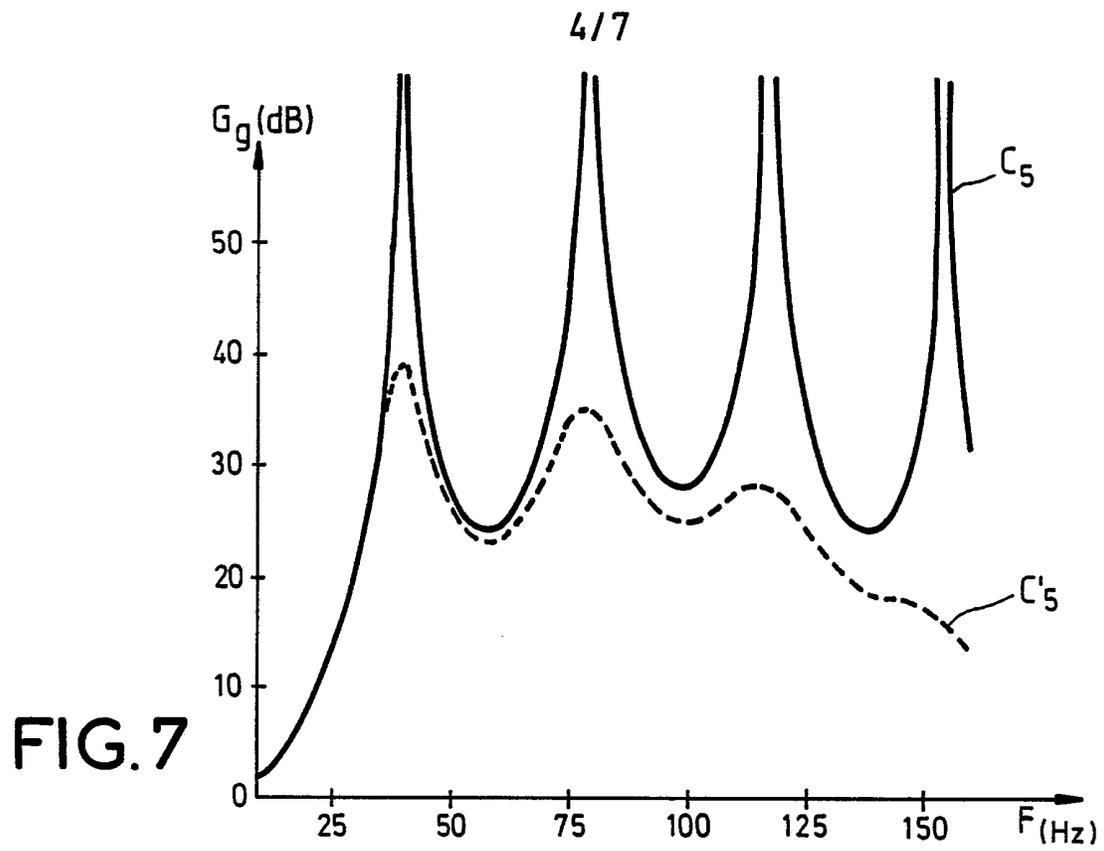


FIG. 8

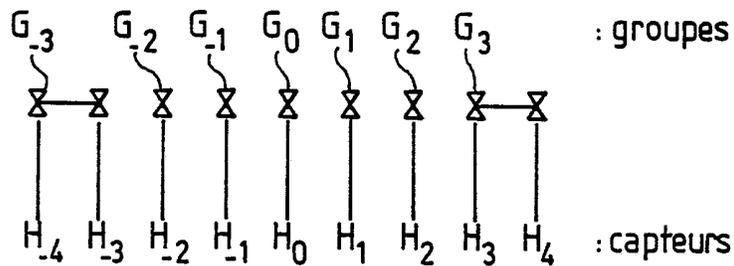


FIG. 9

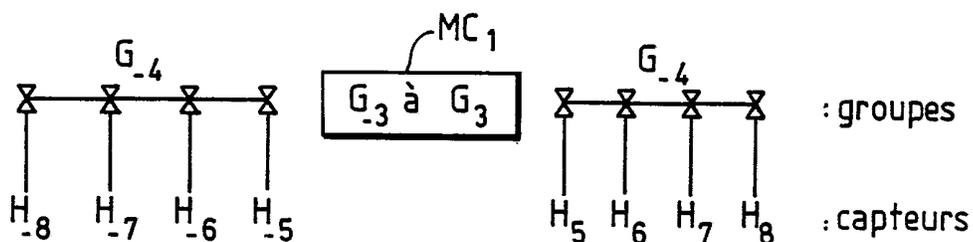


FIG. 10

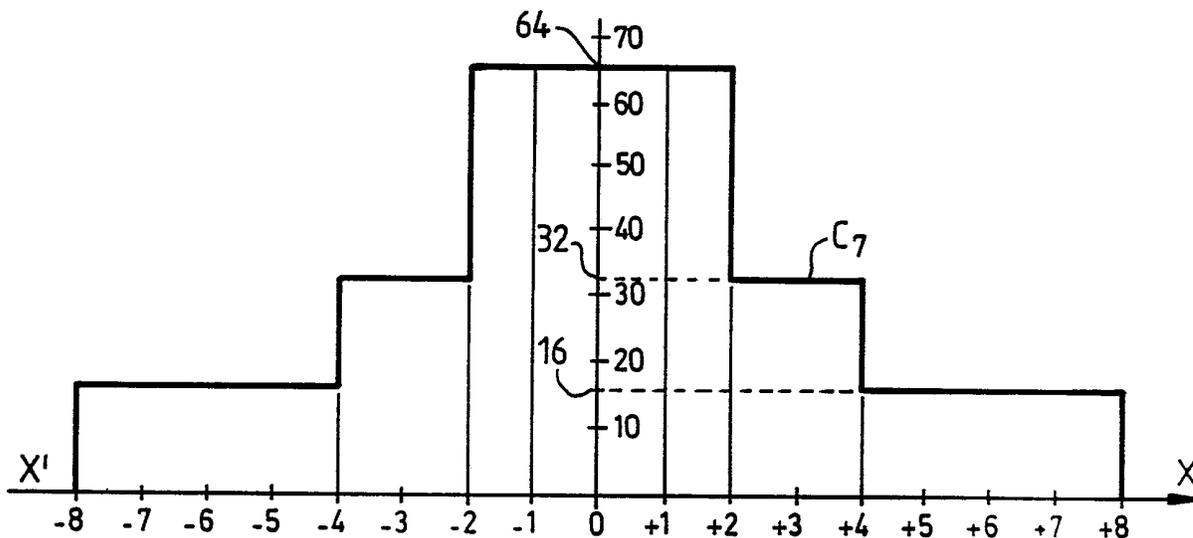


FIG. 11

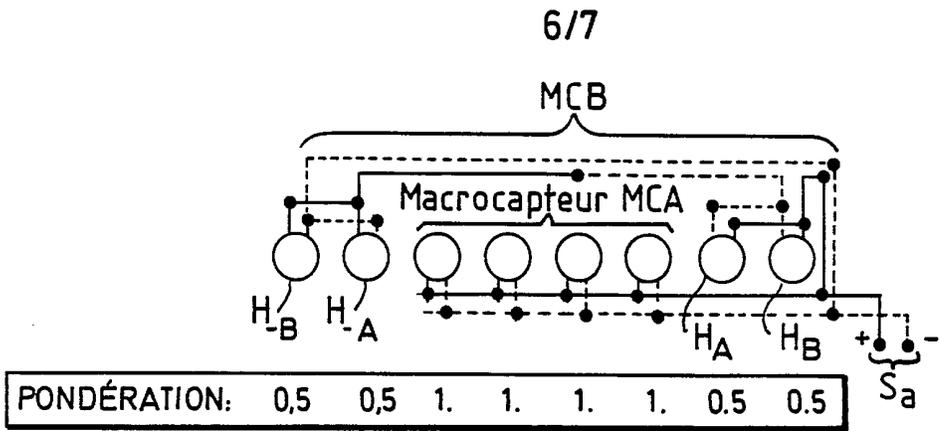
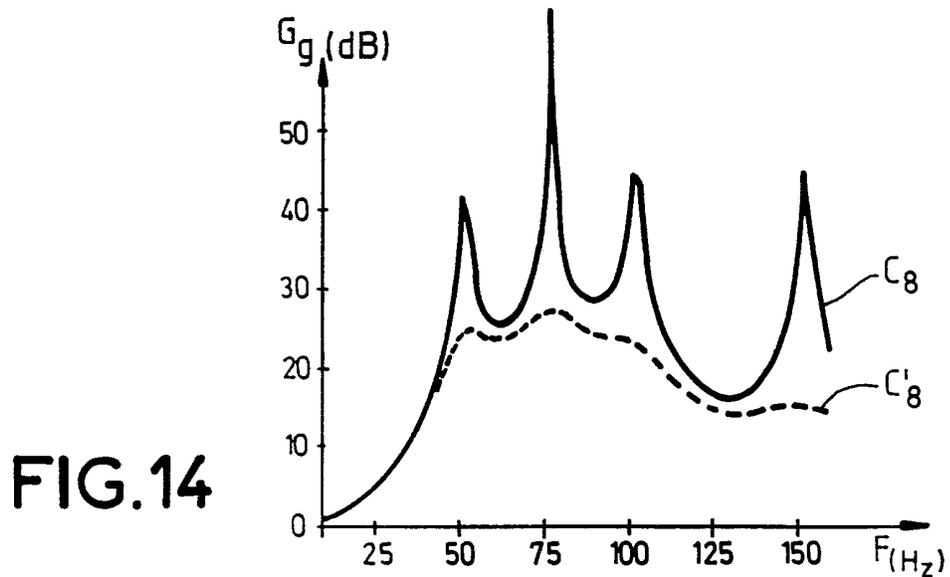
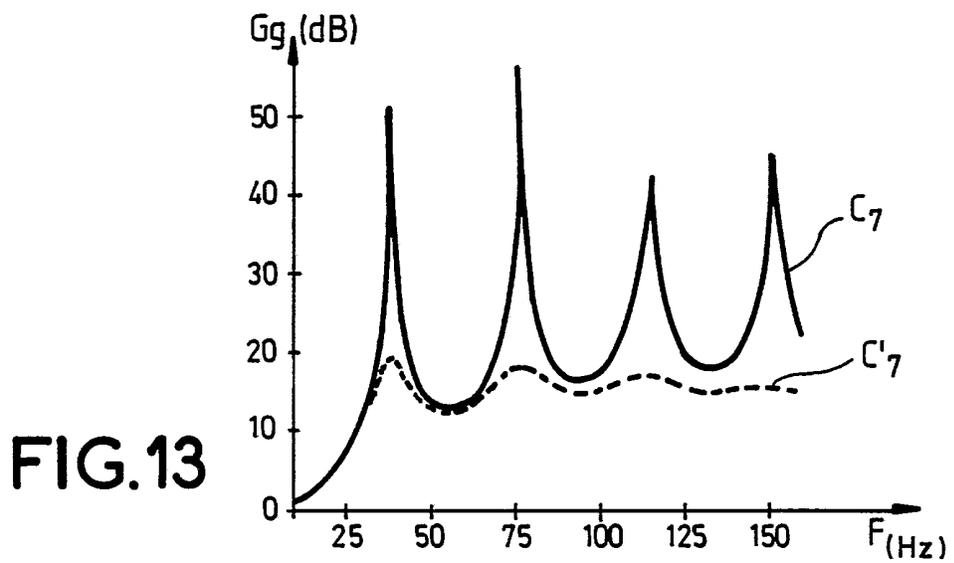


FIG. 12



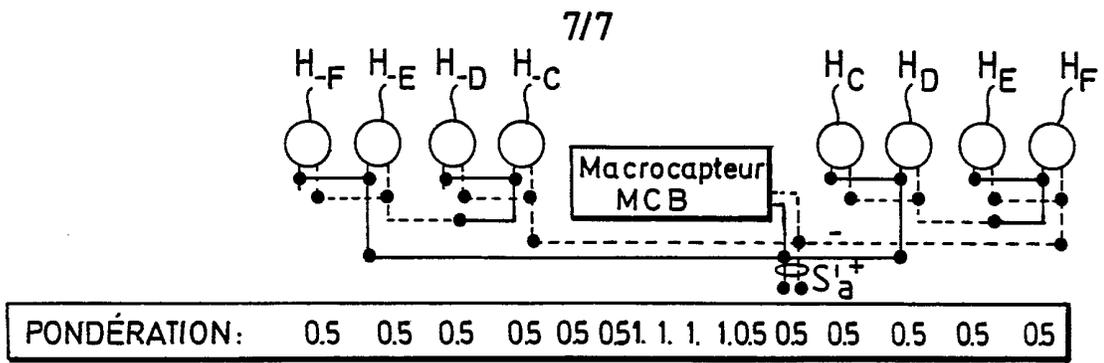


FIG.15

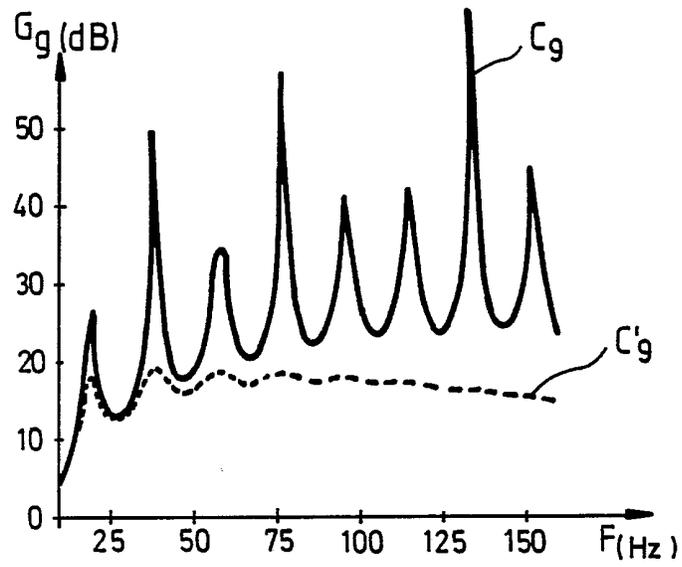


FIG.16

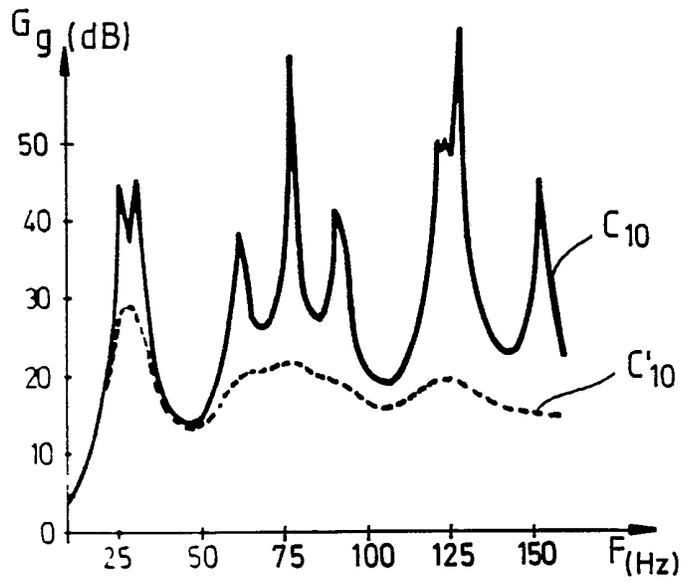


FIG.17

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9204548
FA 476459

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US-A-4 291 396 (G.E. MARTIN) * colonne 1, ligne 18 - ligne 28 * * colonne 1, ligne 38 - colonne 2, ligne 19 * ---	1-9
Y	US-A-3 852 708 (R.D. DOOLITTLE ET AL.) * abrégé * * colonne 1, ligne 31 - ligne 62 * ---	1-9
A	US-A-4 091 358 (J.F. BAYHI) * colonne 1, ligne 41 - ligne 56 * ---	1-9
A	US-A-4 160 233 (W.H. MAYNE ET AL.) ---	
A	US-A-2 747 172 (J.F. BAYHI) ---	
A	US-A-2 906 363 (C.S. CLAY) -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G01V G10K
Date d'achèvement de la recherche 12 FEVRIER 1993		Examineur SWARTJES H.M.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)