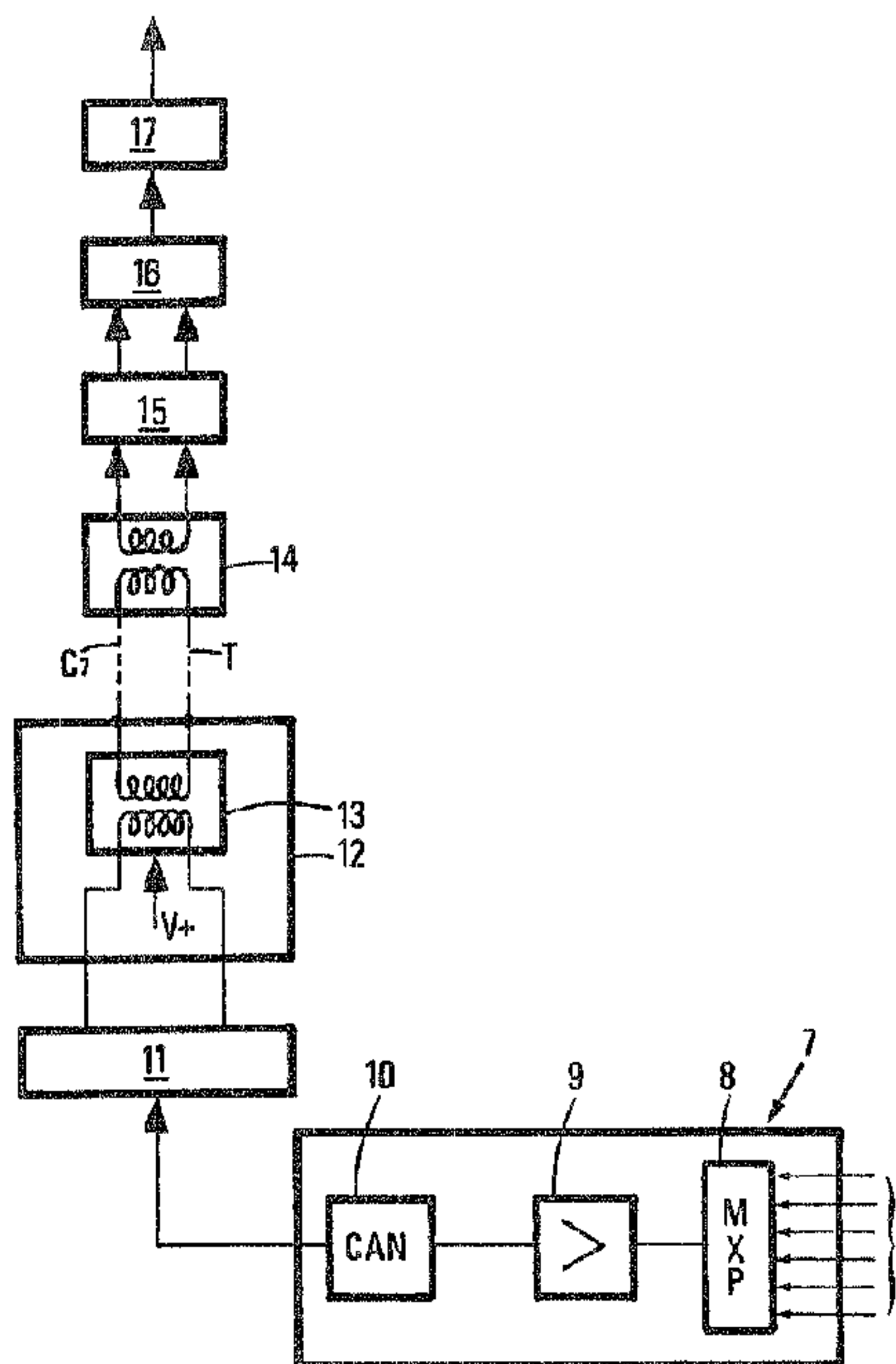




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1992/04/29
 (41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1992/10/30
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2002/04/02
 (30) Priorité/Priority: 1991/04/29 (91/05375) FR

(51) Cl.Int.⁵/Int.Cl.⁵ H04L 1/04
 (72) Inventeurs/Inventors:
 Saussier, Daniel, FR;
 Cretin, Jacques, FR;
 Beauducel, Claude, FR
 (73) Propriétaire/Owner:
 INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, FR
 (74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF POUR OPTIMISER LES DEBITS DE TRANSMISSION DES SIGNAUX SUR DES CABLES DE Puits MULTI-FONCTIONS
 (54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR OPTIMIZING TRANSMISSION FLOW OF SIGNALS ON MULTIFUNCTION WELL CABLES



(57) **Abrégé/Abstract:**

Le procédé s'applique pour optimiser les débits de transmission des signaux numérisés sur des lignes de transmission dans des câbles multi-fonctions tels que des câbles de logging reliant des outils de puits à des installations de surface. Il comporte la numérisation des données à transmettre et leur codage par des tensions électriques choisies parmi un ensemble de tensions de codage multi-niveaux, l'élargissement vers les hautes fréquences de la bande passante de chaque ligne de transmission utilisée par combinaison avec des circuits de correction choisis pour que la fonction de transfert de la ligne corrigée soit sensiblement celle d'un filtre du type Bessel, au moins dans un certain intervalle de fréquence de part et d'autre d'une fréquence de coupure f_c à 3 dB qui dépend du nombre de tensions de codage et des paramètres d'amplification. Par l'emploi du procédé, on peut dépasser très facilement un débit total de plus de 1 Mbits/s sans augmenter le taux d'erreur de transmission. Application à la transmission de données captées par des outils de puits par exemple.

PRECIS DE LA DIVULGATION :

Le procédé s'applique pour optimiser les débits de transmission des signaux numérisés sur des lignes de transmission dans des câbles multi-fonctions tels que des câbles de logging reliant des outils de puits à des installations de surface. Il comporte la numérisation des données à transmettre et leur codage par des tensions électriques choisies parmi un ensemble de tensions de codage multi-niveaux, l'élargissement vers les hautes fréquences de la bande passante de chaque ligne de transmission utilisée par combinaison avec des circuits de correction choisis pour que la fonction de transfert de la ligne corrigée soit sensiblement celle d'un filtre du type Bessel, au moins dans un certain intervalle de fréquence de part et d'autre d'une fréquence de coupure f_c à 3 dB qui dépend du nombre de tensions de codage et des paramètres d'amplification. Par l'emploi du procédé, on peut dépasser très facilement un débit total de plus de 1 Mbits/s sans augmenter le taux d'erreur de transmission.

Application à la transmission de données captées par des outils de puits par exemple.

- 1 -

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour optimiser le débit d'informations transitant par un câble multi-fonctions tel par exemple que ceux qui relient un outil de puits à une installation de surface.

5 Lorsque l'on désire effectuer des mesures et/ou interventions dans des puits, on utilise généralement des outils que l'on descend au bout d'un câble multi-fonctions tel qu'un câble dit de logging qui est capable de supporter des efforts de traction et comporte plusieurs lignes permettant la transmission d'énergie
10 électrique vers les outils de fond et des échanges de signaux de commande et de mesure entre lui et une installation de surface.

Les outils de fond sont constitués par exemple d'une ou plusieurs sondes qui peuvent être bloquées dans le puits par ouverture de bras d'ancrage sous l'action de vérins hydrauliques. L'énergie
15 hydraulique est fournie par un générateur hydraulique de fond alimenté électriquement depuis une source en surface par des lignes d'alimentation incluses dans le câble. Par ces lignes également, on relie la source électrique en surface à des moteurs électriques ou des moyens électromagnétiques disposés dans les outils. D'autres lignes du
20 câble servent à la transmission vers les outils de signaux de commande et en retour, à la transmission de signaux de mesure à un dispositif d'enregistrement en surface.

Différentes sondes de puits sont décrites dans les brevets US 4,428,422, 4,616,703, 4,862,425, 4,901,289.

25 Il existe de nombreuses applications où le nombre de capteurs de mesure contenus dans un équipement de puits est important. C'est le cas notamment dans le domaine de la prospection sismique de

puits où l'on emploie un ensemble de capteurs tels que des géophones qui peuvent être répartis dans une sonde principale et éventuellement dans une ou plusieurs sondes satellites à des niveaux de profondeur différents. Les signaux captés doivent être transmis à un appareil
5 d'enregistrement en surface. Le nombre de capteurs et la fréquence des signaux reçus justifient généralement leur transmission sous forme numérisée et codée avec un débit de transmission important.

En général, la bande passante des lignes de transmission incluses dans le câble, est relativement faible. Quand le débit de
10 données à transmettre devient suffisamment grand, les performances limitées des lignes constituent un frein ce qui oblige à prévoir des mémoires-tampons importantes dans les systèmes électroniques des outils.

Le câble multi-fonctions le plus couramment employé pour
15 les application pétrolières par exemple, comporte une ligne centrale, une pluralité de lignes disposées en couronne et une gaine métallique extérieure.

Par le brevet FR 2 613 159, on connaît un procédé pour améliorer le débit de données pouvant transister par un tel câble, ce
20 procédé comportant essentiellement la transmission entre la ligne centrale et la gaine extérieure, de données codées suivant un code bipolaire tel que le code HDB3 bien connu des spécialistes. Avec un tel agencement, on arrive à atteindre facilement des débits de plus de 100 kilobits/seconde (kb/s) sur des distances de plusieurs kilomètres,
25 voire même de plus de 200 kb/s en optimisant les facteurs de transmission.

L'évolution actuelle des équipements de mesure dans les puits rend de plus en plus nécessaire d'augmenter encore les débits de transmission pour faire face à l'accroissement du flot des données à
30 transmettre vers les installations de surface.

Une solution classique employée dans le domaine des télécommunications consisterait à employer des câbles avec une bande passante plus large. Ce n'est pas possible pour les transmissions dans

les puits où on doit utiliser le câble standard généralement disponible sur les sites.

Le procédé selon l'invention permet de s'affranchir des limitations imposées par les câbles multi-fonctions existants (câbles de logging) et d'optimiser les débits de transmission des signaux sur des lignes de transmission incluses dans lesdits câbles pour obtenir les débits élevés nécessaires à la transmission des volumes de données recueillis par les capteurs dans les équipements de puits les plus récents, sans modification du taux d'erreur de transmission admissible.

Il est caractérisé en ce qu'il comporte :

- le codage des données numérisées à transmettre par des tensions électriques choisies parmi un ensemble de tensions de codage comportant au moins deux tensions de niveaux constants bien définis et
- l'élargissement vers les hautes fréquences de la bande passante de chaque ligne de transmission utilisée par combinaison avec des circuits de correction choisis pour que la fonction de transfert de la ligne corrigée soit sensiblement celle d'un filtre de référence tel qu'un filtre de type Bessel, dans un intervalle de fréquence de part et d'autre de la fréquence de coupure à trois décibels (f_c) de la ligne corrigée, la fréquence de la borne supérieure dudit intervalle étant proportionnelle à cette fréquence de coupure, le coefficient de proportionnalité (k_1) étant supérieur à 2 et ladite fréquence de coupure f_c de la ligne corrigée étant choisie en fonction du nombre de tensions de codage dudit ensemble et du taux d'erreur admissible.

On choisit par exemple des circuits de correction tels que la fonction de transfert de chaque ligne corrigée, corresponde sensiblement à celle d'un filtre de Bessel au moins dans un intervalle de fréquence ($k_2 f_c$ et $k_1 f_c$) où f_c est ladite fréquence de coupure f_c , et k_1 est un facteur multiplicatif au moins égal à 2,5 et k_2 est un facteur multiplicatif de l'ordre de 0,2.

Suivant un mode de réalisation, on sélectionne des circuits de transmission adaptés à appliquer aux signaux dans ledit intervalle

de fréquence un gain au plus égal à une valeur limite diminuant
corrélativement avec une augmentation du nombre choisi de tensions de
codage, pour un taux d'erreurs fixé et dépendant du niveau de bruit
ramené par lesdits circuits de correction associés à chaque ligne de
5 transmission, et l'on sélectionne ladite fréquence de coupure (f_c)
dont dépend la fréquence de transmission maximale, pour que le
relèvement d'amplitude à appliquer aux signaux transmis sur chaque
ligne de transmission, soit au plus égal à ladite valeur limite (G).

Suivant un exemple de réalisation préféré, on augmente le
10 débit de transmission en codant les signaux à transmettre au moyen
d'un ensemble de tensions de codage comportant au moins huit tensions
de codage.

On peut augmenter encore plus le débit de transmission en
choisissant avantageusement un ensemble de tensions de codage
15 comportant seize tensions de codage.

Par ce codage à tensions multiples, cette adjonction de
circuits de filtrage particuliers et cet élargissement contrôlé de la
bande passante, on peut arriver à augmenter d'un facteur 3 ou 4 le
débit possible de transmission des câbles multi-fonctions les plus
20 courants, et ceci sans augmentation du taux d'erreur de transmission.

Le dispositif de mise en oeuvre du procédé est caractérisé
en ce qu'il comporte par exemple un ensemble de codage adapté à coder
des signaux numérisés à transmettre avec un nombre choisi de tensions
de codage et à les appliquer sur une ligne de transmission, et des
25 circuits de filtrage adaptés pour que la ligne combinée avec lesdits
circuits de filtrage, ait une fonction de transfert de préférence
semblable à celle d'un filtre de Bessel de fréquence de coupure f_c
choisie en fonction du nombre de tensions de codage utilisé, de la
fonction de transfert de la ligne de transmission seule et des
30 caractéristiques de bruit desdits circuits de filtrage, dans un
intervalle de fréquence s'étendant de part et d'autre de ladite
fréquence de coupure f_c .

D'autres caractéristiques et avantages du procédé et du
dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la
35 description ci-après de modes de réalisation décrits à titre

d'exemples non limitatifs, en se référant aux dessins annexés où :

- la Fig.1 montre une sonde descendue dans un puits, suspendue à un câble électro-porteur du type câble de logging par exemple;
- 5 - la Fig.2 montre schématiquement en coupe la disposition des conducteurs courant le long d'un un câble électro-porteur d'un type courant;
- les Fig.3 à 6 montrent schématiquement différents modes de combinaisons des conducteurs d'un câble permettant de constituer une ou plusieurs lignes de transmission;
- 10 - la Fig.7 montre la variation avec la fréquence, de la fonction de transfert d'une ligne de transmission incluse dans un câble multi-fonctions tel qu'un câble de logging d'un type courant d'une longueur de plusieurs kilomètres;
- 15 - les Fig.8 et 9 montrent deux dispositions relatives de la fonction de transfert d'une ligne de transmission par rapport à celle du filtre de Bessel équivalent à la même ligne corrigée, respectivement dans le cas d'un codage à deux tensions ou bipolaire et dans le cas d'un codage à 8 tensions, les dispositions relatives étant, dans les deux cas, choisies pour obtenir un débit maximal sans augmenter le
- 20 - la Fig.10 montre un exemple de courbe de réponse d'un circuit correcteur associé à une ligne de transmission du câble multi-fonctions, mettant en évidence le gain et la bande de bruit centrée sur le gain maximal et large de quelques 200 kHz.
- 25 - la Fig.11 montre un ensemble de tensions de codage à deux tensions de codage symétriques;
- la Fig.12 montre un ensemble de tensions de codage à huit tensions positives ou négatives; et
- 30 - la Fig.13 montre schématiquement un exemple de système de transmission pour appliquer des signaux codés suivant un code multi-niveaux entre deux conducteurs d'un câble électro-porteur;

Le procédé selon l'invention permet la transmission de signaux échangés entre un système de commande et d'enregistrement CE et un ensemble de réception de signaux contenu dans au moins une sonde

1 (Fig. 1) qui est par exemple du type décrit dans les brevets français précités. Cette sonde est suspendue par un câble électro-porteur 2 à une structure de support 3 disposée en surface et s'enroule sur le touret de stockage 4 d'un camion laboratoire 5. Le câble 2 utilisé est celui qui sert généralement pour descendre les sondes de puits. Il comporte par exemple (Fig. 2) sept conducteurs C_1 et C_7 . Les six conducteurs C_1 à C_6 sont disposés régulièrement dans la section du câble à une même distance du centre où passe un conducteur central C_7 . A la périphérie, le câble comporte une gaine métallique T constituée généralement d'une tresse. Les sept conducteurs C_1 à C_7 du câble 1 enroulé sur le touret de stockage 4 (Fig. 1), sont connectées par un câble de transmission 6 au système de commande et d'enregistrement CE disposé dans le camion laboratoire 5.

Les données à transmettre sont appliquées à une ligne de transmission L obtenue en combinant des conducteurs du câble. Suivant le mode de combinaison de la Fig.3, cette ligne est obtenue en interconnectant C_2 et C_5 d'une part et C_3 et C_6 d'autre part. On peut aussi appliquer les signaux entre le conducteur central C_7 et la tresse T ou bien encore entre deux conducteurs tels que C_1 et C_4 par exemple (Fig.6).

La ligne peut encore être constituée (Fig.5) par des interconnexions triangulaires des conducteurs, C_1 , C_3 et C_5 d'une part et C_2 , C_4 et C_6 d'autre part.

Une telle sonde éventuellement complétée par une ou plusieurs sondes satellites en chapelet, est descendue dans des puits souvent à des profondeurs de plusieurs kilomètres (entre 3 et 7 km voire plus).

La fonction de transfert représentée à titre d'exemple sur la Fig.7, est celle d'un câble de logging de plusieurs Km d'un type courant. Elle présente une atténuation proche de 30 dB vers 100 KHz et supérieure à 50 dB vers 200 KHz. Il en résulte que le débit de transmission sur une distance de plusieurs kilomètres ne peut dépasser quelques centaines de Kilobits/sec (généralement 100 à 200 Kb/s) quand on utilise un mode de codage bipolaire tel que le code HDB3 bien connu

des spécialistes. Suivant ce mode de codage, on utilise deux tensions d'amplitude symétriques, l'une positive de +V Volt, l'autre négative de -V Volt (Fig.10).

L'optimisation permise par le procédé selon l'invention, 5
comporte tout d'abord l'adoption d'un mode de codage multi-niveaux. On choisit par exemple un ensemble de 2, 4, 8, 16 ou 32 tensions de codage symétriques deux à deux de part et d'autre de la tension 0 Volt. Le mode de codage à 2 niveaux est un mode bi-polaire tel que le code HDB3 mentionné précédemment. Pour un codage à 8 niveaux, on 10
subdivise en quatre chacune des tensions symétriques +V et -V disponibles dans l'appareil de codage. Les tensions de codage ont de ce fait pour amplitudes respectivement $V1=+V$, $V2=0,75V$, $V3=+0,5V$, $V4=+0,25V$, $V5=-0,25V$, $V6=-0,5V$, $V7=-0,75V$ et $V8=-V$. Avec cet ensemble de codage à 8 niveaux (Fig.11), il est connu que l'on peut transmettre 15
jusqu'à 3 bits simultanément et donc accroître le débit de transmission possible sans augmenter la bande passante.

A ces tensions de codage, se superposent des tensions de bruit v_b provenant des circuits de correction (Fig. 10 à 12) d'autant plus élevées que la bande passante des circuits est plus large et leur 20
gain plus élevé. L'effet de masque de ces bruits parasites est plus sensible sur les tensions de codage les plus faibles i.e $V5$ et $V6$ (Fig.12) et donc, pour un même taux d'erreurs admissible, le passage d'un codage bipolaire (Fig.6) à un codage à huit tensions (Fig.7), oblige à diminuer la fréquence de coupure du système corrigé.

Si $a_1 = S/B$ est le rapport du signal au bruit en code 25
bipolaire il est nécessaire, pour un codage à 4 tensions, de se fixer un rapport admissible plus élevé $a_2 = a_1 + c$, c étant un écart que l'on fixe à 6 dB si l'on veut garder le même pouvoir séparateur entre les niveaux. Pour un codage à 8 et 16 tensions, on se fixe 30
respectivement une valeur $a_3 = a_1 + 2c$ et $a_4 = a_1 + 3c$.

Le procédé selon l'invention comporte l'adjonction à chaque 35
ligne de transmission d'un réseau de correction particulier qui élargit la bande passante de chaque ligne tout en évitant les risques de sur-oscillation des signaux qui génère généralement des erreurs au décodage.

On a trouvé que le réseau de correction permettant l'optimisation des lignes, doit être choisi pour que la ligne corrigée ait de préférence une fonction de transfert équivalente à celle d'un filtre de Bessel au moins dans un certain intervalle de fréquence
5 $(k_2 f_c, k_1 f_c)$ autour de la fréquence de coupure f_c à trois décibels du filtre de Bessel équivalent à la ligne corrigée k_1 et k_2 étant des coefficients multiplicatifs. Le coefficient k_2 est de l'ordre de 0,2 par exemple. Le coefficient k_1 est choisi au moins égal à 2 et de préférence au moins égal à 2,5.

10 Le procédé comporte aussi la sélection de cette fréquence de coupure f_c en fonction des paramètres de la transmission. L'amplitude de bruit b_s admissible à la sortie du réseau correcteur étant fixée en fonction du nombre choisi de tensions de codage, et l'amplitude de bruit ramenée à l'entrée par ce même réseau, vont
15 permettre de déterminer le gain maximal qu'il doit appliquer aux signaux transmis dans la bande de fréquence $(k_2 f_c, k_1 f_c)$ et donc la fréquence de coupure f_c maximale qu'il est possible d'obtenir avec les lignes de transmission employées.

20 La tension de bruit ramenée à l'entrée d'un réseau correcteur s'exprime généralement en $nV \sqrt{BF}$, où BF est la largeur de la bande de fréquence à amplifier. La bande de fréquence maximale BF étant fixée, on en déduit donc le bruit total ramené b_e . Le gain maximal G que l'on doit donner au réseau de correction s'obtient donc par le rapport b_s/b_e .

25 Le gain G étant imposé, on peut donc sélectionner la fréquence de coupure f_c du filtre de Bessel équivalent pour que, quelle que soit la fréquence comprise dans l'intervalle $(k_2 f_c, k_1 f_c)$ le relèvement d'amplitude à appliquer aux signaux soit au plus égal à G (Fig.8, 9). La fréquence de transmission maximale F_m possible est
30 proportionnelle à la fréquence f_c obtenue : $F_m = k.f_c$ avec un coefficient k de l'ordre de 2,2 par exemple. On en déduit le débit D_m par la relation $D_m = F_m \log_2 n$ où N est le nombre de niveaux de codage.

L'examen ci-après d'un exemple particulier de réalisation, va permettre de chiffrer les résultats obtenus dans la pratique avec

le procédé selon l'invention. On utilise un câble de transmission où les lignes ont une fonction de transfert FTC telle que celle représentée aux Fig. 3 à 5. Le rapport S/bs du signal au bruit est fixé par exemple à 40 dB pour un code bipolaire à deux tensions, à 52 dB, 58dB et 64 dB respectivement pour un codage à 8, 16 et 32 tensions, le bruit be ramené à l'entrée des circuits de correction de ligne utilisés est par exemple de $5(nV) \sqrt{BF(Hz)}$, la bande de fréquence à amplifier est de l'ordre de 250 KHz et l'amplitude du signal S est fixée à 1 V par exemple.

10 Avec les valeurs numériques ci-dessus, on calcule l'amplitude be qui est égale à 2,5 micro-Volt, les amplitudes bs maximales compte-tenu des valeurs des rapports S/bs imposés et l'on en déduit que les gains G à appliquer sont de 72 dB (Fig.8), 60 dB, 54 dB (Fig.5) et 48dB respectivement dans le cas de codages bipolaire, d'un
15 codage à 8, 16 et 32 tensions de codage. Les écarts G entre la fonction de transfert de la ligne de transmission seule FTL et celle du filtre de Bessel équivalent FTB ayant été ainsi déterminés, on translate celle-ci par rapport à l'autre jusqu'à obtenir entre elles l'écart G à la fréquence $f_2 = 2,5.f_c$. Cette condition impose la
20 fréquence de coupure f_c recherchée. Pour un codage bipolaire, on trouve que f_c est sensiblement égale à 200 KHz (Fig.8). Avec un codage à 8 tensions, f_c est sensiblement égale à 160 KHz (Fig.9). On peut vérifier aussi que f_c est de l'ordre de 150 KHz et de 120 KHz respectivement pour un codage à 16 et 32 tensions de codage.

25 En tenant compte du nombre de bits qu'il est possible de transmettre simultanément selon le nombre de tensions de codage employé, on vérifie que le débit D_m d'une telle ligne peut atteindre des valeurs optimales de l'ordre de 1,3 à 1,5 Mbits/s pour un codage à 16 ou 32 tensions de codage, et ceci sans aucune sur-oscillation susceptible d'amener des erreurs de décodage. On remarque que
30 compte-tenu de la forme de la courbe de transfert des lignes utilisées, le débit optimal est le plus élevé pour des codages à 16 ou 32 niveaux et qu'une augmentation supplémentaire du nombre de tensions de cadage, ne procure aucune augmentation corrélative du débit
35 possible.

Le dispositif de mise en oeuvre du procédé (Fig. 13) est adapté à la transmission de données numérisées délivrés par un système d'acquisition 7 comportant généralement un multiplexeur d'entrée 8 connectant séquentiellement à une chaîne d'amplification et de
5 filtrage 9 à gain variable telle que celles décrites dans les brevets US 4 779 055 ou 4 774 474, et un convertisseur analogique-numérique 10.

Les signaux numérisés issus du système d'acquisition sont appliqués à un ensemble de codage spécialisé 11 d'un type connu adapté
10 au code de transmission et au nombre de tension de codage, avant d'être appliqué à un ensemble d'émission 12 lequel est connecté à une ligne du câble 2 obtenue par l'une des combinaisons schématisées aux Fig.3 à 6.

L'ensemble d'émission 12 comporte par exemple un
15 transformateur de tension 13 avec un enroulement primaire dont les deux extrémités sont connectées à l'ensemble de codage 11.

L'enroulement secondaire du transformateur de tension 11 est connecté par exemple entre la ligne centrale C_7 et la tresse périphérique T. A l'autre extrémité du câble 2, un autre
20 transformateur de tension 14 permet de prélever le signal transmis entre la ligne C_7 et la tresse T. Le signal à l'enroulement secondaire du transformateur 14 est appliqué à un ensemble correcteur 15 adapté tel que la ligne de transmission corrigée par les effets de cet ensemble ait une réponse sensiblement identique à celle d'un filtre de
25 Bessel au moins dans l'intervalle défini ($k_2 fc$, $k_1 fc$). Les signaux issus de l'ensemble de filtrage 15 sont appliqués à un ensemble-récepteur 16 d'un type connu adapté à restituer les signaux numérisés et ensuite à une décodeur adapté 17 qui reconstitue le signal numérisé transmis.

30 L'ensemble du codage 11 est adapté à transmettre les signaux numérisés avec un débit au plus égal au débit maximal D compatible avec les paramètres du câbles et des circuits électroniques de l'ensemble de filtrage 15, comme on l'a vu dans le cours de la description.

Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définis comme il suit :

- 1) Procédé pour optimiser les débits de transmission des signaux sur des lignes de transmission incluses dans des câbles multi-fonctions du type utilisés par exemple pour relier des outils de puits à des installations de surface sans modification du taux d'erreur de transmission admissible, caractérisé en ce qu'il comporte :
- le codage des signaux numérisés par des tensions électriques choisies parmi un ensemble de tensions de codage comportant au moins deux niveaux de tension bien définis; et
 - l'élargissement vers les hautes fréquences de la bande passante de chaque ligne de transmission utilisée par combinaison avec des circuits de correction choisis pour que la fonction de transfert de la ligne corrigée soit sensiblement celle d'un filtre de référence tel qu'un filtre de type Bessel dans un intervalle de fréquence s'étendant de part et d'autre de la fréquence de coupure à trois décibels f_c de la ligne corrigée, la fréquence de la borne supérieure dudit intervalle étant proportionnelle à cette fréquence de coupure, le coefficient de proportionnalité étant supérieur à 2 et ladite fréquence de coupure f_c de la ligne corrigée étant choisie en fonction du nombre de niveaux de codage dudit ensemble de tensions et du taux d'erreur admissible.
- 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on choisit par exemple des circuits de correction tels que la fonction de transfert de chaque ligne corrigée, correspond sensiblement à celle d'un filtre de Bessel au moins dans un intervalle de fréquence où f_c est ladite fréquence de coupure f_c , k_1 est un facteur multiplicatif au moins égal à 2,5 et k_2 est un facteur multiplicatif de l'ordre de 0,2.
- 3) Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on sélectionne des circuits de correction

permettant d'appliquer aux signaux dans ledit intervalle de fréquence, un gain au plus égal à une valeur limite diminuant corrélativement avec une augmentation du nombre choisi de tensions de codage pour un taux d'erreurs de transmission fixé, et dépendant du niveau de bruit ramené par lesdits circuits de correction associés à chaque ligne de transmission et l'on sélectionne ladite fréquence de coupure dont dépend la fréquence de transmission maximale, pour que le relèvement d'amplitude à appliquer aux signaux transmis sur chaque ligne de transmission, soit au plus égal à ladite valeur limite.

4) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on augmente le débit de transmission en codant les signaux à transmettre au moyen d'un ensemble de tensions de codage comportant au moins huit niveaux de tensions.

5) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on augmente le débit de transmission en codant les signaux à transmettre en choisissant un ensemble de tensions de codage comportant seize tensions de codage.

6) Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comporte un ensemble de codage adapté à coder des signaux numérisés à transmettre avec un nombre choisi de tensions de codage et à les appliquer sur une ligne de transmission et des circuits de filtrage adaptés pour que la ligne combinée avec lesdits circuits de filtrage, ait une fonction de transfert semblable à celle d'un filtre de référence tel qu'un filtre de Bessel de fréquence de coupure f_c choisie en fonction du nombre de tensions de codage utilisé, de la fonction de transfert de la ligne de transmission seule et des caractéristiques de bruit desdits circuits de filtrage, dans un intervalle de fréquence s'étendant de part et d'autre de ladite fréquence de coupure f_c .

FIG.1

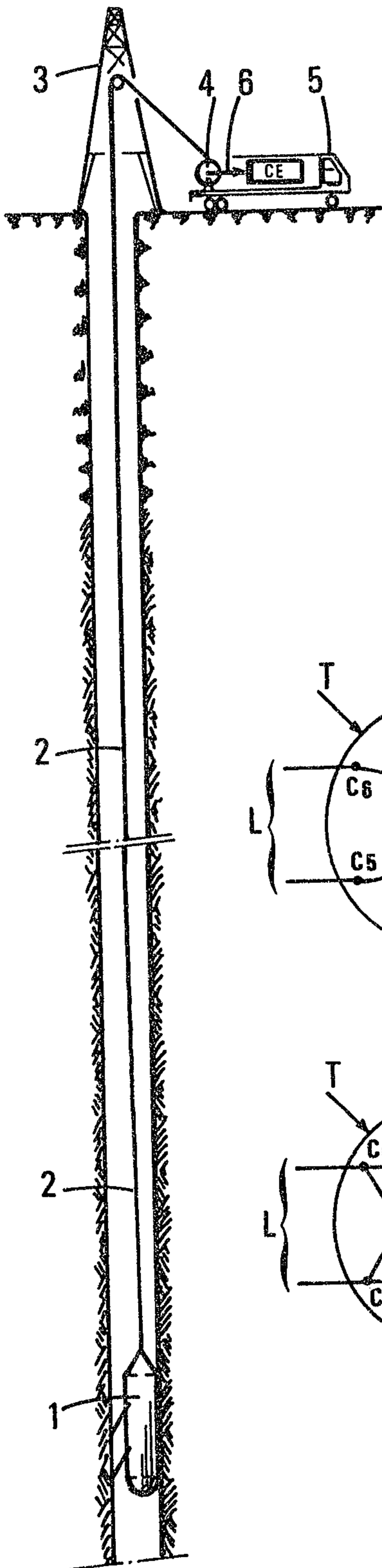


FIG.2

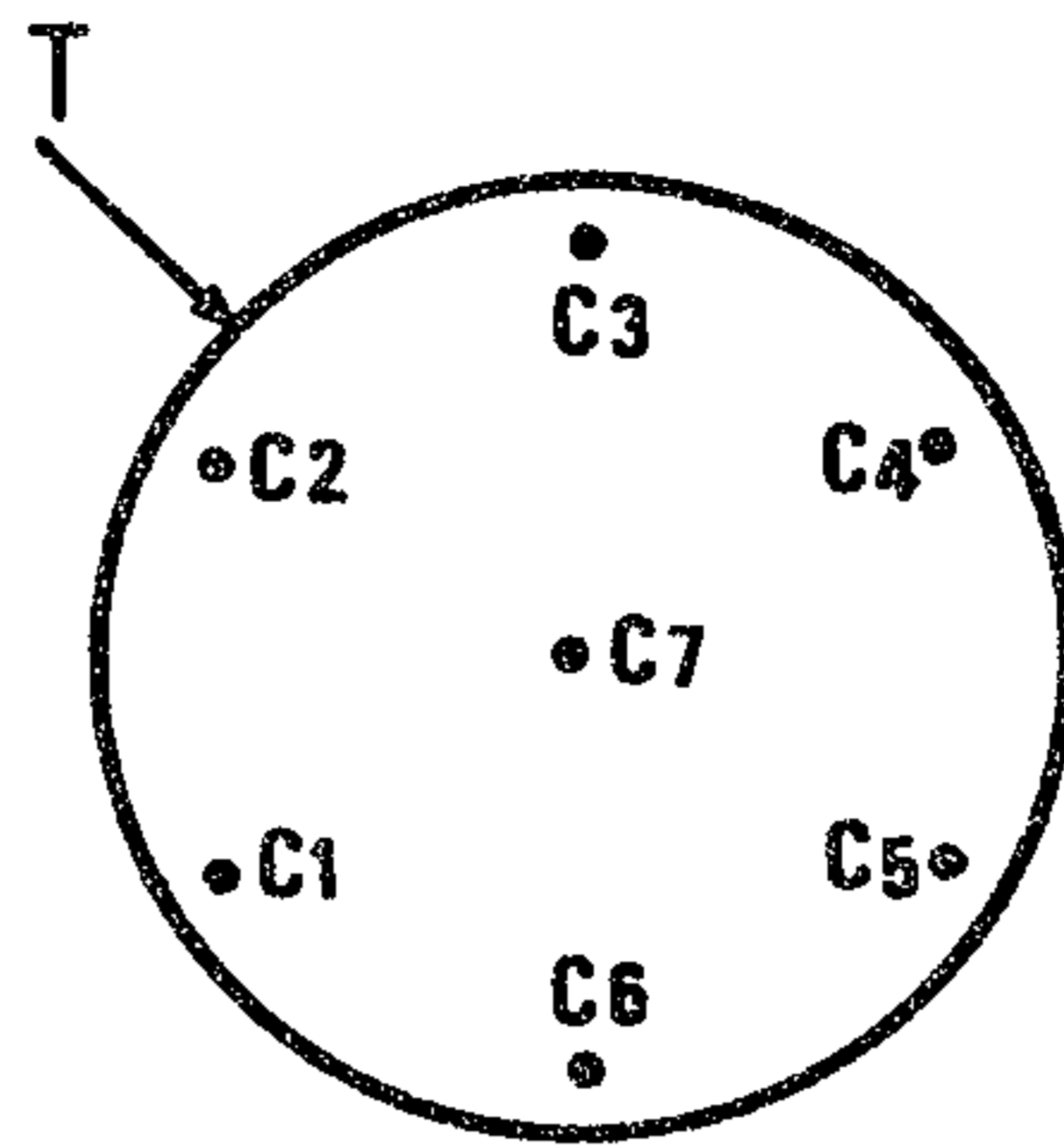


FIG.3

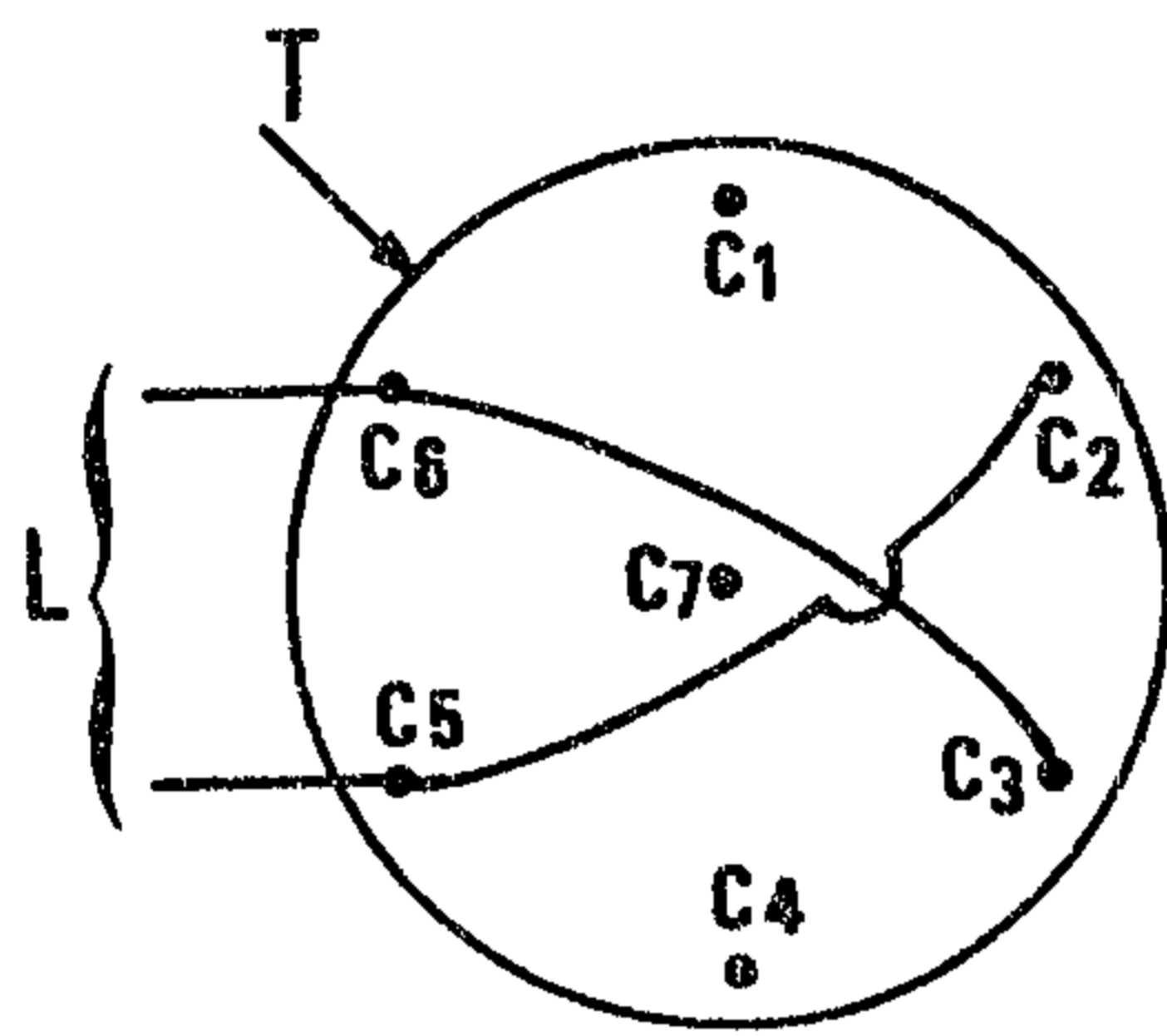


FIG.4

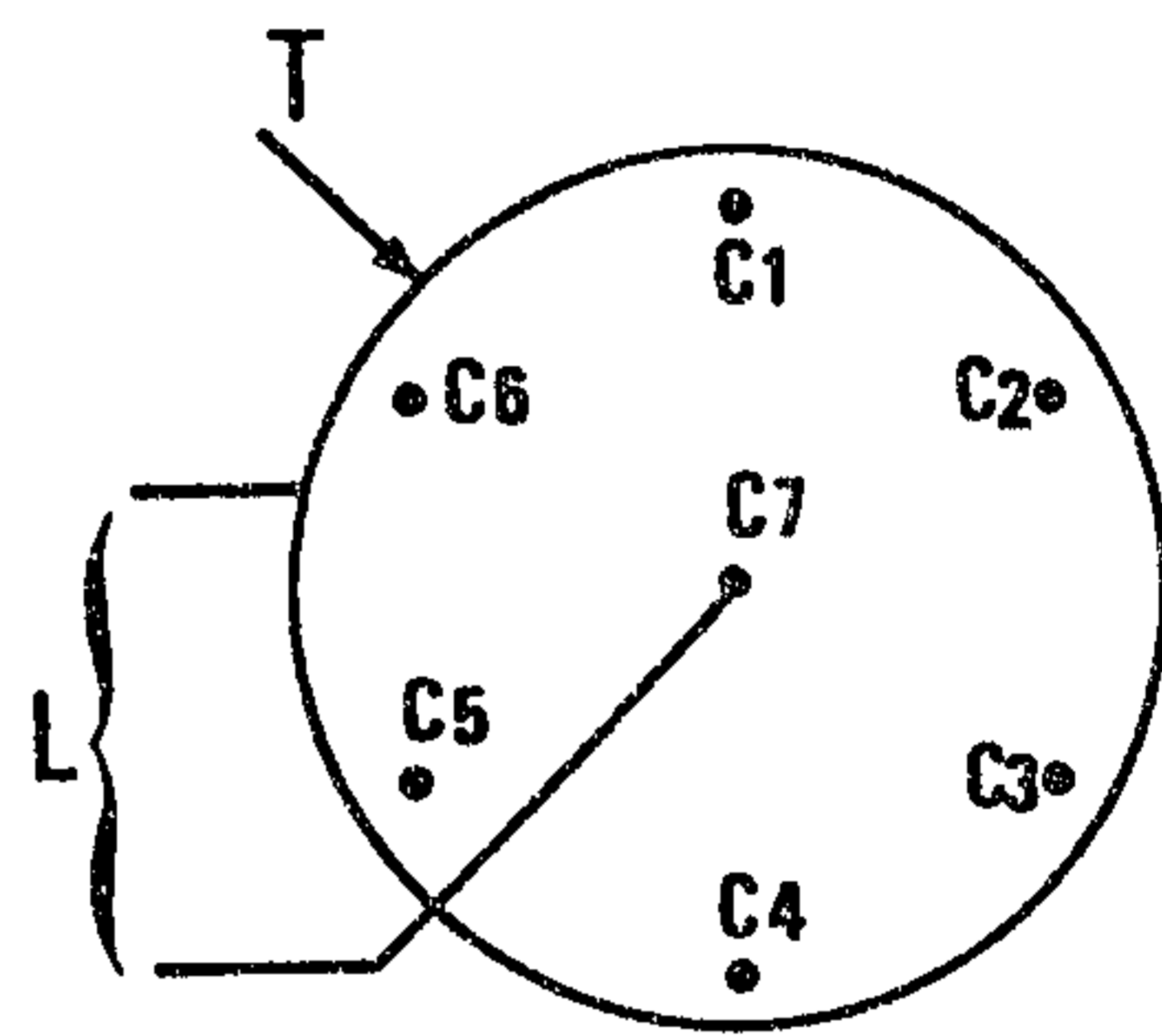


FIG.5

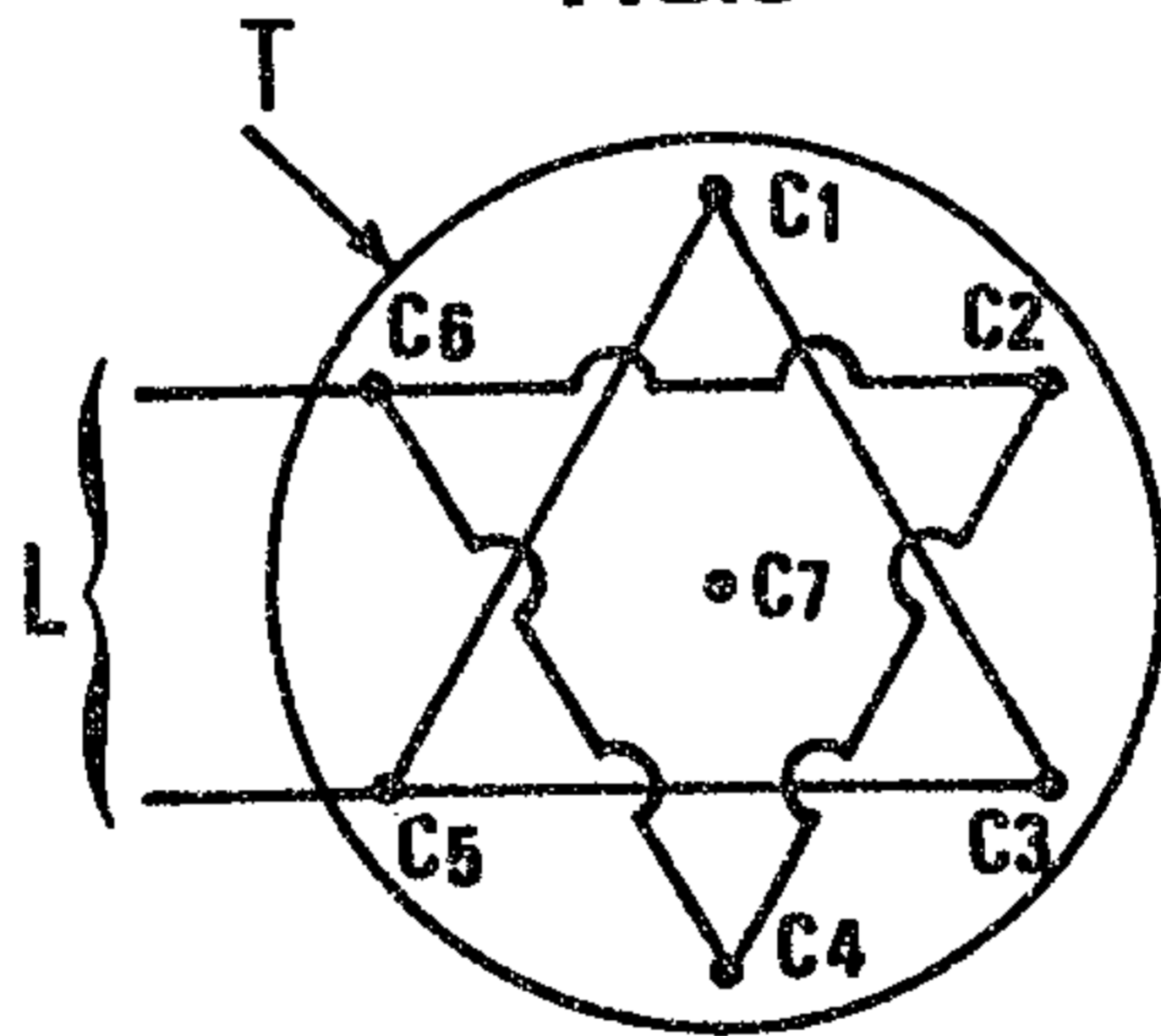
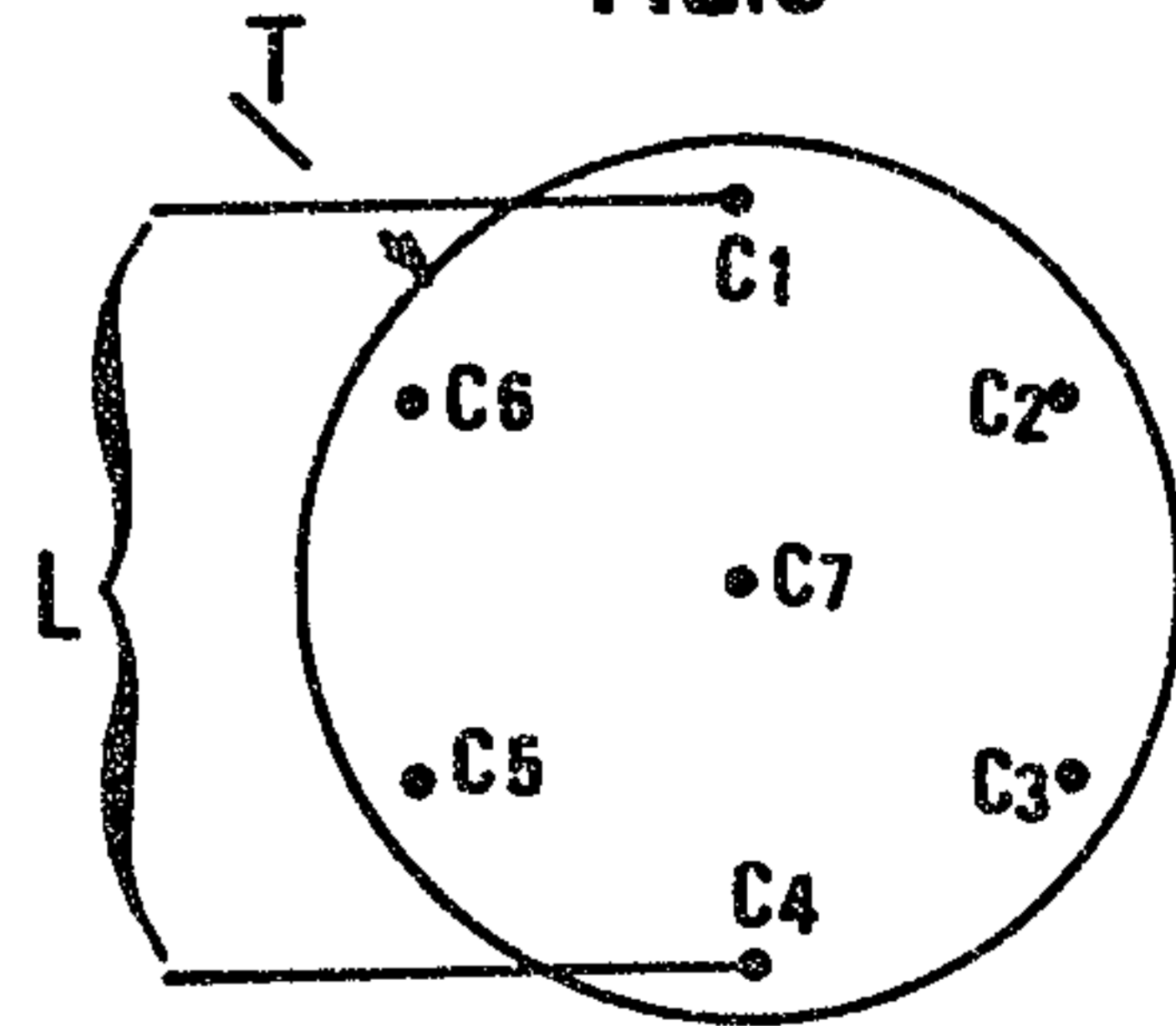
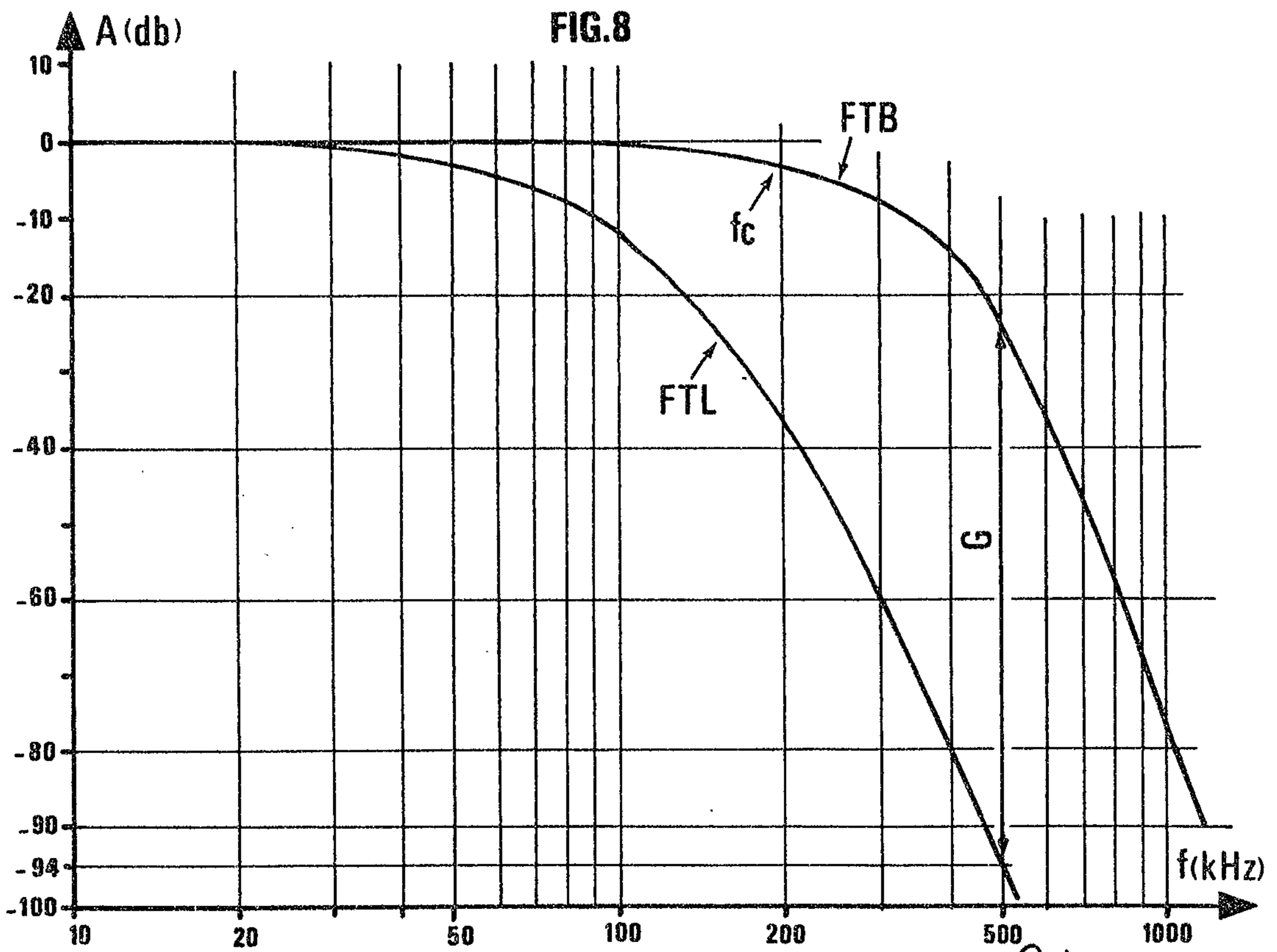
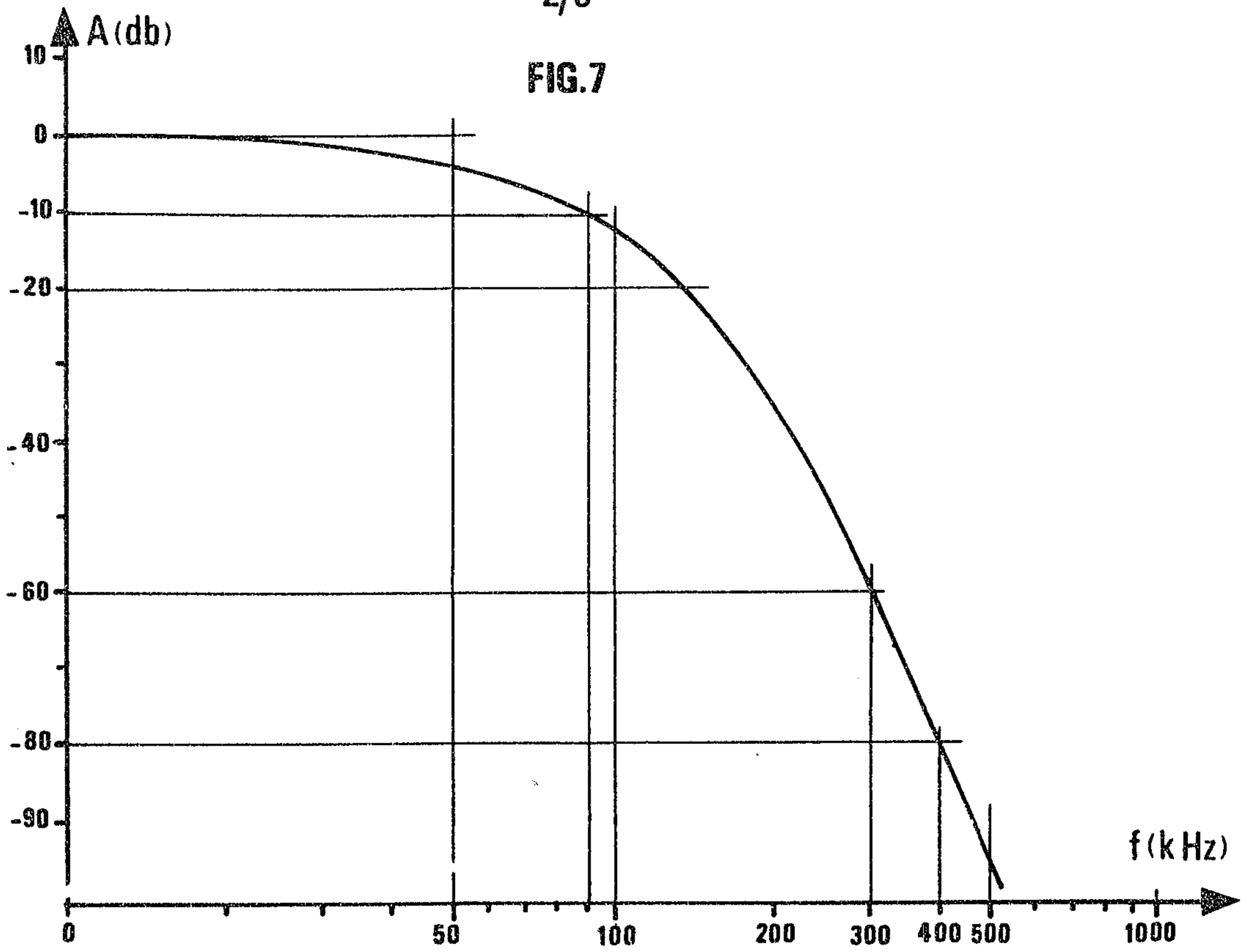


FIG.6



Robie
Agents de Brevets



Robic
Agents de Brevets

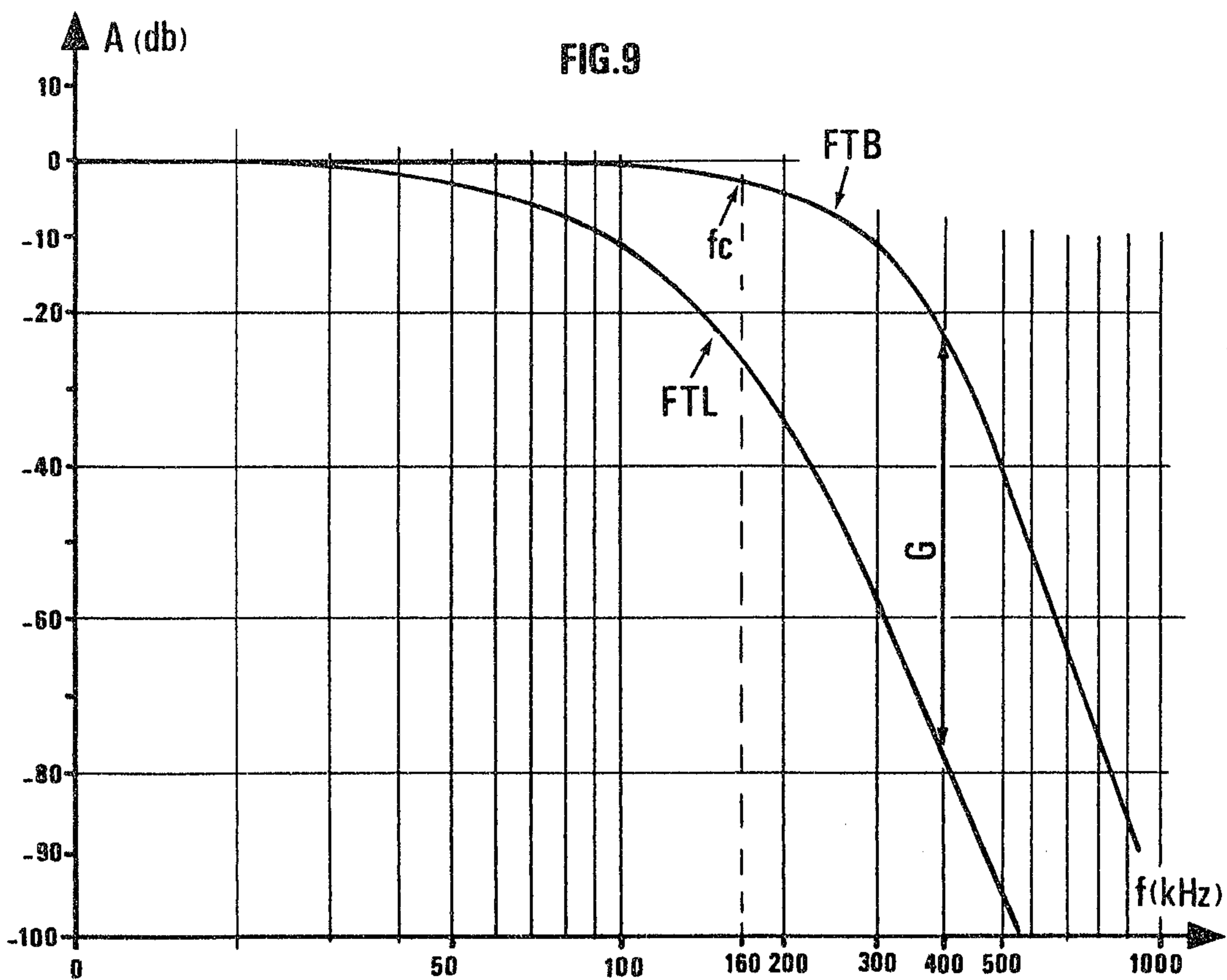


FIG.11

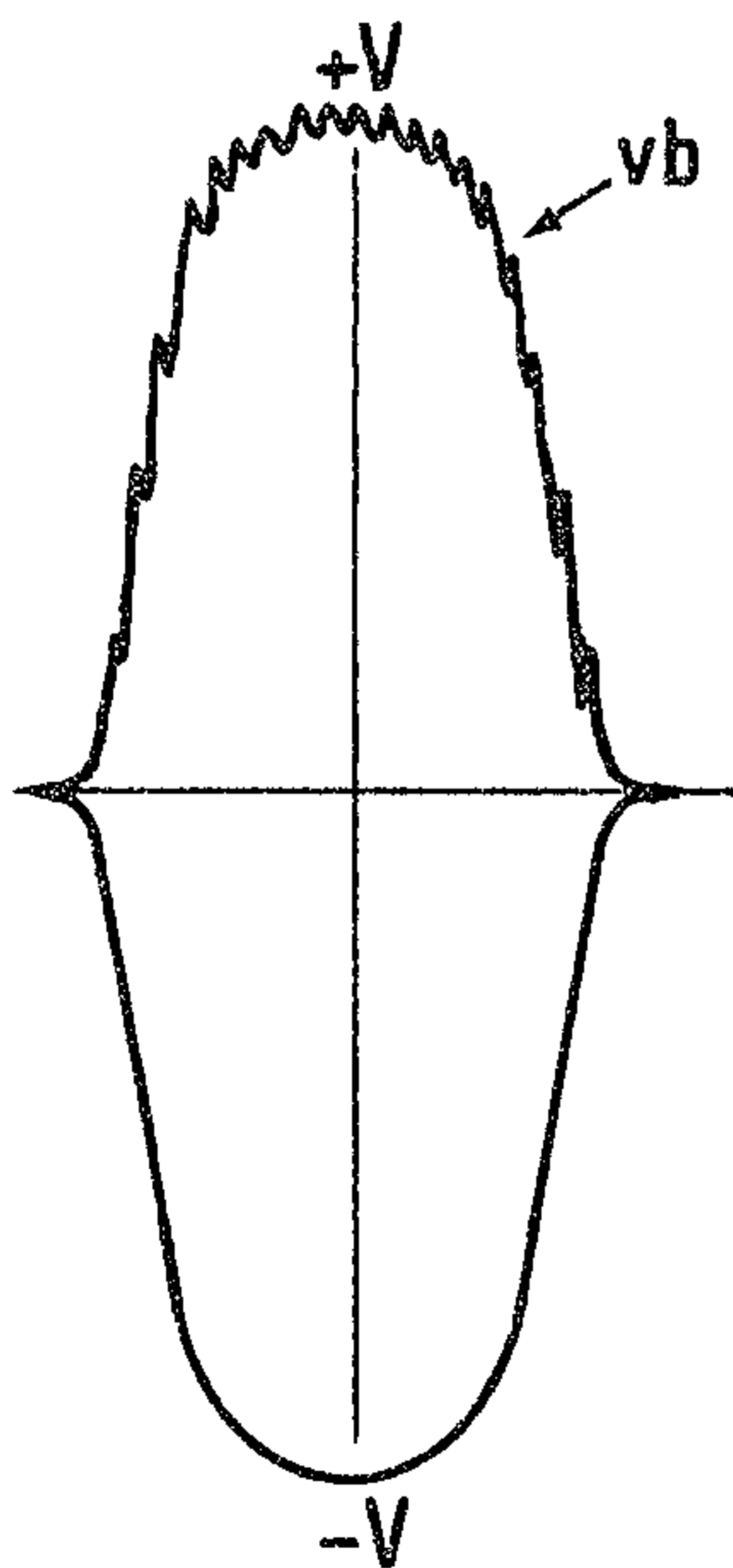
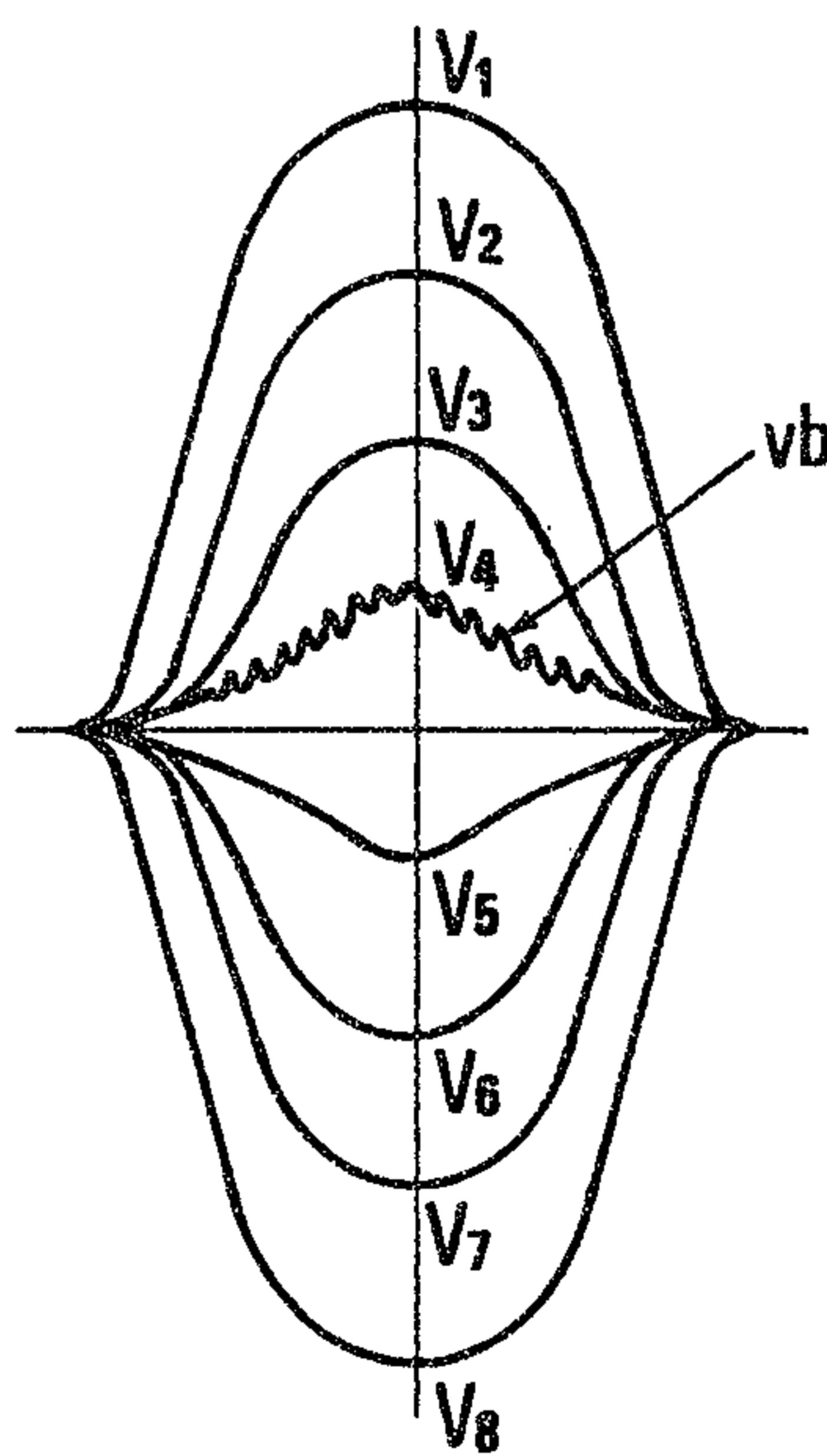


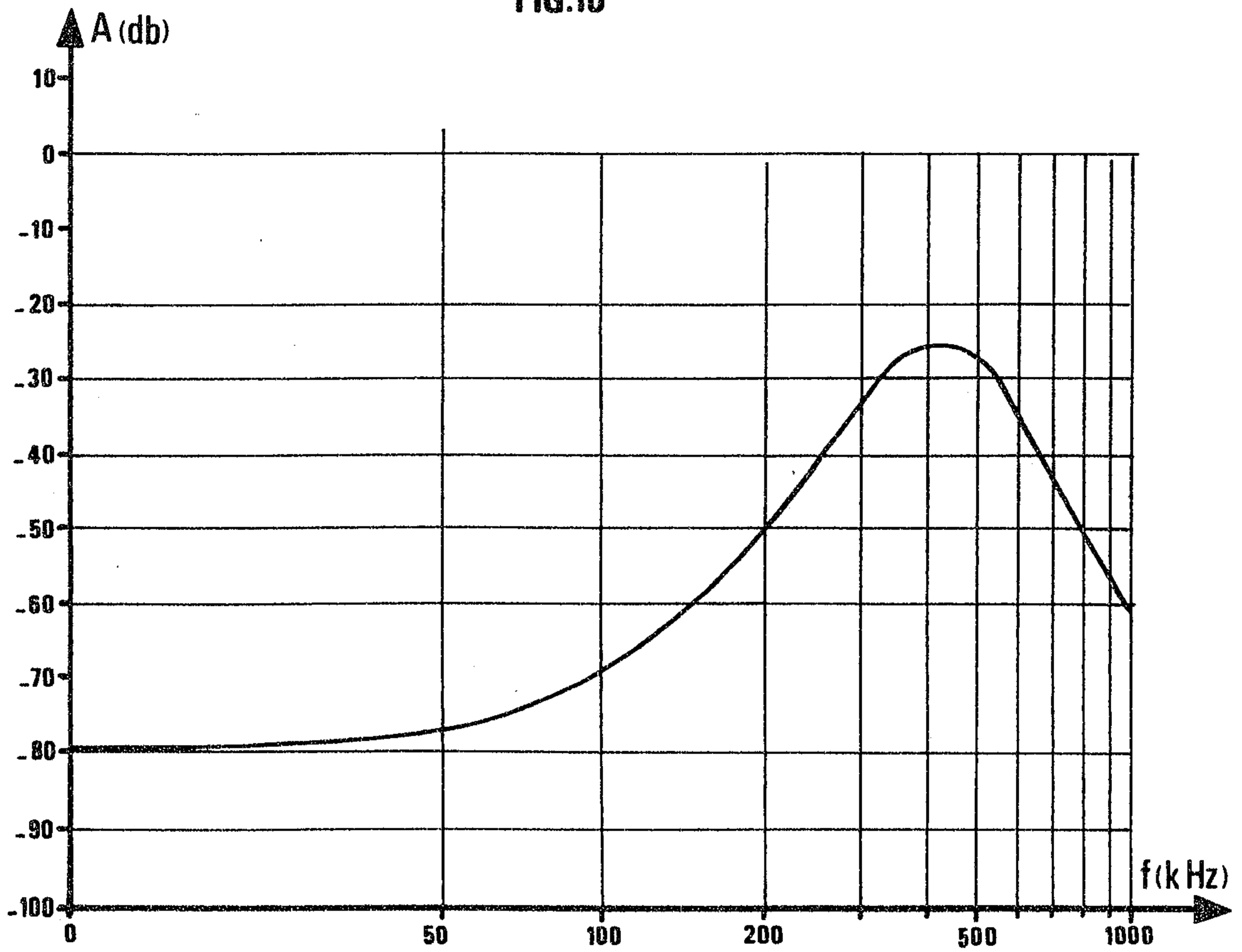
FIG.12



Robie

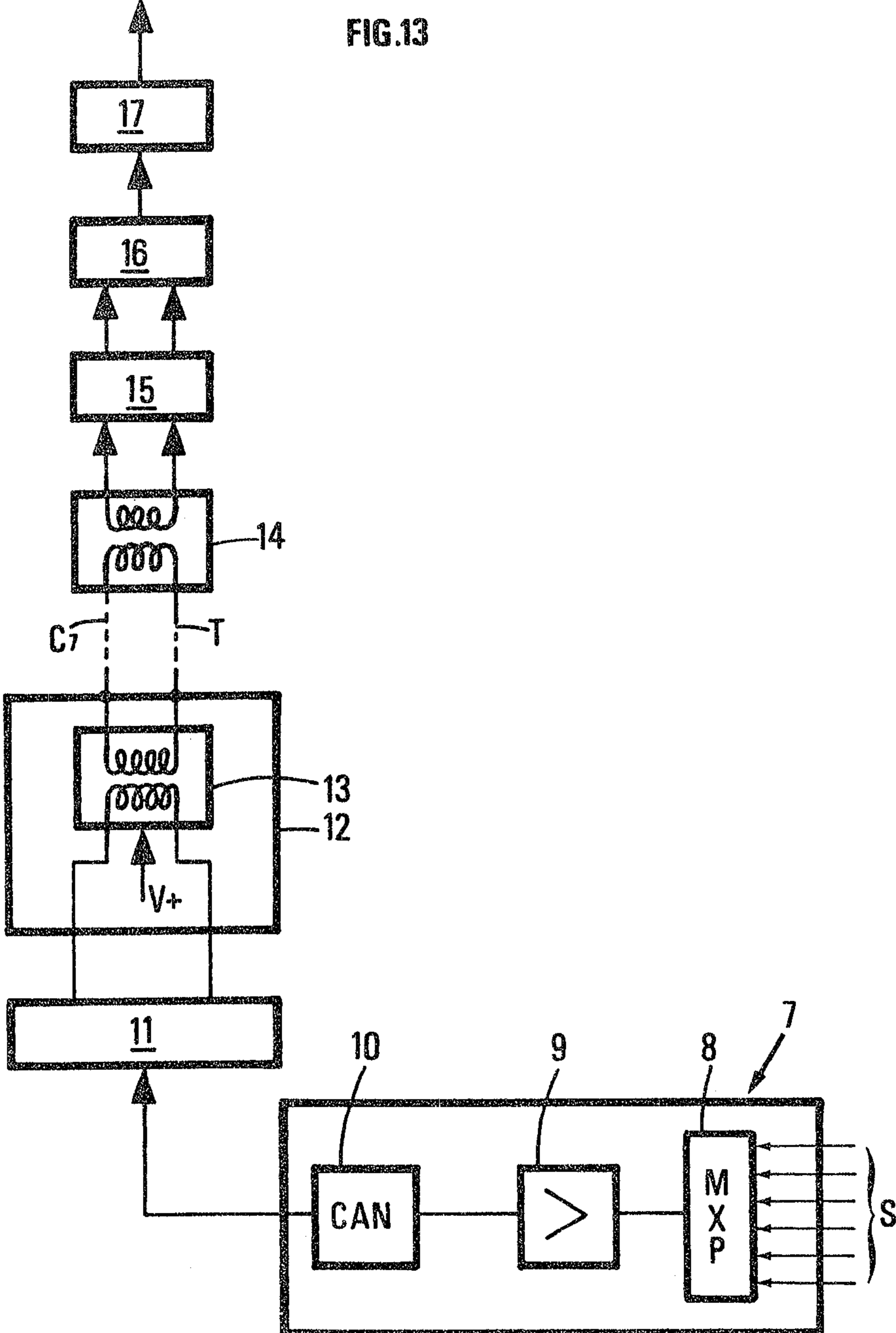
Agents de Brevets

FIG.10



Robit
Agents de Brevets

FIG.13



Agents de Brevets

