

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑲

N° 80 10847

⑤④ Dispositif de précorrection de produits de non linéarité et système de transmission de signaux de télévision comportant de tel dispositif.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). H 03 F 1/32; H 04 N 5/38.

②② Date de dépôt..... 14 mai 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 47 du 20-11-1981.

⑦① Déposant : Société anonyme dite : L.G.T., LABORATOIRE GENERAL DES TELECOMMUNICATIONS, résidant en France.

⑦② Invention de : Claude Cluniat.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Thomson-CSF - SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

L'invention se rapporte à un dispositif de pré-correction de produits de non linéarité et à un système de transmission de signaux de télévision, à précorrection automatique, comportant un tel dispositif.

5 La transmission des signaux de télévision exige des systèmes très linéaires, que ce soit au niveau des amplificateurs faible bruit de réception, qu'au niveau des convertisseurs en fréquence intermédiaire ou au niveau des étages de puissance de l'émetteur.

10 En effet, un signal de télévision, qui se compose d'une porteuse image modulée en amplitude, et d'une porteuse son modulée suivant le standard en amplitude ou en fréquence, doit être amplifié très linéairement pour que le signal démodulé soit fidèle. Les non linéarités obtenues dans un étage produisent une altération
15 des signaux transmis. On observe par exemple dans la voie image une modification des contrastes, des couleurs, et dans la voie son une distorsion des basses fréquences. Elles peuvent aussi produire, dans le cas
20 où les signaux image et son sont amplifiés simultanément, des phénomènes perturbateurs extrêmement gênants dus aux transferts de modulation (ou cross-modulation) d'une porteuse sur l'autre qui se traduisent par le moirage des images, la dégradation du rapport signal/
25 bruit etc...

Pour toutes ces raisons, les équipements d'émission et de réémission de télévision de faible et de moyenne puissance (1 watt à 1 kilowatt) possèdent des amplificateurs polarisés en classe A, ce qui conduit à
30 un rendement compris entre 5 et 10%. Ce rendement peut être sensiblement augmenté avec des dispositifs de correction de non linéarités.

Différents types de pré-correction sont actuellement utilisés, pour les émetteurs de télévision en voies

image et son séparées ou en voies communes, en particulier, des dispositifs de précorrection à seuils, en vidéofréquence, ou en fréquence intermédiaire, ou des dispositifs du type à contre-réaction comportant un dispositif réinjectant dans le système des produits de non linéarité obtenus par comparaison des signaux avant et après traitement par l'amplificateur de sortie.

Toutes ces solutions ont l'inconvénient d'être particulières aux systèmes de transmission auxquels elles sont appliquées et surtout tous ces dispositifs sont en général assez difficiles à ajuster. En effet, souvent plusieurs réglages sont nécessaires et ces réglages inter-agissent.

Un dispositif de précorrection particulier, comportant un générateur de produits de non linéarité, a été décrit dans la demande de brevet n° 75 16062 déposée le 23 mai 1975 au nom de la Demanderesse. Le générateur de produits de non linéarité possède une loi de même nature que l'amplificateur de sortie. Son niveau d'excitation est choisi de façon qu'il atteigne le même point de distorsion. Le signal d'entrée U_e est transmis symétriquement vers ce générateur et vers une ligne à retard qui égalise les retards respectifs des deux voies. Les signaux fournis par le générateur de produits de non linéarité de la forme $k'_3 U_e^3$, en opposition de phase avec les produits de non linéarité générés par l'amplificateur à corriger de la forme $-k_3 U_e^3$, sont ensuite combinés avec le signal émergeant de la ligne à retard U_e . Ainsi la courbe d'amplitude-amplitude du signal, comprimée dans l'amplificateur de sortie du fait en particulier de ce terme de non linéarité d'ordre 3, $-k_3 U_e^3$ qui se retranche du terme $k_1 U_e$ d'amplification linéaire, subit une expansion préalable par le dispositif de précorrection qui peut compenser, après amplification, les produits de non linéarité introduits

de façon que le signal résultant ait une distorsion minimale. Ce type de précorrection présente une excellente stabilité et une efficacité qui est naturellement variable lorsque le niveau du signal d'entrée varie. En effet, lorsque le signal d'entrée diminue, la distorsion de l'étage de sortie et simultanément celle du précorrecteur diminuent avec la même rapidité. Il y a donc correction dans une large plage.

Mais la caractéristique amplitude-fréquence du générateur de produits de non linéarité n'est pas parfaitement plane dans toute la gamme de fréquences, et du fait des dissymétries de temps de retard de groupe et de phase des deux voies, un déphaseur variable doit être introduit pour rétablir dans une gamme de fréquences donnée une symétrie correcte.

Un tel précorrecteur est assez simple à ajuster puisqu'il suffit de régler l'amplitude des produits de non linéarité générés et la phase relative des deux voies. Mais ces deux réglages doivent être effectués par approches successives l'un par rapport à l'autre et sont à effectuer après chaque variation du niveau d'intermodulation.

Le dispositif de précorrection décrit ci-dessus ne se prête donc pas, à partir d'une mesure de produits de non linéarité, à une correction automatique simple.

L'invention a pour objet un dispositif de précorrection du type décrit ci-dessus, mais perfectionné par rapport à celui-ci du fait que la ligne à retard de la voie principale du dispositif de précorrection est remplacée par un circuit ayant le même temps de retard du groupe et la même caractéristique amplitude-fréquence que celui du générateur de produits de non linéarité de la voie annexe. Ainsi, la correction a lieu dans une très large bande. De plus, le système est tel qu'il ne subsiste qu'un réglage qui se prête bien à une correction automatique.

Enfin ce dispositif peut être réalisé en technique microélectronique, ce qui permet d'obtenir un très faible encombrement et des bandes passantes de plusieurs décades.

5 Selon l'invention, un dispositif de précorrection de produits de non linéarité introduits par un étage amplificateur, comportant une entrée de signal couplée par l'intermédiaire d'un répartiteur de puissance à une
10 voie principale linéaire et à une voie annexe comportant un générateur de produits de non linéarité; ce générateur comportant: un répartiteur de puissance alimentant en parallèle une voie d'amplification linéaire et une voie d'amplification non linéaire, et un soustracteur effectuant la différence entre le signal de
15 sortie de la voie linéaire et le signal de sortie de la voie non linéaire pour générer seulement des produits de non linéarité opposés en phase avec les produits de non linéarité à corriger; un additionneur de sortie relié aux sorties de la voie principale et de la voie annexe
20 délivrant un signal somme des signaux fournis par ces deux voies, est principalement caractérisé en ce que la voie principale comporte : un répartiteur de puissance alimentant en parallèle deux voies d'amplification linéaires semblables à la voie linéaire du générateur de
25 produits de non linéarité, un additionneur réunissant les signaux de sortie de ces deux voies linéaires en un signal transmis à l'additionneur de sortie, un dispositif de réglage d'amplitude des produits de non linéarité étant prévu.

30 L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description qui suit en référence aux figures annexées.

- La figure 1 représente un dispositif de précorrection du type comportant un générateur de produits de
35 non linéarité selon l'art connu.

- La figure 2 représente des courbes caractéristiques du dispositif de la figure 1.

- La figure 3 est un schéma du dispositif de pré-correction suivant l'invention.

5 - La figure 4 est le schéma synoptique du dernier étage de l'émetteur du système de transmission suivant l'invention, avec précorrection automatique.

Le dispositif de précorrection selon l'art connu va être décrit ci-après en référence à la figure 1.

10 Comme indiqué succinctement ci-dessus, le dispositif de précorrection décrit dans la demande de brevet précitée comporte principalement, alimenté par l'entrée 1, un répartiteur d'entrée 2 dont les deux sorties 3 et 4 constituent les entrées de deux voies :
15 une voie principale transmettant le signal à amplifier par l'amplificateur de sortie dont on cherche à corriger l'intermodulation et la cross-modulation, et une voie annexe comportant un générateur de produits de non linéarité 5. Ce générateur comprend deux amplifica-
20 teurs identiques, 53 et 54, dont les niveaux d'excitation sont très différents. Pour cela, l'entrée 4 est reliée à un répartiteur 51 dont une sortie est reliée à l'entrée de l'amplificateur 53 par l'intermédiaire d'un atténuateur 52 pour former une voie d'amplification li-
25 néaire, et dont l'autre sortie 51 est reliée directement à l'amplificateur 54, un atténuateur 55 étant placé à la sortie de cet amplificateur pour former une voie d'amplification non linéaire; les niveaux des signaux dans la voie linéaire et dans la voie non linéaire
30 sont égaux, aux produits de non linéarité près, avant recombinaison dans un coupleur de sortie 56. Ce coupleur de sortie est un coupleur différentiel qui extrait, des signaux présents sur ses deux entrées, les parties qui ne sont pas communes à ces deux signaux,
35 c'est-à-dire les produits de non linéarité opposés en

phase avec les produits de non linéarité générés par l'amplificateur à corriger. En effet, l'amplificateur 53, attaqué à faible niveau, ne produit quasiment pas de distorsion. Par contre, l'amplificateur 54, attaqué à haut niveau, produit des distorsions. La sortie du générateur de produits de non linéarité ainsi réalisé est reliée à l'entrée d'un circuit de commande d'amplitude, 6, dont la sortie est elle-même reliée à l'entrée d'un circuit de commande de phase, 7. Le signal émergent est alors couplé dans un additionneur de sortie 8 avec le signal transitant par la voie principale qui comporte seulement une ligne à retard 9. La sortie 10 de l'additionneur 8 délivre alors un signal dans lequel la distorsion introduite par les produits de non linéarité est en sens contraire de la distorsion à corriger. Mais comme indiqué ci-dessus, la dissymétrie de la voie principale, comportant la ligne à retard, et de la voie annexe, comportant le générateur de non linéarité, fait que la distorsion n'est pas réalisée tout à fait de la même manière dans toute la bande de fréquence, le temps de retard du groupe et la caractéristique amplitude-fréquence du générateur de produits de non linéarité étant évidemment différents dans les deux voies, comme indiqué ci-dessus.

Pour effectuer, pendant l'exploitation, une mesure des produits de non linéarité qui permette de réaliser une précorrection automatique dans un système de transmission en exploitation, un produit de non linéarité généré en dehors de la bande utile peut être utilisé. Un tel dispositif de mesure, en exploitation, de produits de non linéarité a été décrit dans la demande de brevet n° 79 31 488 déposée le 21 décembre 1979 au nom de la Demanderesse.

Pour que la mesure soit exacte, il faut absolument que la correction ait lieu avec la même efficacité et

suivant la même loi de phase à l'intérieur de la bande utile et à l'extérieur de cette bande, là où le produit inter-porteuse utilisé pour la mesure peut être prélevé par simple filtrage (par exemple la composante à
 5 $2F_I - F_S$, où F_I est la fréquence porteuse image et F_S la fréquence porteuse son).

Les courbes représentées sur la figure 2, permettent de mieux mettre en évidence le défaut à corriger pour pouvoir réaliser une mesure exacte du taux
 10 d'intermodulation. La première courbe représente la variation du gain du générateur de produits de non linéarité, G , dans la bande de fréquences, $G(f)$, G étant le gain pour la fréquence centrale de la bande. Ce gain varie de part et d'autre de G de $\pm \Delta G$. L'amplitude I_1
 15 des produits de non linéarité générés par le générateur n'est donc pas constante dans toute la bande de fréquences, à niveau d'entrée égal. Sa variation est représentée par la deuxième courbe de la figure 2, $I_1(f)$ dB. Par contre, la ligne à retard τ n'a aucune influence sur le niveau $I_2(f)$ dB des produits de non linéari-
 20 té à corriger, représenté en fonction de la fréquence, sur la troisième courbe de la figure 2.

En conséquence, en admettant que les produits de non linéarité se compensent exactement pour la fréquence
 25 centrale, le niveau des produits d'intermodulation résultant I_T , dont l'expression en fonction de I_1 et I_2 est : $I_{TdB} = 20 \text{Log} \left(\left| 10^{-\frac{I_2}{20}} - 10^{-\frac{I_1}{20}} \right| \right)$, varie de part et
 d'autre de cette fréquence centrale. La quatrième courbe de la figure 2 représente cette variation de l'am-
 30 plitude restante des produits de non linéarité en fonction de la fréquence. Il faut noter que I_T reste toujours très largement inférieur aux 54dB requis par les normes internationales dans toute la gamme de fréquences d'un canal de télévision.

La figure 3 représente le dispositif de précorrection suivant l'invention.

Sur la figure 3, les mêmes éléments que sur la figure 1 ont été désignés par les mêmes repères.

5 Dans ce dispositif de précorrection, l'entrée 1 est reliée à l'entrée d'un répartiteur de puissance 2 par un atténuateur variable 13. Les deux sorties, 3 et 4, de ce répartiteur alimentent respectivement une voie principale et une voie annexe. La voie annexe comporte
10 comme précédemment un générateur de produits de non linéarité 5 identique à celui utilisé dans le dispositif décrit en référence à la figure 1. Par contre, la ligne à retard 9 du dispositif de cette même figure 1 est remplacée, dans le dispositif de précorrection suivant
15 l'invention, par un circuit 90 comportant les mêmes composants que le générateur de produits de non linéarité, 5, c'est-à-dire un répartiteur de puissance d'entrée 91 exactement semblable au répartiteur 51, deux amplificateurs 93 et 94 identiques aux amplificateurs 53 et 54,
20 et deux atténuateurs 92 et 95 identiques aux atténuateurs 52 et 55 quant à leurs caractéristiques de phase et de temps de retard de groupe mais dont les atténuations peuvent éventuellement être différentes. Ces composants sont assemblés de façon que ce circuit 90 soit
25 parfaitement linéaire et n'introduise donc pas de produits de non linéarité. Pour cela, les deux voies de circuit sont organisées de la même manière que la voie dite linéaire du générateur de produits de non linéarité. C'est-à-dire que les amplificateurs 93 et 94 sont
30 attaqués à des niveaux d'excitation faibles, les atténuateurs 92 et 95 étant placés en amont de ces amplificateurs. Les signaux de sortie des amplificateurs 93 et 94 alimentent les deux entrées d'un additionneur 96.

Le signal émergent de ce circuit 90 a le même
35 temps de retard de groupe que celui transitant par la

voie annexe comportant le générateur de produits de non linéarité, et ce signal subit les mêmes atténuations en fonction de la fréquence du fait que la caractéristique amplitude-fréquence de cette voie principale est exacte-
5 ment la même que celle de la voie annexe. Un atténuateur variable 14 est disposé entre la sortie de l'additionneur 8 et la sortie 10 du dispositif de précorrection pour ajuster la puissance de sortie de l'équipement dans lequel il s'insère.

10 Pour que la transmittance de ce dispositif soit constante, les deux atténuateurs 13 et 14 sont couplés de telle manière que la somme des atténuations en dB soit constante.

Ce dispositif est très avantageusement réalisé
15 avec des composants micro-électroniques. En effet, il existe actuellement des amplificateurs large bande réalisés à transistors, leurs bandes pouvant couvrir la bande 5MHz à 1000MHz. Les circuits additionneurs et répartiteurs tels que 8, 96 et 2, 51 et 91, et le circuit
20 56 effectuant la différence peuvent être soit des coupleurs à ferrite de déphasage 0° ou 180° (additionneur, répartiteur ou soustracteur respectivement), lorsque la bande ne dépasse pas 250MHz, soit des coupleurs 3 décibels dont on utilise l'accès somme ou l'accès différence.
25 Les atténuateurs peuvent être des atténuateurs électroniques (diodes PIN) développés en micro-électronique couche mince.

Cette nouvelle disposition constitue une simplification notable quant aux réglages à effectuer. En
30 effet, du fait de la symétrie parfaite des deux voies, voie annexe et voie principale, aucun élément variable supplémentaire n'est à prévoir dans ces deux voies et les circuits de commande d'amplitude et de phase (6 et 7 de la figure 1) sont maintenant inutiles. Les seuls
35 réglages qui subsistent sont ceux des atténuateurs, 13

et 14, et ces deux réglages sont liés, une atténuation $A - \Delta A$ par l'atténuateur 13 se traduisant par une atténuation $A + \Delta A$ par l'atténuateur 14 pour que la puissance de sortie reste inchangée. Le réglage peut d'ailleurs être effectué automatiquement par une boucle de commande qui permet, à partir d'une variation d'amplitude des produits de non linéarité générés par le dispositif de précorrection, déterminant l'efficacité de la correction des produits de non linéarité générés par l'amplificateur à corriger, d'agir automatiquement sur l'amplitude de la tension d'entrée pour que la puissance de sortie de l'amplificateur reste constante.

Le dispositif de correction ainsi réalisé est à large bande et peut donc être associé à un dispositif de mesure en exploitation des produits de non linéarité ; une telle mesure permettant de mettre en oeuvre un système dans lequel la précorrection est réalisée automatiquement à partir d'une mesure de non linéarité par le dispositif de mesure.

La figure 4 représente le dernier étage d'un système de transmission de signaux de télévision (d'émission ou de réémission) comportant un tel dispositif de précorrection, avec précorrection automatique. Le circuit représenté sur la figure 3, (à l'exception des atténuateurs 13 et 14) c'est-à-dire le dispositif de précorrection, est globalement désigné par 11 sur cette figure. L'entrée de l'étage est reliée à l'entrée du dispositif de précorrection par l'atténuateur variable commandable électriquement, 13.

La sortie du dispositif de précorrection 11 est reliée à l'entrée de l'amplificateur de sortie 12 par l'intermédiaire de l'atténuateur variable à commande électrique 14. La sortie de cet amplificateur 12 alimente un aérien d'émission 19. La puissance de sortie P peut être mesurée au moyen d'un dispositif 16, une

charge 15 étant disposée à la sortie de l'amplificateur 12. En agissant, dans la bande de fréquences, sur le coefficient d'atténuation de l'atténuateur variable 14. La boucle de contre-réaction constituée par un détecteur 17 et un comparateur 18 alimenté sur l'une de ses entrées par le détecteur 17 et sur l'autre par une tension de consigne C, fournit à l'atténuateur variable 13 un signal de commande proportionnel à la tension d'erreur constituée par la différence entre la tension détectée par le détecteur 17 et la tension de consigne C. Pour déterminer l'optimum dans lequel l'intermodulation et la cross-modulation sont minimales, un dispositif de mesure 20 (qui effectue un filtrage d'un produit inter-porteuses situé en dehors de la bande utile du signal transmis, par exemple le produit $2F_I - F_S$, comme décrit ci-dessus) permet, par comparaison avec des niveaux de référence prélevés dans le signal utile, de donner une mesure de l'intermodulation I et de la cross-modulation CM dans le signal transmis. Ces deux valeurs, disponibles sous forme binaire, sont transmises à un microprocesseur 21 qui calcule l'amplitude à donner aux produits de non linéarité générés par le dispositif de précorrection et qui fournit donc le signal de commande à l'atténuateur variable 14.

25 Comme il ressort de la description ci-dessus, le dispositif de précorrection selon l'invention est d'une très grande souplesse d'emploi et facilite grandement la maintenance de tels équipements.

De plus, du fait que tous ses éléments peuvent être réalisés en micro-électronique, son encombrement est très faible et il peut même être introduit dans les équipements déjà réalisés. Il est également très facile à introduire dans les équipements de très faible puissance (qui sont également de très faible volume). Le 35 taux de cross-modulation subsistant dans des systèmes

de transmission équipés de tels dispositifs de précor-
rection est inférieur à 7% (norme requise) et le taux
d'intermodulation est inférieur à -60dB (la norme étant
-54dB) dans toute la bande de fréquences et même en dehors
5 du canal de télévision.

La puissance de sortie d'une structure d'amplifi-
cation est multipliée par 2,5 avec un tel dispositif de
précorrection, avec des performances accrues.

L'invention n'est pas limitée au mode de réalisa-
10 tion précisément décrit et représenté, et il est à noter
que cette structure est applicable dans les systèmes de
transmission de signaux de télévision en voies séparées
ou en voies communes, en ondes métriques ou en ondes dé-
cimétriques. Ce dispositif est également applicable à
15 des systèmes de transmission de signaux autres que des
signaux de télévision, dans d'autres gammes de fréquen-
ces, lorsque leurs performances sont limitées par des
non linéarités d'ordre 3.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de précorrection de produits de non linéarité introduits par un étage amplificateur, comportant une entrée de signal couplée par l'intermédiaire d'un répartiteur de puissance (2) à une voie principale
5 linéaire et à une voie annexe comportant un générateur de produits de non linéarité (5); ce générateur comportant un répartiteur de puissance (51) alimentant en parallèle une voie d'amplification linéaire et une voie d'amplification non linéaire, et un soustracteur (56)
10 effectuant la différence entre le signal de sortie de la voie linéaire et le signal de sortie de la voie non linéaire pour générer seulement des produits de non linéarité opposés en phase avec les produits de non linéarité à corriger; un additionneur de sortie (8)
15 relié aux sorties de la voie principale et de la voie annexe délivrant un signal somme des signaux fournis par ces deux voies; caractérisé en ce que la voie principale comporte : un répartiteur de puissance (91) alimentant en parallèle deux voies d'amplification linéaires sem-
20 blables à la voie linéaire du générateur de produits de non linéarité, un additionneur réunissant les signaux de sortie de ces deux voies linéaires en un signal transmis à l'additionneur de sortie (8), un dispositif de réglage d'amplitude des produits de non linéarité
25 étant prévu.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que, la voie non linéaire du générateur de produits de non linéarité comportant en série un amplificateur (54) et un atténuateur (55), et la voie linéaire
30 comportant en série un atténuateur (52) et un amplificateur (53), les voies linéaires de la voie principale comportent en série un atténuateur (92 et 95) et un amplificateur (93 et 94) ayant les mêmes caractéristiques de phase et de temps de retard de groupe et

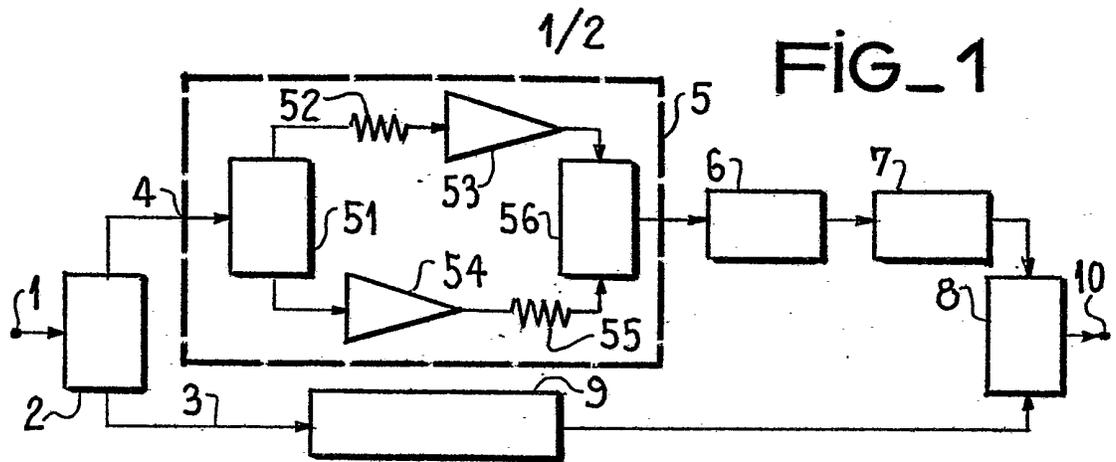
même caractéristique amplitude-fréquence que ceux du générateur de produits de non linéarité.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le dispositif de réglage
5 comporte deux atténuateurs (13 et 14) respectivement disposés à l'entrée et à la sortie du dispositif dont le réglage fixe le niveau de précorrection en maintenant la puissance de sortie constante, la transmittance du dispositif de précorrection étant ainsi maintenue
10 constante.

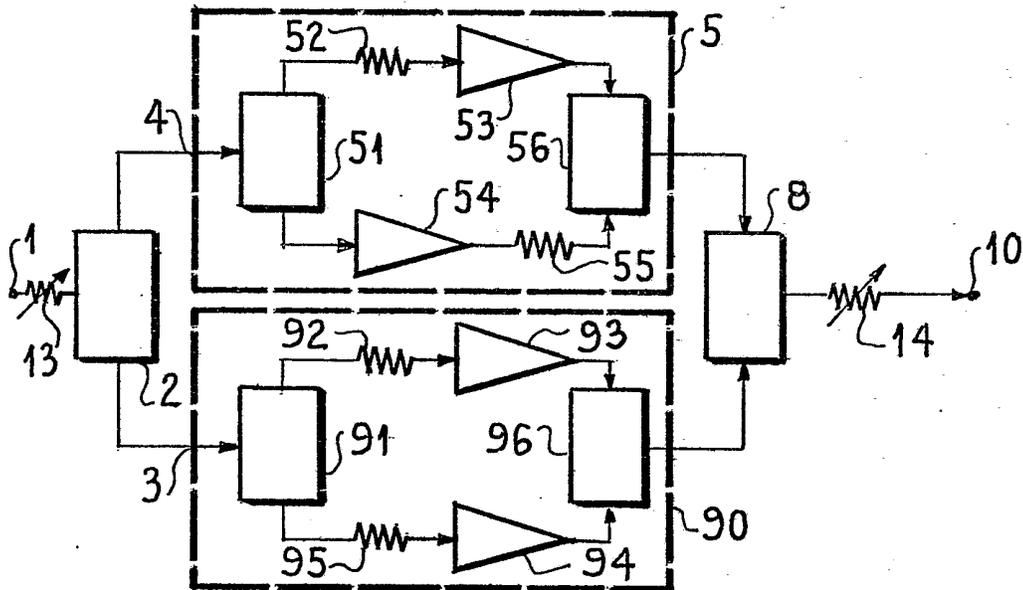
4. Système de transmission de signaux de télévision comportant dans un étage d'émission un amplificateur de puissance produisant des non linéarités, caractérisé en ce qu'il comporte en amont de l'amplificateur un dispositif de précorrection selon l'une quel-
15 conque des revendications précédentes.

5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'une boucle de commande prélevant une fraction du signal de sortie de l'amplificateur, fournit, après
20 comparaison avec un signal de référence, un signal de commande à l'atténuateur d'entrée (13) commandable électriquement, la puissance de sortie de l'amplificateur étant ainsi maintenue constante, et le réglage du niveau de précorrection étant alors défini par l'atté-
25 nuateur de sortie (14).

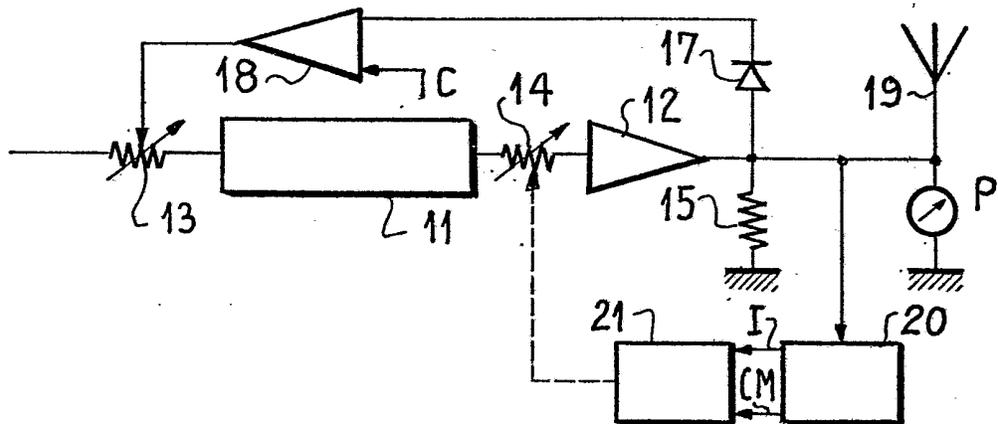
6. Système selon l'une des revendications 4 et 5, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une chaîne de mesure (20, 21), en exploitation, des produits de non linéarité générés par l'amplificateur, cette chaîne de mesure fournissant un signal de commande à l'atténuateur de sortie commandable électriquement du dispositif de précorrection de produits de non linéarité de manière à effectuer une minimisation permanente et automatique de ces produits.



FIG_3



FIG_4



2/2

FIG. 2

