

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 20.12.91.

③③ Priorité : 20.12.90 US 630644.

④③ Date de la mise à disposition du public de la demande : 26.06.92 Bulletin 92/26.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : Société dite: MOTOROLA, INC. — US.

⑦② Inventeur(s) : Rabe Duane C. et Feldt Daniel C.

⑦③ Titulaire(s) :

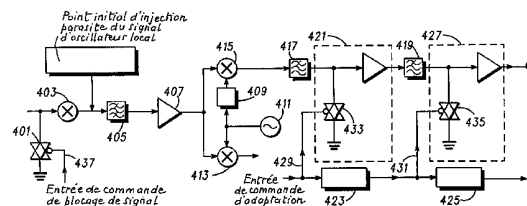
⑦④ Mandataire : Cabinet Beau de Loménie.

⑤④ Radiorécepteur comportant une correction du décalage en continu.

⑤⑦ L'invention concerne les radiorécepteurs de signaux numériques.

Un radiorécepteur ayant au moins deux états fonctionnels, comprend un amplificateur à gain variable (407) et au moins deux compensateurs de décalage en continu adaptatifs (421, 427), destinés à éliminer un décalage en continu indésirable. Le premier état fonctionnel du radiorécepteur permet le réglage des circuits compensateurs (421, 427) à des niveaux de sortie appropriés, en l'absence de signal d'entrée appliqué au radiorécepteur. Le second état fonctionnel permet la réception du signal et élimine le décalage en continu indésirable affectant le signal d'entrée qui est reçu.

Application à la radiotéléphonie numérique.



La présente invention concerne de façon générale des amplificateurs qui sont incorporés dans un récepteur, et elle porte plus particulièrement sur la diminution du décalage en continu de signaux d'entrée dans un radiorécepteur.

5 Dans un radiorécepteur de type caractéristique, une antenne reçoit des signaux radiofréquences, et elle les convertit en signaux radiofréquences électriques. Ces signaux radiofréquences sont ensuite réduits à un signal de fréquence inférieure pour l'amplification dans un étage à fréquence intermédiaire (FI). On peut voir l'étage à fréquence
10 intermédiaire sur la figure 1. Dans l'étage à fréquence intermédiaire, le signal reçu qui provient de l'antenne est amplifié et est soumis à une filtration passe-bande. Le signal est ensuite divisé en deux parties et appliqué à un démodulateur en quadrature. Le démodulateur réduit la fréquence du signal à la fréquence de bande de base, et il prépare
15 les signaux pour l'extraction de l'information utile. Le circuit de bande de base filtre, amplifie et traite le signal pour en extraire les données analogiques ou numériques.

Une première source de distorsion dans le signal à la fréquence de bande de base est commune à la majorité de ces radiorécepteurs. La
20 distorsion résulte du bruit parasite qui est couplé aux circuits du récepteur, et qui fait apparaître des erreurs dans les données résultantes. Une partie du bruit parasite vient du fait que les oscillateurs locaux sont couplés aux étages amplificateurs avec un déphasage inconnu. Ceci fait apparaître une composante continue parasite dans le signal à la
25 fréquence de bande de base démodulé résultant.

Une seconde source de distorsion dans le signal à la fréquence de bande de base apparaît lorsqu'il se produit un changement du niveau du signal reçu. Ceci peut se produire lorsqu'un récepteur passe d'une
30 fréquence à une autre, ou lorsque la source du signal reçu change. La relation entre les deux niveaux de signal entraîne un changement des exigences de gain du circuit de commande automatique de gain (CAG)
103 qui se trouve en tête de l'étage à fréquence intermédiaire représenté sur la figure 1. Ce changement du gain change la composante continue résultante du signal à la fréquence de bande de base.

35 D'autres sources de distorsion dans le signal à la fréquence de

bande de base résultent d'imperfections des étages amplificateurs et des circuits démodulateurs.

Les figures 3 et 4 illustrent les résultats de ces composantes continues parasites qui sont ajoutées à des signaux utilisés pour la transmission de données numériques. La figure 3 montre une représentation idéale d'un jeu de signaux arbitraire, représenté dans l'espace de signal par les symboles X 301, projetés sur les axes en phase (I) et en quadrature (Q) 303. La figure 4 montre les résultats de l'ajout d'un décalage en continu parasite 309 à la composante I ou la composante Q. Les décalages dans les composantes I et Q entraînent un décalage du seuil de décision, ce qui biaise la sélection d'un symbole par rapport à l'autre, réduisant ainsi la marge de bruit pour certains des symboles et aboutit à une marge d'erreur réduite en présence de bruit non corrélé.

L'erreur de décalage en continu indésirable qui est introduite par l'oscillateur local est souvent acceptable pour certains radiorécepteurs, mais des radiorécepteurs numériques ont une plus faible tolérance vis-à-vis d'erreurs de décalage qu'un radiorécepteur analogique classique. Le décalage en continu indésirable qui est introduit par des niveaux de signal variables n'est habituellement jamais un problème dans un radiorécepteur monofréquence, mais il peut constituer un problème dans des radiorécepteurs accordables. Le problème est transitoire par nature, et il se produit au moment de l'accord du radiorécepteur sur une nouvelle fréquence. Ceci peut être acceptable pour certaines applications, et de nombreux radiorécepteurs classiques utilisent des réseaux à résistance (R) et condensateur (C), tandis que d'autres comportent un commutateur supplémentaire pour changer l'impédance du réseau RC pendant une transition, afin de réduire le temps nécessaire à la stabilisation après la transition. La solution directe consistant dans l'utilisation d'un réseau RC pour éliminer la composante continue indésirable, c'est-à-dire ce que l'on appelle plus exactement le couplage en alternatif, fait apparaître un biais lorsqu'une longue séquence de symboles, représentant des configurations de symboles 1 et 0, qui est reçue par un récepteur numérique, ne contient pas un nombre égal de 1 et de 0, ce qui fait apparaître une composante continue désirée qui serait éliminée par le couplage du signal en alternatif. Il existe un

besoin portant sur un dispositif conçu pour corriger rapidement le décalage en continu indésirable, avant que le radiorécepteur ne reçoive les données intéressantes. Un tel dispositif doit corriger des erreurs transitoires qui apparaissent au moment de l'accord sur une nouvelle
5 fréquence, et il doit s'adapter rapidement au niveau de tension correct. Il est nécessaire de corriger en un temps extrêmement court le décalage en continu indésirable qui est occasionné par le changement du gain du récepteur et par le couplage de l'oscillateur local dans l'étage FI.

La présente invention porte sur un radiorécepteur qui reçoit un
10 signal d'entrée et qui comprend au moins deux états fonctionnels, un circuit de bande de base (BB), et au moins deux compensateurs de décalage en continu adaptatifs dans le circuit de bande de base. Lorsque le premier état fonctionnel du radiorécepteur est activé, les circuits compensateurs de décalage en continu sont réglés sur un niveau de sortie
15 prédéterminé en l'absence d'un signal d'entrée pour le radiorécepteur. Lorsque le second état fonctionnel est activé, le signal d'entrée reçu est transmis par le radiorécepteur, et le décalage en continu est diminué par rapport au signal d'entrée reçu, au moyen des circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs dans le circuit de bande
20 de base.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La suite de la description se réfère aux dessins annexés dans
lesquels :

25 la figure 1 est un schéma d'un système de transmission radiofréquence ne montrant que des détails limités du récepteur.

La figure 2 est un schéma d'une configuration de créneaux temporels que l'on utilise dans un système de transmission à accès multiples par répartition dans le temps (ou AMRT).

30 La figure 3 est une représentation de signaux arbitraires idéaux transposés sur les axes en phase et en quadrature.

La figure 4 est une représentation de signaux arbitraires contenant un décalage en continu indésirable, et transposés sur les axes en phase et en quadrature.

35 La figure 5 est un schéma d'un circuit de bande de base qui peut

employer la présente invention.

La figure 6 est un schéma d'un circuit compensateur de décalage en continu adaptatif utilisable dans le circuit de la figure 4.

La figure 7 est un schéma d'un autre circuit compensateur de décalage en continu adaptatif.

La figure 8 est un schéma d'encore un autre circuit compensateur de décalage en continu adaptatif.

La figure 1 représente un système radiofréquence qui achemine des signaux radiofréquences entre un émetteur 101 et un récepteur 121. L'émetteur 101 est un émetteur de site fixe qui dessert une zone de couverture radio dans laquelle se trouvent des récepteurs mobiles et portables, parmi lesquels le récepteur 121 qui est représenté sur la figure 1.

L'antenne 125 convertit les signaux radiofréquences électromagnétiques en signaux radiofréquences (RF) électroniques. Le mélangeur 129 mélange la fréquence d'oscillateur local, 123, avec les signaux radiofréquences entrants, de façon à réduire la fréquence à une fréquence intermédiaire (FI). Après passage des signaux FI à travers un filtre supplémentaire 127, l'amplificateur à commande automatique de gain (CAG) 103 amplifie les signaux jusqu'aux niveaux de tension corrects, pour éviter une saturation et pour permettre l'interprétation par les circuits restants dans le récepteur 121. L'amplificateur à commande automatique de gain est un amplificateur à gain variable qui est commandé par la puissance mesurée des signaux radiofréquences entrants. Les signaux FI reçus sont ensuite soumis à un filtrage passe-bande, en 105, et ils sont appliqués à l'entrée du circuit démodulateur en quadrature.

Le circuit démodulateur en quadrature est constitué par un diviseur de signal 107, deux mélangeurs 109, 111, un diviseur de puissance 119 et un oscillateur local 117. La combinaison de l'oscillateur local 117 et du diviseur de puissance 119 produit deux signaux mutuellement déphasés de 90° , qu'on appelle le signal en phase (I) et le signal en quadrature (Q). Les signaux FI reçus sont divisés en deux parties, et une information identique est émise vers les deux mélangeurs 109, 111. Le mélangeur 111 mélange les signaux FI reçus avec la composante en phase (I) du signal d'oscillateur local 117. Le signal est ensuite sou-

mis à un filtrage passe-bas, en 113, pour produire un signal de données en phase (I). Le mélangeur 109 mélange les signaux FI reçus avec la composante en quadrature (Q) du signal d'oscillateur local 117. Le signal que produit ce mélangeur est ensuite soumis à un filtrage passe-bas, en 115, pour produire un signal de sortie de données en quadrature (Q). Les données I et Q résultantes sont considérées comme des signaux en bande de base, et elles sont ensuite interprétées par le circuit de bande de base pour former des données numériques à utiliser par le système de radiotéléphone.

Le radiorécepteur 121 est conçu pour être utilisé dans un système de radiotéléphone numérique européen qui est spécifié par le comité Groupe Spécial Mobile (GSM), et ce système de radiotéléphone émet et reçoit des données avec accès multiples par répartition dans le temps (AMRT). Dans un système AMRT, le radiotéléphone émet des données vers un émetteur-récepteur de site fixe 101 et reçoit des données provenant de ce dernier, seulement dans certains créneaux temporels. La figure 2 montre un exemple d'une technique d'émission et de réception AMRT. Le créneau temporel 1 a été attribué à ce radiotéléphone particulier pour émettre et recevoir des données. Les créneaux temporels d'émission 209 et les créneaux temporels de réception 207 sont décalés dans le temps de trois créneaux temporels, pour permettre l'utilisation de la même antenne pour émettre et recevoir à différents instants. Entre l'émission et la réception, pendant les créneaux temporels 6, 7 et 0, le récepteur du radiotéléphone change les fréquences et effectue une mesure de puissance, en contrôlant le niveau de signal d'une station de base adjacente. Du fait que la répétition des créneaux temporels de réception 201, 205 a lieu avec une séparation qui n'est de 4,615 ms, et du fait que pendant les créneaux temporels 6, 7 et 0, le radiorécepteur 121 doit changer la fréquence et le gain, des contraintes sévères sont imposées aux circuits du récepteur pour qu'il se règle rapidement sur la tension de polarisation continue correcte, afin d'éviter de distordre les données reçues.

Comme expliqué précédemment, on peut voir sur les figures 3 et 4 l'effet d'une tension de décalage en continu indésirable 309 sur le seuil de décision qui détermine les symboles des signaux. Le circuit qui

est représenté sur la figure 5 élimine le problème du décalage en continu. Ce circuit présente deux états fonctionnels séparés, et le premier état fonctionnel est établi avant la réception de données valides.

Dans ce premier état fonctionnel, l'amplificateur de commande automatique de gain 407 est réglé à un niveau prédéterminé qui a été déterminé au cours de mesures de puissance précédentes pour la fréquence donnée. Le récepteur est rendu silencieux en 401, empêchant ainsi que des signaux radiofréquence quelconques ne soient reçus dans le mélangeur 403. Le blocage de la réception crée des conditions idéales pour permettre au circuit de bande de base de se régler sur les niveaux continus désirés des signaux I et Q. Les signaux FI sont filtrés en 405 et ils sont ensuite amplifiés en 407. Les signaux FI sont appliqués aux démodulateurs 415, 413. Les signaux de données I et Q sont présentés en sortie. Pour éviter une répétition, seuls les circuits I sont représentés à partir de ce point, du fait que les circuits I et Q sont identiques. Les signaux de données I sont ensuite soumis à un filtrage passe-bas en 417. Ces signaux sont ensuite appliqués au circuit compensateur de décalage en continu adaptatif 421, qui corrige la tension de polarisation du signal reçu, de manière que le signal résultant qui est appliqué au filtre passe-bas 419 se stabilise à la tension de référence désirée. Au bout d'un retard qui est déterminé par l'élément 423, le circuit compensateur de décalage en continu adaptatif 427, similaire au circuit compensateur de décalage en continu adaptatif 421 mentionné précédemment, est mis en fonction. Ce circuit élimine tout décalage en continu supplémentaire qui est créé ou transmis par le circuit compensateur de décalage en continu adaptatif 421 précédent. Le signal résultant est un signal de données I qui est correctement réglé pour éliminer tout décalage en continu indésirable résiduel, 309. Ces circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs 421, 427 seront expliqués de façon plus détaillée en relation avec les figures 6, 7 et 8.

La figure 6 montre une représentation détaillée d'une forme de réalisation des circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs 421 et 427, en association avec un amplificateur non inverseur. Après que le signal d'entrée a été bloqué et que la tension de CAG a

été fixée au niveau prédéterminé, le signal de commande d'adaptation 509 active l'élément de commutation 507 qui change la résistance entre le chemin de signal et la masse électrique, pour la faire passer de la résistance Rin 505 à la résistance interne de l'élément de commutation 507, ce qui permet au condensateur Cc 503 de se charger rapidement, et permet ainsi au signal de sortie de l'amplificateur inverseur 511 de se stabiliser très rapidement à la tension de référence désirée. Après ce moment, l'élément de commutation 507 est ouvert et la constante de temps qui est établie par la résistance Rin 505 et le condensateur Cc 503 est fixée à la valeur correspondant à la fréquence de coupure basse appropriée, de façon que le circuit soit prêt à éliminer le décalage en continu indésirable du signal de données I pendant le second état fonctionnel.

La figure 7 représente une variante du circuit compensateur de décalage en continu adaptatif qui est conçue pour fonctionner avec des amplificateurs inverseurs. Dans ce cas, lorsque l'élément de commutation 525 est activé, le condensateur Cc 523 est chargé rapidement, ce qui permet au signal de sortie de l'amplificateur inverseur 533 de se stabiliser très rapidement à la tension de référence désirée. Après ce moment, l'élément de commutation 525 est bloqué et la constante de temps qui est établie par la résistance Rin 529 et le condensateur Cc 523 est fixée de façon à correspondre à la fréquence de coupure basse appropriée, et le circuit est prêt à éliminer le décalage en continu indésirable 309 du signal de données I pendant le second état fonctionnel.

La figure 8 représente un autre mode de réalisation du circuit compensateur de décalage en continu adaptatif qui est optimisé pour la réalisation dans un circuit intégré (CI). Dans ce cas, le circuit compensateur de décalage en continu adaptatif comprend une boucle de réaction associée à un amplificateur 545. La boucle de réaction utilise le signal de sortie de l'amplificateur à titre de signal d'entrée positif pour un amplificateur à transadmittance 549. Le signal d'entrée négatif de l'amplificateur à transadmittance est une tension de commande de référence 547. La sortie de l'amplificateur à transadmittance 549 est connectée à une extrémité d'un élément de commutation 551, tandis que l'autre extrémité de l'élément de commutation 551 est connectée à

l'entrée négative de l'amplificateur 545, par l'intermédiaire d'un condensateur 553.

Lorsque l'élément de commutation 551 est à l'état conducteur, l'amplificateur à transadmittance 549 peut fournir ou absorber un courant par l'intermédiaire du condensateur 553, pour régler la tension continue sur l'entrée négative de l'amplificateur. La tension continue est réglée à un niveau tel que le niveau de tension sur la sortie de l'amplificateur 545 se règle au niveau de tension approprié.

Après que la tension a été correctement réglée, l'élément de commutation 551 est bloqué. Lorsque l'élément de commutation 551 est bloqué, la tension aux bornes du condensateur 553 est maintenue au niveau final qui a été déterminé pendant que l'élément de commutation 551 était conducteur. La tension aux bornes du condensateur 553 sera maintenue à ce niveau de tension jusqu'à ce que l'élément de commutation 551 soit placé à l'état conducteur.

Après le processus de réglage de tous les circuits amplificateurs adaptables, le radiorécepteur 121 est prêt pour recevoir des signaux radiofréquences provenant de l'émetteur 101.

Le second état fonctionnel supprime la condition de blocage radiofréquence (RF), établie par l'élément 401, et il permet l'entrée des signaux RF dans la voie de signal du radiorécepteur 121. Pendant ce temps, les éléments de commutation qui sont contenus dans les circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs 421, 427 restent à l'état bloqué, et suppriment le décalage en continu indésirable 309, ce qui permet la récupération des données numériques et leur traitement par le radiotéléphone.

Ce mode de réalisation est capable d'éliminer un décalage en continu indésirable dans les signaux aux fréquences de bande de base, indépendamment de la source de la distorsion. L'homme de l'art pourrait appliquer l'invention décrite ici à des modes de réalisation similaires qui ne sont pas limités à des radiorécepteurs qui convertissent directement le signal d'entrée de réception en un signal aux fréquences de la bande de base, ou à des radiorécepteurs qui contiennent un certain gain variable dans le circuit de bande de base.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif et au procédé décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Radiorécepteur (121) recevant un signal d'entrée et comprenant un circuit de bande de base et au moins deux états fonctionnels, caractérisé en ce qu'il comprend : des premiers et seconds moyens qui sont respectivement destinés à régler à un niveau de sortie prédéterminé des premier (421) et second (427) circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs dans le circuit de bande de base, lorsqu'un premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé ; des moyens (423) destinés à retarder le fonctionnement des seconds moyens de réglage par rapport aux premiers moyens de réglage ; des moyens (401) destinés à transmettre un signal d'entrée reçu lorsqu'un second des deux états fonctionnels, au moins, est activé ; et des moyens (421, 427) destinés à diminuer le décalage en continu (309) présent dans le signal d'entrée reçu, lorsque le second des deux états fonctionnels, au moins, est activé.

2. Radiorécepteur selon la revendication 1, caractérisé par des moyens (401) destinés à empêcher que le signal d'entrée ne soit appliqué au radiorécepteur (121) lorsque le premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé.

3. Radiorécepteur (121) selon la revendication 1, dans lequel les moyens de réglage de chacun des deux circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs, au moins, dans le circuit de bande de base, sont caractérisés par l'existence de moyens qui réagissent à l'activation d'un signal de commande lorsque le premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé, en changeant une charge présente sur un condensateur (503) qui est incorporé dans un filtre.

4. Radiorécepteur (121) selon la revendication 3, dans lequel les moyens destinés à diminuer le décalage en continu du signal d'entrée reçu, sont caractérisés par des moyens qui réagissent à la désactivation du signal de commande, lorsque le premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé, en réglant (509) la fréquence de coupure du filtre précité.

5. Radiorécepteur (121) selon la revendication 1, dans lequel

les moyens destinés à régler chacun des deux circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs, au moins, dans le circuit de bande de base, sont en outre caractérisés par des moyens qui réagissent à l'activation d'un signal de commande en réglant (547) une tension d'entrée d'un amplificateur (545).

6. Radiorécepteur (121) selon la revendication 5, dans lequel les moyens destinés à diminuer le décalage en continu du signal d'entrée reçu, sont caractérisés par des moyens qui réagissent à la désactivation du signal de commande en maintenant (553) la tension d'entrée de l'amplificateur (545).

7. Radiorécepteur (121) recevant un signal d'entrée et comprenant un circuit de bande de base et au moins deux états fonctionnels, caractérisé en ce qu'il comprend : au moins deux circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs (421, 427), dans le circuit de bande de base ; une première section et une seconde section du circuit de bande de base, la première section du circuit de bande de base transmettant un signal d'entrée reçu avant la seconde section ; un premier signal de commande (429) et un second signal de commande (431), ce second signal de commande (431) étant retardé par rapport au premier signal de commande (429) ; des moyens qui réagissent au premier signal de commande (429) en réglant (433) à un niveau de sortie prédéterminé un premier (421) des deux circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs, au moins, se trouvant dans la première section de circuit de bande de base, lorsqu'un premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé ; des moyens qui réagissent au second signal de commande (431) en réglant (435) à un niveau de sortie prédéterminé un second (427) des deux circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs, au moins, se trouvant dans la seconde section de circuit de bande de base, lorsque le premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé ; des moyens (401) destinés à transmettre le signal d'entrée reçu lorsqu'un second des deux états fonctionnels, au moins, est activé ; et des moyens (421, 427) destinés à diminuer le décalage en continu du signal d'entrée reçu, lorsque le second des deux états fonctionnels, au moins, est activé.

8. Radiorécepteur (121) selon la revendication 7, caractérisé en

ce qu'il comprend des moyens qui réagissent à un troisième signal de commande (437) en empêchant l'application du signal d'entrée au radio-récepteur lorsqu'un premier des deux états fonctionnels, au moins, est activé, le premier signal de commande (429) étant retardé par rapport

5 au troisième signal de commande (437).

9. Radiorécepteur selon la revendication 7, dans lequel les moyens destinés à régler les deux circuits compensateurs de décalage en continu adaptatifs, au moins, dans le circuit de bande de base, sont caractérisés par un filtre comprenant au moins un condensateur (503)

10 et un élément de commutation (507), dans lequel le ou les condensateurs (503) sont connectés en série avec une voie du signal d'entrée reçu, une première extrémité de l'élément de commutation est connectée à la voie précitée du signal reçu, et une seconde extrémité de l'élément de commutation est connectée à une masse électrique, de façon que lorsque l'élément de commutation est à l'état conducteur, sous

15 l'effet d'un signal de commande activé, toute tension continue présente sur le ou les condensateurs provoque une charge rapide du ou des condensateurs.

10. Radiorécepteur selon la revendication 9, dans lequel les moyens destinés à diminuer le décalage en continu du signal d'entrée

20 reçu sont caractérisés par un filtre comprenant le ou les condensateurs précités (503), au moins une résistance (505) et l'élément de commutation (507), une première extrémité de la résistance ou des résistances étant connectée à la voie du signal d'entrée reçu, et une

25 seconde extrémité de la résistance ou des résistances étant connectée à la masse électrique, de façon que lorsque l'élément de commutation est à l'état bloqué, sous l'effet d'un signal de commande désactivé, la constante de temps qui est inhérente à la résistance ou aux résistances (505) et au condensateur ou aux condensateurs, définisse une fréquence de coupure.

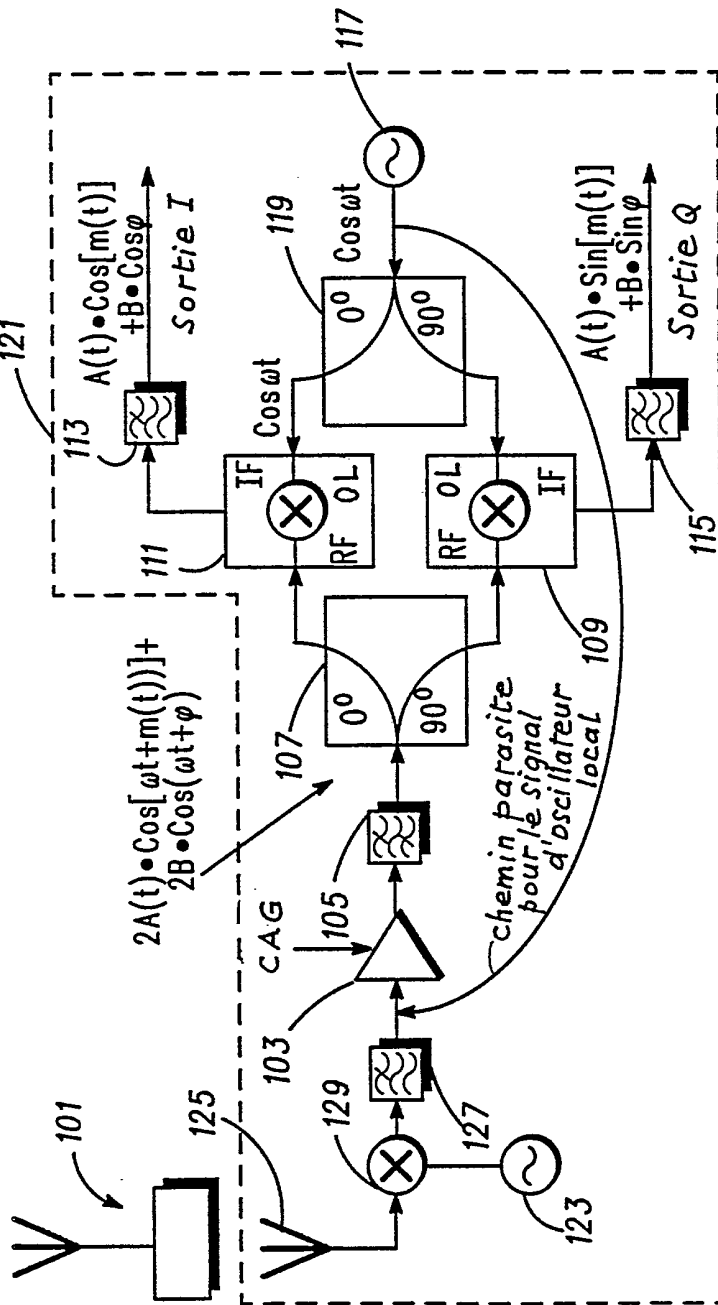


FIG. 1

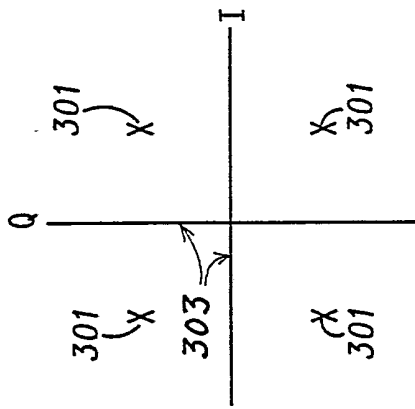


FIG. 3

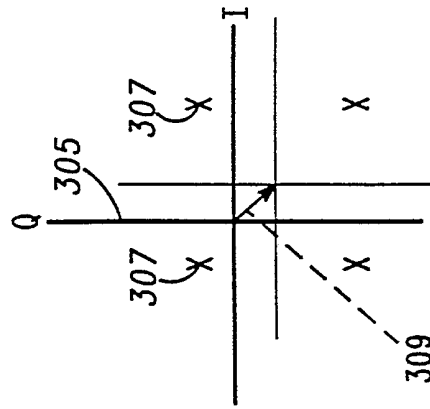


FIG. 4

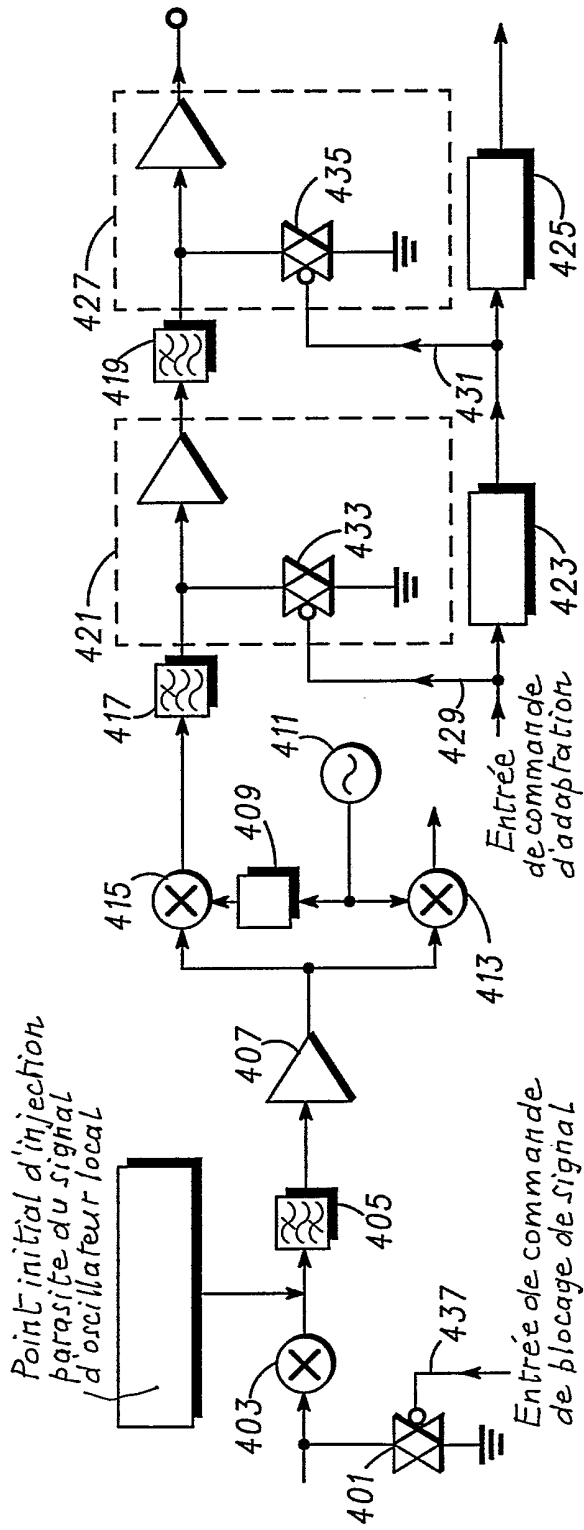


FIG. 5

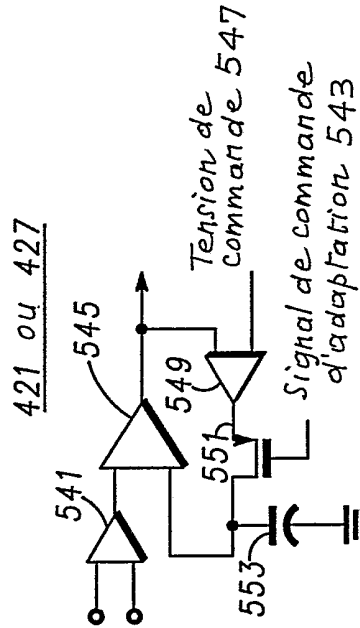


FIG. 8

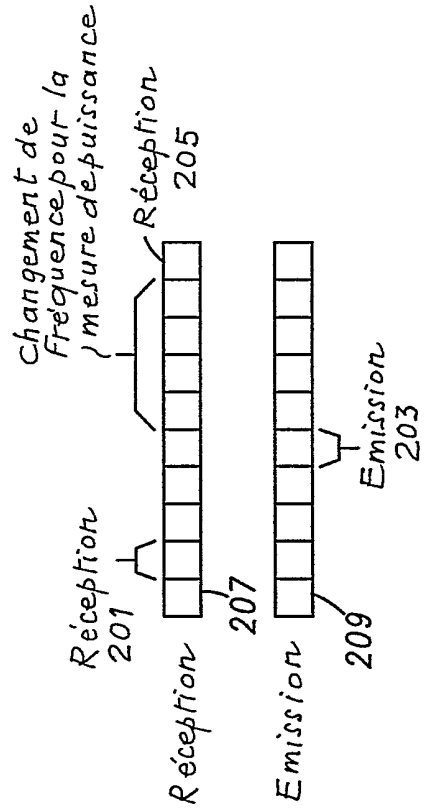


FIG. 2

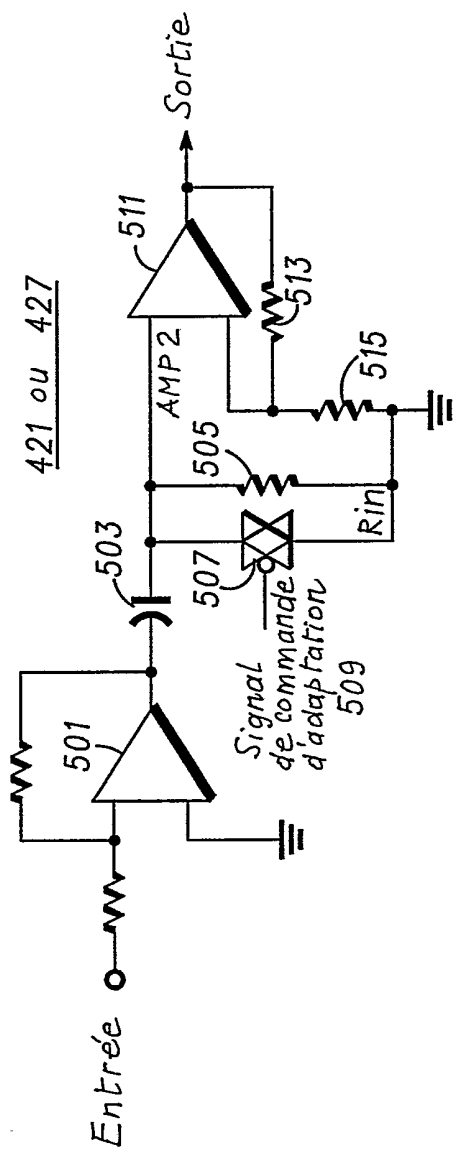


FIG. 6

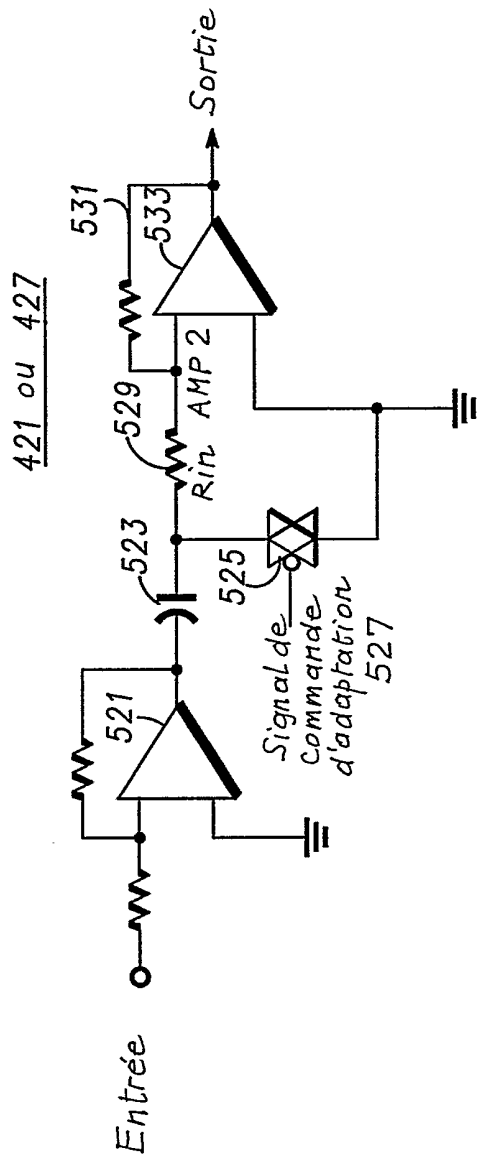


FIG. 7