

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21 septembre 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 12 du 22 mars 1985.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : VEILLARD Jacques et ETABLISSEMENT
PUBLIC DE DIFFUSION dit TELEDIFFUSION DE FRANCE.
— FR.

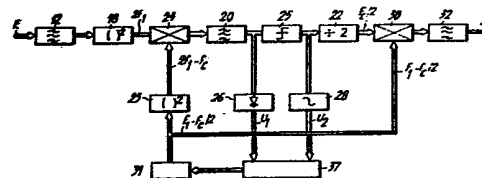
⑦2 Inventeur(s) : Jacque Veillard.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Procédé et dispositif de démodulation cohérente de porteuse à modulation numérique.

⑤7 Pour effectuer la démodulation cohérente de la porteuse qui est émise par salves utiles régulièrement espacées dans le temps, avec continuité de phase d'une phase à la suivante, on utilise un dispositif qui comprend des moyens d'élévation 18 au carré de la porteuse à fréquence f_1 modulée pour faire apparaître la fréquence $2f_1$, un filtre 20 à bande étroite d'isolement de fréquence et un diviseur de fréquence par deux 22. Le dispositif comprend de plus des moyens 31, 23, 24 pour décaler, avant application au filtre à bande étroite 20, la fréquence $2f_1$ double de la fréquence porteuse d'une quantité ajustable $2f_1 - f_c$, des moyens 26, 37 pour comparer l'amplitude du signal de sortie du filtre à un seuil, modifier la fréquence de décalage $f_1 - f_c/2$ jusqu'à ce que l'amplitude dépasse le seuil et figer alors la fréquence de décalage.



Procédé et dispositif de démodulation cohérente de porteuse
à modulation numérique

L'invention concerne la démodulation cohérente
de porteuse à modulation numérique par déplacement de phase ou
5 par déplacement de fréquence à phase continue, porteuse émise
par salves régulièrement espacées dans le temps, avec conti-
nuité de la phase d'une salve à la suivante. La modulation
numérique par déplacement de phase peut être de n'importe
lequel des types couramment utilisés : il peut notamment
10 s'agir de la modulation MDP 2-4, dans lequel la porteuse est
modulée par des sauts de phase de 90°.

L'invention trouve une application particulièrement im-
portante dans le domaine de la radiodiffusion par satellite
utilisant un signal diffusé qui consiste en un multiplexage
15 temporel entre une porteuse analogique 11 modulée en fréquence
par le signal d'image pendant la durée active d'une ligne de
télévision et une porteuse numérique 10 émise pendant l'inter-
valle de suppression (système "C" dans la terminologie
UER). Le diagramme des temps de ce multiplex apparaît sur
20 la Figure 1. Ce système permet de diffuser huit voies numé-
riques son de haute qualité associées à l'image de télévision.
Les caractéristiques du système normalisé sont les suivantes :

Modulation de l'image :	Modulation de fréquence
25 Modulation de la porteuse numérique :	MDP 2-4
Débit instantané de la porteuse numérique :	20,25 Mbits/s
Durée d'une salve :	9,97 μ sec

30 Dans le cas où la synchronisation est émise pendant la
trame, la durée entière de la salve peut être consacrée à
l'émission des données utiles. Il n'est pas nécessaire
d'émettre un préambule au début de chaque salve comme cela
35 est classiquement réalisé dans les systèmes à accès multiple
par répartition dans le temps (AMRT).

On connaît déjà divers procédés de démodulation appli-
cables à la radiodiffusion par satellite en système C,

notamment utilisant la modulation MDP 2-4 actuellement proposée.

Parmi ces procédés, la démodulation différentielle est actuellement mise en avant, parce que plus simple à mettre en oeuvre que la démodulation cohérente. Mais, en contrepartie, la démodulation différentielle présente des performances vis-à-vis du bruit inférieures à celles de la démodulation cohérente. En particulier, en radiodiffusion par satellite, la démodulation différentielle ne permet pas d'assurer une
10 télédiffusion simultanée de l'image et du son dès que le rapport porteuse à bruit est inférieur à une valeur plus élevée que dans le cas de la démodulation cohérente. On a constaté expérimentalement que l'interruption de service pour le son avait lieu pour un rapport porteuse à bruit
15 égal à 7,0 dB environ avec une démodulation différentielle, égal à 5,5 dB pour une démodulation cohérente, dans un canal de 27 MHz.

L'invention vise notamment à fournir un procédé de démodulation cohérente, c'est-à-dire du type suivant lequel
20 on récupère la fréquence de porteuse par élévation au carré de la porteuse et sélection de la fréquence de porteuse dans le spectre obtenu, qui conserve une immunité au bruit plus grande que les procédés de démodulation différentielle et, en même temps, présente une sécurité de fonctionnement accrue
25 en ce qui concerne notamment la récupération de la porteuse.

Avant de décrire l'invention, il peut être utile de rappeler le principe de fonctionnement des démodulateurs cohérents.

Si on suppose la porteuse modulée 10 émise pendant des salves de durée T_N avec une période de répétition T_L , la porteuse peut s'écrire :

$$x(t) = u(t) \cdot s(t)$$

où $u(t)$ est un signal périodique dont l'allure est montrée
35 en Figure 2, de période T_L , tel que

$$u(t) = 1 \text{ pour } t \in [0, T_N]$$

$$u(t) = 0 \text{ pour } t \notin [0, T_N].$$

Dans le cas d'une démodulation MDP-2 à deux états de phase, $s(t)$ a pour expression :

$$s(t) = A \sum a_k r(t-kT) \cdot \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0)$$

avec :

- 5 $a_k = \pm 1$ suivant l'élément binaire transmis,
- A : amplitude de la porteuse,
- f_0 : fréquence de la porteuse.
- φ_0 : phase à l'origine,
- $r(t)$: forme d'onde du symbole transmis,
- 10 T : durée d'un élément binaire.

Dans le cas d'une modulation de type MDP 2-4 ou MSK, $s(t)$ peut se mettre sous la forme générale :

$$s(t) = A \sum a_k r(t-kT) \cdot \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0 - K \pi/2)$$

La démodulation cohérente peut s'effectuer en faisant le
 15 produit du signal modulé par la porteuse récupérée, dont la fréquence est f_0 dans le cas d'une modulation MDP-2 et $(f_0 - 1/4T)$ dans le cas d'une modulation MDP 2-4 ou MSK.

Cette démodulation peut être effectuée par un circuit du genre montré en Figure 3 comportant, à partir de l'entrée
 20 de la porteuse modulée, un filtre passe-bande 12 dont la sortie est appliquée, d'une part, à un multiplicateur 14, d'autre part à un circuit de récupération de porteuse 16. La sortie du circuit 16 est appliquée à la seconde entrée du multiplicateur et la sortie de celui-ci attaque un filtre
 25 passe-bas 18 dont la sortie S fournit le signal démodulé. Le circuit 16 utilise classiquement le mode de récupération de porteuse d'un signal modulé à deux états par élévation au carré de cette porteuse, par exemple à l'aide d'un multipli-
 30 cateur analogique 18, extraction de la composante du signal de sortie à fréquence proche d'une valeur $2f_1$ fonction de f_0 à l'aide d'un filtre 20 et, enfin, division par deux à l'aide d'un diviseur 22.

On voit en effet que le signal obtenu en sortie du multi-
 plicateur 18 contient une composante, autour de la fréquence $2 f_1$, qui a pour expression :

$$y(t) = B u(t) \cos(2\omega_1 t + 2\varphi_0)$$

avec : $\omega_1 = 2\pi f_1$

et $\begin{cases} f_1 = f_0 & \text{en modulation MDP-2} \\ f_1 = f_0 - 1/4T & \text{pour les modulations de type MDP 2-4 ou MSK} \end{cases}$

- 5 Le signal d'émission des salves $u(t)$ peut se décomposer en série de Fourier et s'écrire :

$$u(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n \frac{2\pi T}{T_L} - \varphi_n)$$

Il en résulte que le signal $y(t)$ est formé d'une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences $2f_1 \pm n/T_L$

10
$$y(t) = B \left\{ \alpha_0 \cos(2\omega_1 t + 2\varphi_0) + \sum \alpha_n \left[\cos(2\omega_1 t - \frac{2\pi n t}{T_L}) + \cos(2\omega_1 t + \frac{2\pi n t}{T_L}) \right] \right\}$$

avec : $\alpha_0 = c_0 = T_N / T_L$
 $\alpha_n = c_n / 2 = \frac{\sin(n\pi(T_N/T_L))}{n\pi}$
 $\varphi_n = n\pi(T_N/T_L)$

- 15 Mais on constate que, dans le cas habituel où T_N est très inférieur à T_L , il y a plusieurs signaux qui ont une amplitude très voisine. Par exemple, avec $T_N = 1 \mu\text{sec}$ et $T_L = 64 \mu\text{sec}$, on obtient :

n	0	1	2	3	4
α_n	0,156	0,150	0,132	0,105	0,074

- 20 Dans le mode de réalisation de la Figure 3, la composante de fréquence $2f_1$ est sélectionnée à l'aide d'un filtre qui doit avoir une bande étroite, de largeur inférieure à $1/T_L$. Une telle largeur de bande peut être obtenue avec un filtre à quartz. Mais, en général, et notamment en radiodif-

fusion par satellite, la fréquence de la porteuse modulée appliquée à l'entrée du circuit de récupération 16 a une précision inférieure à $1/T_L$. Cela peut se traduire par la sélection d'une raie de fréquence $f_0 \pm n/T_L$, avec $n \neq 0$, ce qui
 5 entraîne une erreur de phase importante lors de la démodulation.

L'invention permet d'écarter cet inconvénient. Dans le procédé suivant l'invention, on émet une salve d'acquisition à la fréquence de la porteuse, avec une période (T_T) plus longue d'au moins un ordre de grandeur que la période d'émission des salves de porteuse modulée, et on soumet la salve
 10 d'acquisition au processus d'extraction de porteuse de façon à identifier la raie utile dans le spectre.

L'amplitude du signal de sortie du filtre 20 à bande étroite (Figure 3) augmente avec la durée de la salve d'acquisition, ainsi par conséquent que le rapport entre l'amplitude de la raie utile et l'amplitude d'une raie parasite. L'emploi d'une salve d'acquisition de durée T_S supérieure à la durée T_N d'une salve utile de fréquence f_1 permet d'obtenir un rapport beaucoup plus élevé entre l'amplitude de la raie utile
 20 et l'amplitude d'une raie parasite, du fait que l'amplitude du signal de sortie du filtre 20 à bande étroite augmente avec la durée de la salve.

L'émission de la salve d'acquisition sera commandée par un signal $v(t)$ périodique, de période T_t , ayant l'allure montrée en Figure 4 et ayant pour expression :
 25

$$v(t) = 1 \quad \text{pour } t \in [0, T_s]$$

$$v(t) = 0 \quad \text{pour } t \notin [0, T_s]$$

30

$$\text{avec : } T_T \gg T_L$$

$$T_s = T_L - T_N$$

35 Dans l'application du procédé à la radiodiffusion par satellite, le signal $v(t)$ d'acquisition est émis pendant une ligne de la suppression trame et les durées des différents signaux émis peuvent alors être les suivantes :

- 6 -

$$T_N = 10 \mu s$$

$$T_L = 64 \mu s$$

$$T_S = 54 \mu s$$

$$T_T = 20 ms$$

- 5 La salve doit correspondre à l'émission de la fréquence f_1 et peut donc être constituée par une suite d'éléments binaires au niveau zéro.

Le signal autour de la fréquence $2f_1$ obtenu après élévation au carré de la porteuse modulée par un circuit tel que
10 18 a pour expression :

$$y_1(t) = B [u(t) + v(t)] \cos(2\omega_1 t + 2\varphi_1)$$

ce qui s'écrit encore :

$$y_1(t) = B [\alpha_0 + V(t)] \cos(2\omega_1 t + 2\varphi_1) + B \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \left[\cos\left(2\omega_1 t + 2\varphi_1 - \frac{2\pi n t}{T_L} + \varphi_n\right) + \cos\left(2\omega_1 t + 2\varphi_1 + \frac{2\pi n t}{T_L} - \varphi_n\right) \right]$$

- 15 Cette dernière formule fait apparaître que la composante de fréquence $2f_1$, et elle seule, est modulée en amplitude par le signal $v(t)$. Cette modulation permet donc d'identifier f_1 et de lever l'ambiguïté lors des récupérations de porteuse à partir des salves utiles ultérieures.

- 20 Avant d'exposer diverses réalisations que permet d'utiliser cette modulation pour lever l'ambiguïté sur f_1 , il convient d'indiquer l'action sur le signal y_1 d'un filtre rectangulaire de fréquence centrale f_c , à bande étroite W telle que $\frac{1}{T_L} > W \gg \frac{1}{T_T}$ (filtre à quartz par exemple).

- 25 La fonction de transfert $H(\nu)$ de ce filtre a pour expression :

$$H(\nu) = \begin{cases} 1 & \text{pour } f_c - \frac{W}{2} < \nu < f_c + \frac{W}{2} \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases}$$

Dans le cas, qui est celui recherché pour le filtre

20 sur la Figure 3, où on a $f_c = 2f_1$, le signal $y_2(t)$ en sortie du filtre a pour expression :

$$y_2(t) = B [\alpha_0 + V_s(t)] \cos(2\omega_1 t + 2\varphi_1)$$

$$\text{avec } V_s(t) \neq W T_s \sum \frac{\sin \pi W (t - kT_T)}{\pi W (t - kT_T)}$$

5 On constate que l'amplitude de $y_2(t)$ est maximale pour $t = K.T_T$ et a pour valeur $v_{\max} = B [\alpha_0 + W T_s]$.

Si, au contraire, on a $f_c = 2f_1 \pm n/T_L$ avec $n \neq 0$ (cas d'une erreur sur la sélection de la raie), l'amplitude
10 du signal $y_2(t)$ a pour valeur $V_s = B\alpha_n$.

Dans l'application à la radiodiffusion par satellite aux normes européennes, où

$$\frac{1}{T_L} = 15625 \text{ Hz} \quad \text{et} \quad \frac{1}{T_T} = 50 \text{ Hz},$$

on pourra adopter les valeurs suivantes :

15 Salve utile : $T_N = 10 \text{ } \mu\text{sec}$
Salve d'acquisition : $T_S = 54 \text{ } \mu\text{sec}$
Longueur de bande : $W = 10 \text{ kHz}$.

Ce qui conduit à :

20 $\alpha_0 + W T_s = 0,696$
 $\alpha_1 = 0,150$
 $\alpha_2 = 0,132$.

On constate que, pour toutes les valeurs de t multiples de kT_T , l'amplitude de la composante de fréquence $2f_1$ est supérieure de 13 dB à celle des autres composantes, à
25 fréquence $2f_1 \pm n/T_L$. Il est alors aisé, même en présence de bruit, d'identifier cette raie par une détection d'amplitude suivie d'une comparaison à un seuil et de réaliser une acquisition de la raie identifiée.

Dans ce cas, la raie à fréquence ($2f_1$) est aisément identifiable comme celle ayant une amplitude maximale supérieure à un seuil déterminé.

Dans un mode particulier d'exécution de l'invention, on mélange les salves utiles et d'acquisition, après élévation au carré, et le signal de sortie d'un oscillateur à fréquence variable commandé en tension, également porté au carré, et en ce qu'on modifie progressivement la tension de commande de l'oscillateur jusqu'à ce que l'amplitude du signal provenant du mélange et soumis à un filtrage à bande étroite dépasse un seuil prédéterminé. La modification de fréquence de l'oscillateur peut se faire par pas sensiblement égaux à la largeur de bande de filtrage.

L'invention a également pour objet un dispositif de démodulation cohérente de porteuse à modulation numérique par déplacement de phase ou déplacement de fréquence à phase continue, porteuse émise par salves utiles régulièrement espacées dans le temps, avec continuité de phase d'une salve à la suivante. Suivant un mode avantageux de réalisation, ce dispositif comporte des moyens d'élévation au carré de la porteuse à fréquence (f_1) modulée pour faire apparaître la fréquence ($2f_1$), un filtre à bande étroite d'isolement de fréquence et un diviseur de fréquence par deux. Ce dispositif se caractérise en ce qu'il comprend de plus des moyens pour décaler, avant application au filtre à bande étroite, la fréquence ($2f_1$) double de la fréquence porteuse d'une quantité ajustable ($2f_1 - f_c$), des moyens pour comparer l'amplitude du signal de sortie du filtre à un seuil, modifier la fréquence de décalage ($f_1 - f_c/2$) jusqu'à ce que l'amplitude dépasse le seuil et figer alors la fréquence de décalage.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de réalisation de celle-ci, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- les Figures 1, 2 et 3, déjà mentionnées, sont respectivement : un diagramme des temps du multiplex de radiodiffusion par satellite comportant une porteuse analogique modulée en fréquence par le signal d'image et une
5 porteuse numérique émise pendant l'intervalle de suppression; un diagramme faisant apparaître les salves d'émission de la porteuse modulée ; et un schéma de principe d'un circuit classique de démodulation cohérente,

- la Figure 4 est un diagramme montrant la localisa-
10 tion d'une salve d'acquisition de durée T_S au cours de la diffusion,

- la Figure 5 est un synoptique d'un circuit de récupération de porteuse comportant un filtre à bande étroite, constituant un premier mode d'exécution de l'inven-
15 tion,

- la Figure 6 est un schéma donnant la constitution de certains des composants du synoptique de la Figure 5,

- la Figure 7 est un schéma montrant un exemple de réalisation possible du circuit logique de commande de la
20 Figure 5,

- la Figure 8 est un synoptique du schéma général d'un récepteur de radiodiffusion par satellite en système C dans lequel peut être utilisé le circuit de récupération de porteuse de la Figure 5,

25 - la Figure 9, similaire à la Figure 5, est un synoptique d'un circuit de récupération de porteuse avec boucle à verrouillage de phase, constituant un autre mode de réalisation de l'invention.

Le circuit de récupération de porteuse dont le
30 synoptique est donné en Figure 5 est du type comportant un filtre à bande étroite, qui sera généralement constitué par un filtre à quartz. Ce circuit, comme celui de la Figure 3, comprend un filtre passe-bande d'entrée 12, suivi par un circuit 18 d'élévation au carré du signal de porteuse modulée.

qu'il reçoit, de façon à faire apparaître la fréquence $2f_1$ dans son signal de sortie y_1 . Entre le circuit d'élévation au carré 18 et le filtre à quartz 20 à fréquence centrale f_c est interposé un premier multiplicateur 24. Ce multiplicateur 24 reçoit également un signal de fréquence $(2f_1 - f_c)$ fourni par un second circuit 23 d'élévation au carré, constituant le dernier élément d'une boucle d'acquisition qui sera décrite plus loin.

Le signal de sortie f_c du premier multiplicateur 24 traverse le filtre 20 et est appliqué à un limiteur 25, puis à un diviseur de fréquence par deux 22 qui restitue $f_c/2$ et l'applique à un second multiplicateur 30 qui reçoit de la boucle d'acquisition le signal de fréquence $f_1 - f_c/2$.

Un filtre F_{3c} 32 élimine la composante de fréquence $(f_1 - f_c/2)$ accompagnant le signal f_1 en sortie du multiplicateur 30 et fournit en sortie le signal de fréquence f_1 recherché.

La boucle d'acquisition comporte une logique de commande 37 qui élabore un signal de commande d'un oscillateur commandé en tension 31 fournissant la fréquence $f_1 - f_c/2$ à partir :

- de la tension de sortie U_1 d'un détecteur d'amplitude 26, auquel est appliqué le signal provenant du filtre à bande étroite 20,
- de la tension d'erreur U_2 élaborée par un discriminateur 28 (discriminateur à quartz en général) qui reçoit le signal de sortie du limiteur 25.

L'oscillateur 31 attaque directement le second multiplicateur 30 et, par l'intermédiaire du circuit 23 d'élévation au carré, le premier multiplicateur 24.

Le rôle de la logique de commande est de fournir une tension permettant, en phase d'acquisition, de faire varier la fréquence de l'oscillateur dans une plage correspondant aux variations maximales de fréquence de la porteuse modulée : lorsque l'acquisition a eu lieu, c'est-à-dire lorsque l'ambiguïté est levée, le balayage s'arrête et le circuit fournit la tension d'asservissement permettant au signal utile de rester centré dans le filtre à quartz.

La Figure 6, où les composants correspondant à ceux de la Figure 5 sont désignés par le même numéro de référence, montre une constitution possible de certains de ces composants. Le circuit 18 d'élévation au carré du signal modulé et le circuit 23 d'élévation au carré du signal provenant de l'oscillateur 31 peuvent être constitués par des doubleurs de fréquence de type RK3 suivi d'un amplificateur de type OM350 destiné à compenser les pertes d'insertion du doubleur. Le filtre à bande étroite 20 peut être constitué par un filtre monolithique à quatre pôles à quartz, de fréquence centrale $f_c = 21,4$ MHz, et de largeur de bande à -3dB égale à 7,5 kHz. Sur la Figure 6, ce filtre 20 est précédé d'un amplificateur à transistors 38 d'adaptation d'impédance. Le limiteur 25 peut être un circuit de type NE 529 commercialisé par la société RTC. Le diviseur 22 peut être constitué par une bascule de type D suivie d'un adaptateur d'impédance. Il peut notamment s'agir d'une bascule SN 74 LS 74 suivie d'un adaptateur d'impédance SN 74 128.

Le discriminateur de fréquence 28 peut être constitué par un modulateur en anneau de type SBL 1 faisant le produit du signal en amont du filtre à bande étroite 20 et du signal de sortie du limiteur 25. Le signal en amont du limiteur 20 est prélevé avant l'amplificateur 38. Avant d'être appliqué au discriminateur de fréquence 28, il traverse un déphaseur variable à deux transistors 39, ce qui permet d'ajuster la phase pour avoir une tension de sortie égale à 0 à la fréquence centrale f_c du filtre à quartz.

La logique de commande 37 peut avoir toute constitution lui permettant de remplir le rôle défini plus haut. Elle peut notamment correspondre au schéma montré en Figure 7.

La logique 37 de la Figure 7 comporte un oscillateur 40 à fréquence fixe, prévu pour fournir un signal carré de fréquence non réglable voisine de $1/T_T$, qui est appliqué à un compteur incrémental-décrémental 41 et à un convertisseur numérique-analogique 42 qui délivre un signal formé d'une suite d'échelons de tensions telle que chaque saut de tension ΔU correspond à un saut de fréquence de l'ordre de W (W étant la largeur de bande du filtre à quartz 20). Un circuit logique ET 43 entre l'oscil-

- 12 -

lateur. 40 et le compteur 41 constitue une porte qui permet d'arrêter le balayage lorsque l'acquisition a eu lieu.

Le signal U_1 obtenu en sortie du détecteur d'amplitude 26 (Figures 5 et 6) est appliqué à un comparateur 44 qui délivre
5 un niveau logique V tel que :

$$V = 0 \text{ si } u_1 < u_0$$

$$V = 1 \text{ si } u_1 > u_0$$

u_0 étant une tension de référence appliquée à l'entrée du com-
10 parateur.

La condition $u_1 > u_0$ caractérise la détection d'acquisition et indique que le signal utile de fréquence f_1 est obtenu en sortie du circuit de récupération de la porteuse.

Le signal logique en sortie du comparateur 44 est
15 constitué d'une suite d'impulsions de période T_T et de durée voisine de T_S . Il est appliqué à un monostable redéclenchable 46 qui agit en tant que bloqueur et délivre un niveau constant $Q = 1$ lorsque la suite d'impulsions est présente à l'entrée. La constante de temps τ du monostable est choisie égale à quel-
20 ques périodes T_T du signal d'entrée. Par exemple, avec $\tau = 3T_T$, il faudra trois non-reconnaissances successives du signal d'acquisition pour que le niveau se retrouve égal à $Q = 0$ et que le processus d'acquisition soit à nouveau déclenché.

La tension U_2 issue du discriminateur de fréquence à
25 quartz 28 est filtrée et amplifiée dans un filtre analogique 47 avant d'être appliquée à un commutateur analogique 48 dont la commande est fournie par le monostable 46 (le commutateur est passant si $Q = 1$).

Le fonctionnement du circuit est le suivant :

30 - si $u_1 < u_0$, $\forall t$, l'acquisition n'a pas eu lieu. On a $Q = 0$. Le commutateur 48 est bloqué (c'est-à-dire correspond à un circuit ouvert). La fréquence de l'oscillateur commandé en tension 31 est incremented d'une quantité $\Delta F = W$ à chaque période de l'oscillateur de balayage, à partir d'une valeur initiale qui peut être choisie inférieure à la va-
35 leur attendue de $f_1 - f_C/2$. Si le compteur atteint sa capacité maximale sans qu'il y ait eu acquisition, il commence à décompter. Dans un autre mode de réalisation, il revient simplement à zéro.

- si $u_1 > u_0$ pour $t = kT_T$, l'acquisition a eu lieu et $Q = 1$.

- 13 -

Le balayage est arrêté, le commutateur 48 est passant et la tension d'asservissement U_2 est maintenue appliquée à l'oscillateur commandé en tension.

A titre d'exemple d'application de l'invention, on décrit maintenant, en faisant référence à la Figure 8, la constitution générale d'un récepteur de radiodiffusion par satellite en système C incorporant un circuit de récupération du genre montré en Figures 5 et 6.

Le récepteur comporte un mélangeur d'entrée 50 de transposition du signal d'entrée reçu à la première fréquence intermédiaire (autour de 1 GHz) transposé à une deuxième fréquence plus basse (autour de 100 MHz par exemple), par multiplication avec le signal d'un oscillateur local accordé de manière à sélectionner le canal désiré.

Le signal à la sortie du mélangeur 50 est filtré par un filtre passe-bas 52 et est appliqué à un amplificateur 53 muni d'une commande automatique de gain. Le signal d'amplitude constante obtenu en sortie de l'amplificateur 53 est divisé en deux voies.

L'une des voies est soumise au traitement du signal d'image et à la synchronisation trame. Etant de type bien connu, ce traitement ne sera pas décrit en détail et il suffit de rappeler que la voie de traitement réalise les fonctions suivantes :

- filtrage de canal (filtre analogique 54 sur la Figure 8),
- démodulation de fréquence (démodulateur FM analogique 55),
- amplification et filtrage du signal d'image démodulé (filtre 56),

- récupération d'horloge, synchronisation trame et création de la base de temps (unité 57 de traitement des signaux analogiques et numériques).

L'autre voie en sortie de l'amplificateur 53 assure la démodulation cohérente du signal numérique. Elle comporte un filtre d'entrée passe-bande 12, suivi d'un interrupteur 58 représenté sous forme d'un élément mécanique pour simplifier. Lorsque le mot de synchronisation trame a été reconnu par l'unité de traitement 57, la base de temps génère un signal de commande de l'interrupteur 58 qui permet d'appliquer

le signal au démodulateur numérique seulement pendant la durée des salves numériques.

Le filtre 12 pourra être un filtre de type Gaussien jusqu'à -6dB à trois pôles tels que $B = 0,65/T$ (B étant la
5 largeur de bande à -3dB du filtre). Le signal issu du filtre est à son tour divisé en deux voies.

L'une des voies est appliquée au circuit de récupération de porteuse 60, du type montré en Figures 5 et 6, qui délivre la porteuse récupérée de fréquence $f_0 - 1/4T$. Dans ce
10 cas, l'oscillateur 31 du circuit de récupération de porteuse est fixe (oscillateur à quartz) et la tension d'erreur U_4 en sortie du circuit logique de commande 37 est appliquée à l'oscillateur local de transposition 51, ajoutée dans un sommateur 61 au signal de sélection de canal fourni par un
15 organe réglable de sélection 62.

L'autre voie de sortie du filtre 12 comporte un mélangeur qui reçoit sur son autre entrée la porteuse récupérée et délivre en sortie, après filtrage passe-bas en 64, le signal numérique démodulé.

20 On décrira maintenant de façon succincte le fonctionnement du circuit de récupération de porteuse, dans le cas où il est incorporé à un récepteur de radiodiffusion du genre montré en Figure 8.

Lors de la mise sous tension du récepteur, l'utilisateur doit présélectionner la fréquence de l'oscillateur local
25 51 sur le canal désiré, à l'aide de l'organe de sélection 62. Le circuit logique de commande 37 va alors intervenir pour faire varier la fréquence de l'oscillateur 51, si nécessaire, de part et d'autre de la fréquence présélectionnée.

30 L'acquisition se fait en deux étapes.

Au cours de la première étape, il y a reconnaissance du mot de synchronisation trame par l'unité de traitement
57. Lorsque ce mot de synchronisation a été reconnu, la base de temps de l'unité 57 génère un signal qui est appliqué à
35 l'interrupteur 58 pour le rendre passant. Les salves numériques sont alors envoyées au circuit de récupération de porteuse.

Au cours de la seconde étape, il y a identification du signal d'acquisition de porteuse par le circuit 60, par iden-

- 15 -

tification de celle des raies qui est modulée en amplitude. Le balayage en fréquence se poursuit jusqu'à ce que le signal d'acquisition de porteuse ait été reconnu. Dès cette reconnaissance effective, il y a arrêt du balayage en fréquence
 5 par blocage de l'interrupteur 58 et mise en service du circuit de contrôle automatique de fréquence. Le récepteur est alors en fonctionnement stabilisé et fournit les données numériques à 20,25 Mbits par seconde au circuit de traitement.

Dans la variante de réalisation de l'invention montrée
 10 en Figure 9, où les organes correspondant à ceux de la Figure 5 sont désignés par le même numéro de référence, la récupération de porteuse est assurée par une boucle à verrouillage de phase.

Dans la variante de la Figure 9, l'oscillateur commandé
 15 en tension 31 a une fréquence de repos voisine de f_1 . Le signal de sortie de l'oscillateur 31 est appliqué à un circuit d'élévation au carré 23 destiné à faire apparaître une porteuse de fréquence $2f_1$ qui est appliquée à l'une des entrées d'un comparateur de phase 63 qui se substitue au multiplicateur
 20 24 de la Figure 5. L'autre entrée du comparateur de phase 63 reçoit la porteuse numérique modulée après élévation au carré par le circuit 18.

La tension de sortie e du comparateur de phase 63, d'amplitude proportionnelle à la différence de phase des
 25 signaux d'entrée, est appliquée à un filtre passe-bas 64 dont la tension de sortie U_2 constitue la tension d'erreur appliquée à la logique de commande 37 pour permettre l'asservissement en phase du signal de l'oscillateur au cours de l'étape d'acquisition.

30 Le circuit de détection d'acquisition 65 est cette fois constitué par un déphaseur 66, un comparateur de phase 67 et un filtre passe-bas 68 dont la bande passante W doit être telle que

$$35 \quad \frac{1}{T_T} \ll W < \frac{1}{T_L}$$

Le comparateur de phase 67 est utilisé comme détecteur synchrone d'amplitude. Dans le cas où la différence de fré-

- 16 -

quence entre la porteuse modulée et la porteuse issue de l'oscillateur 31 est inférieure à $1/T_L$, le signal u'_1 obtenu en sortie du filtre 68 est formé d'une suite d'impulsions de période T_T .

5 Les signaux u'_1 et u'_2 sont appliqués au circuit logique de commande 37 qui fournit la tension de commande de l'oscillateur et peut être celui de la Figure 8.

Lorsque l'acquisition a eu lieu, la tension U'_2 est appliquée à l'entrée de l'oscillateur 31 qui est alors asservi
10 en phase avec la porteuse modulée, la différence de phase étant égale à $\pi/2$. Le déphaseur 66 de valeur égale à $\pi/2$ est donc nécessaire pour obtenir en sortie du comparateur de phase 66 une tension maximale lorsque l'acquisition a eu lieu : la fréquence de porteuse récupérée est alors fournie par
15 l'oscillateur 31.

Dans tous les cas, le dispositif assure la levée d'ambiguïté en décalant la fréquence porteuse par mélange avec la fréquence fournie par un oscillateur local, de façon que la raie centrale de la fréquence résultante corresponde
20 à la bande passante du filtre qui isole donc à coup sûr la fréquence porteuse. Au cours d'une phase d'acquisition, la fréquence de l'oscillateur local est modifiée progressivement, généralement par pas sensiblement égaux à la largeur de bande du filtre, jusqu'à ce que l'amplitude maximale
25 relevée à la sortie du filtre à bande étroite dépasse un seuil prédéterminé, choisi pour se placer entre la valeur correspondant à l'isolement, par le filtre, de la raie centrale de la salve d'acquisition et celle correspondant à l'isolement, par le filtre, d'une raie latérale. Une fois
30 l'acquisition réalisée, la fréquence de l'oscillateur local est conservée et la récupération de porteuse s'effectue sur les salves utiles, comme dans un dispositif classique.

REVENDECATIONS

1. Procédé de démodulation cohérente de porteuse à modulation numérique par déplacement de phase ou déplacement de fréquence à phase continue, porteuse émise par salves
5 utiles régulièrement espacées dans le temps, avec continuité de phase d'une salve à la suivante, procédé suivant lequel on recupère la fréquence de porteuse par élévation au carré de la porteuse et sélection de la fréquence de porteuse dans
10 le spectre obtenu, caractérisé en ce qu'on émet une salve d'acquisition à la fréquence de la porteuse présentant des caractéristiques constantes et particulières avec une période (T_T) plus longue d'au moins un ordre de grandeur que la période d'émission des salves de porteuse modulée et en ce
15 qu'on soumet la salve d'acquisition à élévation au carré et à sélection de la fréquence ($2f_1$) double de la fréquence porteuse en utilisant lesdites caractéristiques des salves d'acquisition.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on donne à la salve d'acquisition une durée supérieure
20 à celle des salves utiles.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on constitue la salve d'acquisition par une suite d'éléments binaires au niveau 0 et en ce qu'on identifie la raie à la fréquence ($2f_1$) double de la fréquence porteuse
25 comme celle ayant une amplitude maximale supérieure à un seuil déterminé.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on mélange les salves utiles et d'acquisition, après élévation au carré, et le signal de sortie d'un oscillateur à
30 fréquence variable commandé en tension (31), également porté au carré, et en ce qu'on modifie progressivement la tension de commande de l'oscillateur (31) jusqu'à ce que l'amplitude du signal provenant du mélange et soumis à un filtrage à bande étroite dépasse un seuil prédéterminé.
- 35 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'on modifie la fréquence de l'oscillateur par pas sensiblement égaux à la largeur de bande de filtrage.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications

- 18 -

précédentes, destiné à la récupération de porteuse dans le signal diffusé de radiodiffusion par satellite consistant en un multiplexage temporel d'une porteuse analogique modulée en fréquence par le signal d'image pendant la durée active
5 d'une ligne de télévision et d'une porteuse numérique émise pendant l'intervalle de suppression, caractérisé en ce qu'on émet chaque salve d'acquisition pendant une ligne de la suppression trame.

7. Dispositif de démodulation cohérente utilisable
10 pour mettre en oeuvre le procédé suivant la revendication 1, comprenant des moyens (18) d'élévation au carré de la porteuse à fréquence (f_1) modulée pour faire apparaître la fréquence ($2f_1$), un filtre (20) à bande étroite d'isolement de fréquence et un diviseur de fréquence par deux (22), caractérisé en ce
15 qu'il comprend de plus des moyens (31,23,24) pour décaler, avant application au filtre à bande étroite (20), la fréquence ($2f_1$) double de la fréquence porteuse d'une quantité ajustable ($2f_1 - f_c$), des moyens (26,37) pour comparer l'amplitude du signal de sortie du filtre à un seuil, modifier la
20 fréquence de décalage ($f_1 - f_c/2$) jusqu'à ce que l'amplitude dépasse le seuil et figer alors la fréquence de décalage.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens pour comparer l'amplitude à un seuil et commander la variation de la fréquence de décalage comportent
25 une logique (37) reliée par un détecteur d'amplitude (26) à la sortie du filtre à bande étroite (20), prévue pour fournir une tension variable de commande d'accroissement de la tension appliquée à un oscillateur (31) de génération de la fréquence de décalage pour provoquer l'augmentation de
30 cette fréquence aussi longtemps que le seuil n'est pas atteint, et maintenir ensuite la tension appliquée.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la logique (37) comprend un comparateur (44) de comparaison d'amplitude (U_1) avec un seuil prédéterminé (U_0);
35 dont la sortie commande la fermeture d'un circuit (40,43,41, 42) d'augmentation progressive de la tension de commande de l'oscillateur (31) aussi longtemps que le seuil n'est pas atteint.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la sortie du comparateur commande également un interrupteur (48) destiné à ajouter, à la tension de commande de l'oscillateur, une tension de correction fournie par un discriminateur de fréquence (28) à partir du signal ayant traversé le filtre à bande étroite (20) et un limiteur d'amplitude (25).

11. Dispositif de démodulation cohérente utilisable pour mettre en oeuvre le procédé selon la revendication 1, comprenant des moyens (18) d'élévation au carré de la porteuse à fréquence (f_1) modulée pour faire apparaître la fréquence ($2f_1$), et un filtre d'isolement de fréquence (64), caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour mélanger, avant application au filtre (64), la fréquence ($2f_1$) double de la fréquence porteuse à une fréquence double de la fréquence fournie par un oscillateur local (31) commandé en tension afin de créer un signal d'erreur, une logique de commande capable d'élaborer la tension de commande de l'oscillateur (37) à partir du signal de sortie du filtre (64) et du signal de sortie d'une boucle à verrouillage de phase (65) qui reçoit le signal à fréquence double de la fréquence porteuse et le signal à fréquence double de la sortie de l'oscillateur local.

1/6

FIG.1

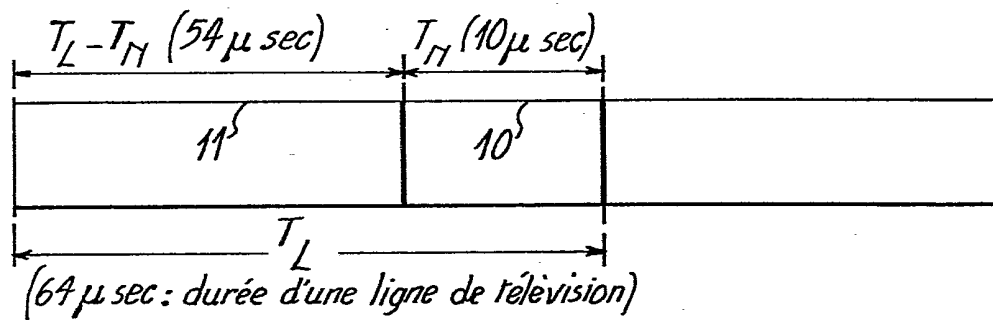


FIG.2

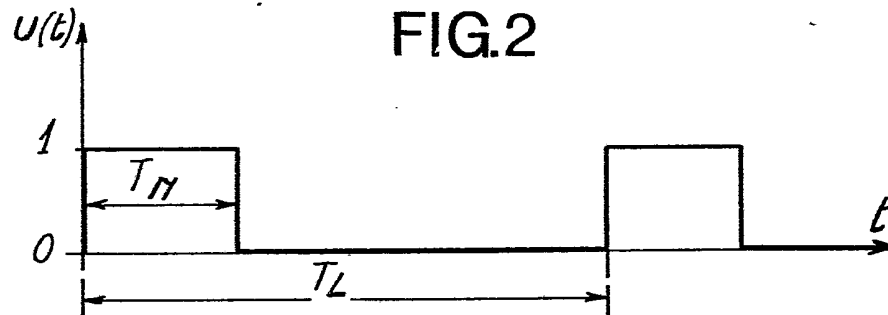


FIG.3

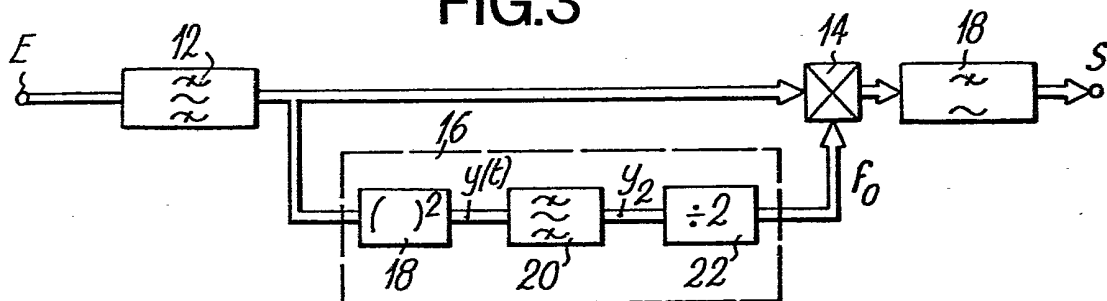
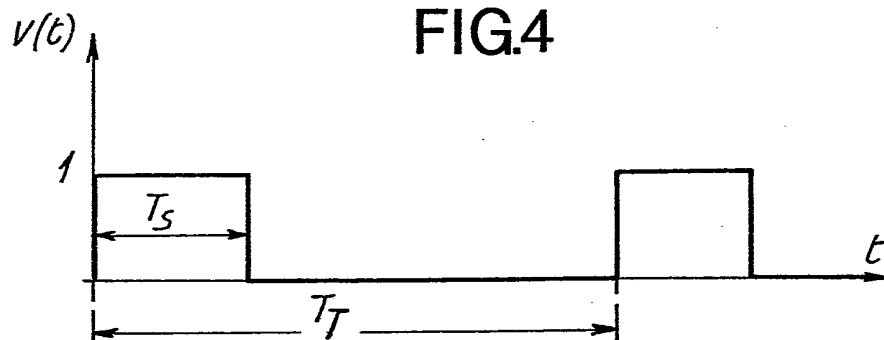


FIG.4



[illegible]

FIG.7

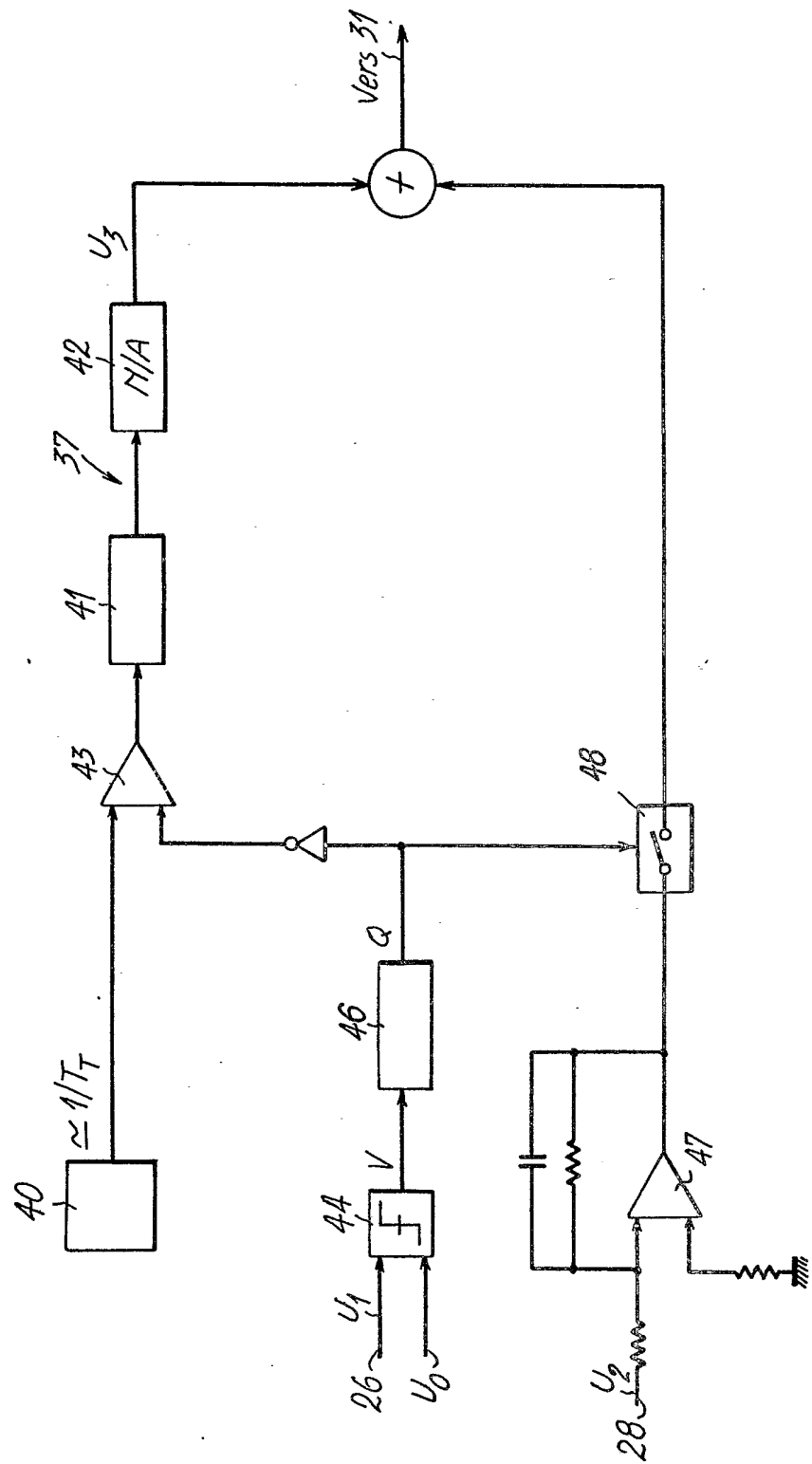


FIG.9

