

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 530 900

(21) N° d'enregistrement national :

82 12904

(51) Int Cl³ : H 04 L 7/00; H 04 B 7/00; H 04 L 1/00.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 23 juillet 1982.

(30) Priorité

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 4 du 27 janvier 1984.

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

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

(72) Inventeur(s) : Hervé Pinsard, Claude Collin et Joël Fay-
dit.

(73) Titulaire(s) :

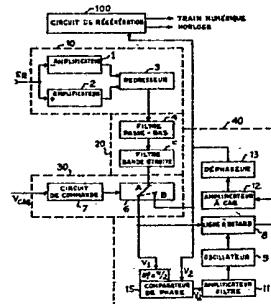
(74) Mandataire(s) : P. Guiguet.

(54) Dispositif de récupération de fréquence d'horloge adapté aux radiocommunications à haute fréquence en milieux
perturbés.

(57) Dispositif de récupération de fréquence d'horloge adapté
aux radiocommunications à haute fréquence en milieux pertur-
bés.

Le dispositif comporte un circuit de redressement 10, un
circuit de filtrage 20, un circuit de commutation 30 et un
circuit de sortie 40 à ligne à retard 8 commandée par un
oscillateur 9 asservi en phase, l'entrée du circuit de sortie
étant reliée à la sortie du circuit de filtrage lorsque la liaison a
un niveau de bruit inférieur à un certain seuil, et l'entrée du
circuit de sortie étant reliée à sa propre sortie lorsque la
liaison a un niveau de bruit supérieur à ce seuil.

Application aux équipements de transmission numérique
pour radiocommunications par propagation troposphérique ou
ionosphérique et à partir de véhicules mobiles.



FR 2 530 900 - A1

D

DISPOSITIF DE RECUPERATION DE FREQUENCE D'HORLOGE
ADAPTE AUX RADIOPERMISSIONS A HAUTE FREQUENCE
EN MILIEUX PERTURBES

La présente invention se rapporte à la transmission d'informations numériques en milieux perturbés et concerne un dispositif de récupération de fréquence horloge utilisé dans les équipements de transmission d'informations numériques entre deux stations terminales, en visibilité ou non, la liaison étant assurée le plus souvent par propagation troposphérique ou ionosphérique.

De telles liaisons présentent une atténuation de propagation très variable en fonction du temps. Pour assurer en permanence la transmission des informations, il n'est pas économiquement rentable et même, dans bien des cas, il est pratiquement impossible de mettre en oeuvre des équipements ayant une marge de transmission suffisante pour assurer une qualité de communication minimale donnée lors d'une atténuation de propagation maximale rencontrée pendant un très faible pourcentage de temps. Pour résoudre cette difficulté, plusieurs voies de transmission en parallèle, dont les caractéristiques sont suffisamment distinctes pour ne pas être affectées simultanément par une même atténuation de propagation, sont constituées ; on obtient ainsi un fonctionnement en diversité où les signaux des différentes voies sont combinés, avec des pondérations automatiquement ajustées, afin d'obtenir à chaque instant une qualité au moins égale à celle de la voie présentant la meilleure qualité.

L'ordre de diversité employé étant limité, il subsiste des périodes de propagation difficiles, notamment en diffusion troposphérique ou ionosphérique, pendant lesquelles le signal démodulé et combiné est de qualité très dégradée. Pendant de brefs intervalles de temps (variables de quelques millisecondes à quelques secondes), le rapport signal à bruit obtenu est très faible et peut tendre vers zéro.

Or ce signal démodulé et combiné de type analogique doit être régénéré sous forme numérique. Pour cela, il est aiguillé sur deux voies :

- une voie récupération d'horloge,

- et une voie régénération, celle-ci étant effectuée à partir de cette horloge récupérée.

Après régénération, l'équipement de transmission restitue les deux signaux qu'il a la charge de transmettre :

- 5 - le train numérique contenant l'information
- l'horloge, en phase avec ce train numérique.

Ces deux signaux sont exploités par l'équipement de traitement numérique (multiplexeur, calculateur ...), l'horloge étant généralement utilisée pour la synchronisation du traitement numérique.

10 Le bon fonctionnement de ces équipements d'exploitation, caractérisé par le maintien de leur synchronisme, va donc dépendre de la qualité et du maintien de l'horloge bit en présence d'évanouissements profonds dus à la propagation.

15 Ces évanouissements, se traduisent par l'apparition d'une gigue de phase sur l'horloge bit, laquelle au delà d'une certaine valeur, rend ce signal inexploitable.

20 Les dispositifs de récupération de fréquence horloge généralement utilisés ne sont pas optimisés pour un fonctionnement à très faible rapport signal à bruit et de plus, les circuits employés présentent fréquemment un effet de seuil en présence de bruit élevé.

25 La présente invention a pour objet un dispositif de récupération de fréquence horloge, qui continue à fonctionner en présence d'évanouissements profonds, particulièrement adapté aux communications en haute fréquence.

30 Ce système est tel que :

- la fréquence horloge récupérée présente une gigue de phase négligeable ;

- le maintien de l'horloge bit, en présence de coupures du signal reçu peut atteindre plusieurs secondes, le déphasage résultant étant inférieur à 1/4 de bit, afin que ce signal reste exploitable ;

35 - le retour à la phase initiale lors de la réapparition du signal reçu est quasi-instantané.

Selon l'invention un dispositif de récupération de fréquence d'horloge adapté aux radiocommunications à haute fréquence en milieux perturbés, est caractérisé en ce qu'il comporte un circuit analogique de

redressement du signal reçu, pour faire apparaître dans le signal une composante à la fréquence d'horloge, dont la sortie est reliée à un circuit de filtrage à bande très étroite, un circuit de commutation, à deux positions fonction de la qualité de la liaison, et un circuit de sortie à la 5 sortie duquel est disponible le signal d'horloge récupéré, le circuit de commutation reliant l'entrée du circuit de sortie à la sortie du circuit de filtrage lorsque la liaison est de bonne qualité et reliant l'entrée du circuit de sortie à sa propre sortie lorsque la liaison a un fort niveau de bruit, le décalage entre l'entrée et la sortie de ce circuit de sortie étant ajusté 10 pour être égal à un nombre entier de périodes du signal d'horloge.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-après en référence aux figures annexées.

- La figure 1 représente le dispositif de récupération de fréquence horloge suivant l'invention.

- La figure 2 est le schéma d'un mode de réalisation de la boucle de phase.

La figure 1 représente le dispositif de récupération d'horloge suivant l'invention. Il comporte une entrée de signal E_R , à laquelle est 20 appliqué le signal démodulé et combiné résultant de la combinaison des signaux reçus dans plusieurs voies en diversité. Cette entrée est reliée à l'entrée d'un circuit de redressement 10 du signal reçu qui comporte deux amplificateurs linéaires 1 et 2 en parallèle ayant des sorties inversées reliées aux entrées d'un redresseur double alternance à diodes, 3.

25 Dans ce premier circuit les impulsions en forme de demi-sinusoides provenant du signal démodulé sont amplifiées puis redressées. Il apparaît ainsi de l'énergie à la fréquence du rythme numérique : par exemple pour un rythme numérique de 100 k bit/s, il apparaît de l'énergie à la fréquence $f = 100$ kHz. Contrairement aux circuits de mise en forme 30 logiques, ce circuit ne présente pas d'effet de seuil. La sortie du redresseur 3 est reliée à un circuit de filtrage, 20, qui comporte un filtre passe-bas 4, dont la fréquence de coupure est légèrement supérieure à la fréquence d'horloge. Ce premier filtre permet d'éliminer les harmoniques de la fréquence d'horloge. La sortie de ce filtre passe-bas 4 est reliée à 35 l'entrée d'un filtre passe-bande 5, de bande très étroite centrée sur la

fréquence d'horloge. Sa bande passante est de l'ordre de 10^{-4} de la fréquence d'horloge. Par exemple, pour une fréquence d'horloge de 100 kHz la bande passante du filtre 5 est de l'ordre de 10 Hz. Ce filtrage très étroit permet une amélioration importante du rapport signal à bruit à la sortie. En effet, la puissance de bruit est intégrée dans une bande de 10 Hz seulement, au lieu du bruit dans la bande de 100 kHz existant à l'entrée du dispositif. Ce filtre peut être constitué par exemple d'un quartz utilisé à la résonance série, l'accord étant effectué par un condensateur ajustable série et la bande passante étant fixée par une résistance série. Le signal de sortie du filtre passe-bande 5 est donc un signal sinusoïdal sans gigue de phase notable pour les très faibles rapports signal à bruit. De plus lors d'une coupure du signal reçu, en cas d'évanouissement profond par exemple, le signal ne décroît que progressivement en sortie du filtre du fait de la constante de temps de ce filtre associée à sa bande passante très étroite.

En fonctionnement normal, c'est-à-dire lorsque le rapport signal à bruit ne descend pas au-dessous d'un seuil, ce signal sert de référence à une boucle de phase. Pour cela entre la sortie du circuit de filtrage 20 et l'entrée d'un circuit de sortie 40 à oscillateur à boucle de phase, est placé un circuit de commutation 30 qui comporte un inverseur à deux positions 6 permettant de commuter l'entrée du circuit 40 soit sur la sortie du circuit 20 (position A) soit sur la sortie du circuit 40 (position B). Cet inverseur est commandé par un circuit de commande logique 7. Ce circuit logique fonctionne à partir d'une information de qualité de la transmission proportionnelle au rapport signal à bruit instantané, par exemple la tension de commande automatique de gain de l'amplificateur en fréquence intermédiaire, V_{CAG} . Pour des valeurs du rapport signal à bruit supérieures à une valeur de référence fixée $(S/B)_0$, ce circuit logique place l'inverseur 6 en position A ; pour des valeurs du rapport signal à bruit inférieures à $(S/B)_0$ l'inverseur passe à la position B.

L'entrée du circuit de sortie 40 est reliée à l'entrée d'une ligne à retard de type à transfert de charges, DTC 8, ayant une entrée d'horloge de décalage reliée à la sortie d'un oscillateur à quartz 9 (VCXO) asservi en phase, cet oscillateur ayant une fréquence égale ou voisine d'une fréquence multiple de la fréquence du signal d'horloge.

Pour la commande de phase de l'oscillateur 9, le circuit 40 comporte une boucle de phase comportant un comparateur de phase de type analogique 15 ayant un déphasage $\pi/2$ sur l'une de ses entrées, dont la sortie est reliée à un amplificateur avec filtre de boucle 11. La sortie de cet amplificateur filtre est reliée à l'entrée de commande de phase de l'oscillateur 9. La sortie de la ligne à retard 8 est reliée à l'entrée d'un amplificateur à commande automatique de gain 12 délivrant un signal de niveau constant. La sortie de cet amplificateur est reliée à un déphaseur 13 permettant de compenser le déphasage fixe entre les signaux d'entrée et de sortie du circuit 40, à 2π près. Lorsque la fréquence de l'oscillateur à quartz 9 n'est pas exactement égale à un multiple de la fréquence d'horloge, le déphasage 13 intègre le décalage fixe dû à cette différence de fréquence.

Ce circuit 40 délivre le signal d'horloge sous forme analogique sans gigue de phase notable. Cette information, après mise en forme, est utilisée pour la prise de décision dans le circuit de régénération 100 du train numérique.

Le fonctionnement de ce système est le suivant. La boucle de phase est caractérisée par sa fréquence de coupure, ou sa constante de temps. Sa tension de sortie est de la forme :

$$V_d = a V_1 V_2 \cos \varphi$$

où V_1 est la tension de sortie du filtre 5 à bande étroite lorsque l'inverseur est dans la position A et la tension de sortie du circuit 40 lorsque l'inverseur est dans la position B, où V_2 est la tension de sortie du circuit 40, et où φ est l'écart de phase entre les deux tensions d'entrée du comparateur 10 augmenté du décalage fixe $\pi/2$ imposé sur l'une des entrées, la caractéristique du comparateur de phase étant telle que $V_d = 0$ lorsque $\varphi = \pi/2$, c'est-à-dire lorsque le décalage de phase entre les deux entrées est nul à $2k\pi$ près. La ligne à retard 8 est caractérisée par son retard $\tau = \frac{K}{F}$ F étant la fréquence de l'oscillateur 9. Lorsque la tension de sortie V_1 du circuit 30 est un signal analogique peu bruité de fréquence égale à la fréquence d'horloge f , l'inverseur 6 est en position A. La fréquence F de l'oscillateur est égale à F_0 telle que :

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ et } V_d = 0$$

La ligne à retard 8 agit alors uniquement pour introduire un retard et le

signal d'horloge en sortie du circuit 40 est en phase à $2 k\pi$ près avec le signal de référence à la sortie du circuit 30.

Lors d'un évanouissement profond, l'inverseur 6 passe en position B. A cet instant,

$$5 \quad \varphi = \frac{\pi}{2} \quad V_d = 0$$

Le signal de référence n'est plus pris en compte pour la récupération du signal d'horloge, les deux entrées du comparateur de phase reçoivent toutes les deux le signal de sortie du circuit, et la ligne à retard bouclée sur elle-même agit comme un oscillateur dont la fréquence est égale à la 10 fréquence d'horloge f puisque la condition de déphasage nul entre l'entrée et la sortie de la ligne est réalisée pour une fréquence horloge de commande égale à F_0 .

La figure 2 représente les détails d'un mode de réalisation de la boucle de phase.

15 L'oscillateur 9 comporte un amplificateur 91 associé à un quartz 92, sa commande de phase étant réalisée par un varactor 93, c'est-à-dire une diode polarisée en inverse par une tension d'alimentation $-V$ dont la capacité varie avec la tension appliquée, en série avec une inductance 94. La tension appliquée au varactor commandant la fréquence de l'oscillateur 20 9 est la tension de sortie de l'amplificateur à filtre de boucle 11. L'amplificateur à filtre de boucle 11 est un amplificateur différentiel polarisé par les tensions d'alimentation $-V$ et $+V$ à l'entrée "moins" duquel est appliquée, par l'intermédiaire d'une résistance r , la tension d'erreur V_d , et dont la sortie est reliée à cette même entrée par un circuit à 25 résistance R et condensateur C en série réalisant le filtre de boucle. Lors d'une coupure de la transmission, le signal de référence disparaît et les deux entrées du comparateur de phase reçoivent le même signal. La tension d'erreur V_d est nulle et l'asservissement de phase n'agit plus. Par contre, le condensateur C de forte valeur, plusieurs microfarads, se 30 décharge à travers la diode varactor polarisée en inverse dont la résistance est très forte (plusieurs mégohms). La constante de temps de ce circuit est très élevée et la variation de la tension à la sortie de l'amplificateur différentiel reste négligeable sur quelques secondes ; en conséquence la fréquence de l'oscillateur reste également stable et seule 35 une faible dérive de phase en résulte et par conséquent une faible

variation de phase en sortie de la ligne à retard 8.

Classiquement pour que les systèmes de traitement qui suivent un tel circuit de récupération fonctionnent convenablement, on impose généralement un déphasage de l'horloge bit inférieur à un quart de bit sur 5 plusieurs secondes. Cette caractéristique peut être obtenue sans difficulté à l'aide du dispositif de récupération suivant l'invention.

Lorsque le signal réapparaît après une coupure de la transmission, le signal de référence V_1 est présent. L'asservissement entre en action rapidement par suite du gain de boucle élevé (défini par le rapport R/r).

10 La tension V_d qui était très voisine de 0 volt lors de la coupure atteint la valeur $V_1 V_2 \cos \varphi$ sans discontinuité de tension. Il en résulte que la fréquence F revient à sa valeur nominale F_0 sans discontinuité et que la phase du signal horloge revient à sa valeur nominale.

15 Ce dispositif permet donc à l'équipement de transmission de restituer l'horloge à l'équipement de traitement des informations numériques même lors de mauvaises conditions de propagation.

20 Ce dispositif s'applique comme indiqué ci-dessus à la transmission d'informations numériques en milieux fortement perturbés et donc surtout aux liaisons sans visibilité pour radiocommunications troposphériques ou ionosphériques et également aux radiocommunications à partir de véhicules mobiles.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de récupération de fréquence d'horloge adapté aux radiocommunications à haute fréquence en milieux perturbés, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit analogique (10) de redressement du signal reçu, pour faire apparaître dans le signal une composante à la fréquence d'horloge, dont la sortie est reliée à un circuit de filtrage (20) à bande très étroite, un circuit de commutation (30), à deux positions fonction de la qualité de la liaison, et un circuit de sortie (40) à la sortie duquel est disponible le signal d'horloge récupéré, le circuit de commutation (30) reliant l'entrée du circuit de sortie (40) à la sortie du circuit de filtrage (20) lorsque la liaison est de bonne qualité et reliant l'entrée du circuit de sortie à sa propre sortie lorsque la liaison a un fort niveau de bruit, le décalage entre l'entrée et la sortie de ce circuit de sortie étant ajusté pour être égal à un nombre entier de périodes du signal d'horloge.
5
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le circuit de sortie (40) comporte en série une ligne à retard (8), un amplificateur à commande automatique de gain 12 et un déphasage réglable (13), le retard entre l'entrée de ce circuit et sa sortie étant égal à un nombre entier de périodes du signal d'horloge, la commande de décalage de la ligne à retard (8) étant commandée par un oscillateur (9) asservi en phase à partir d'un comparateur de phase (15) dont les entrées 10 sont connectées à l'entrée et à la sortie du circuit de sortie (40).
15
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'oscillateur (9) est commandé par un varactor (93) ayant une forte résistance interne, et en ce que la boucle de phase comporte un filtre de 20 boucle avec un condensateur de forte valeur (C) qui se décharge lentement à travers le varactor lors des coupures de transmission, le signal de commande de décalage de la ligne à retard (8) ne dérivant que d'une fraction de période d'horloge lors de coupures de l'ordre d'une seconde.
25
4. Dispositif selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la ligne à retard (8) est une ligne à transfert de charges.
30

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le circuit de commutation comporte un circuit logique de commande (7) recevant un signal caractéristique du bruit de la liaison et délivrant un signal à deux états, et un commutateur à deux positions commandé par le signal à deux états.

1/2

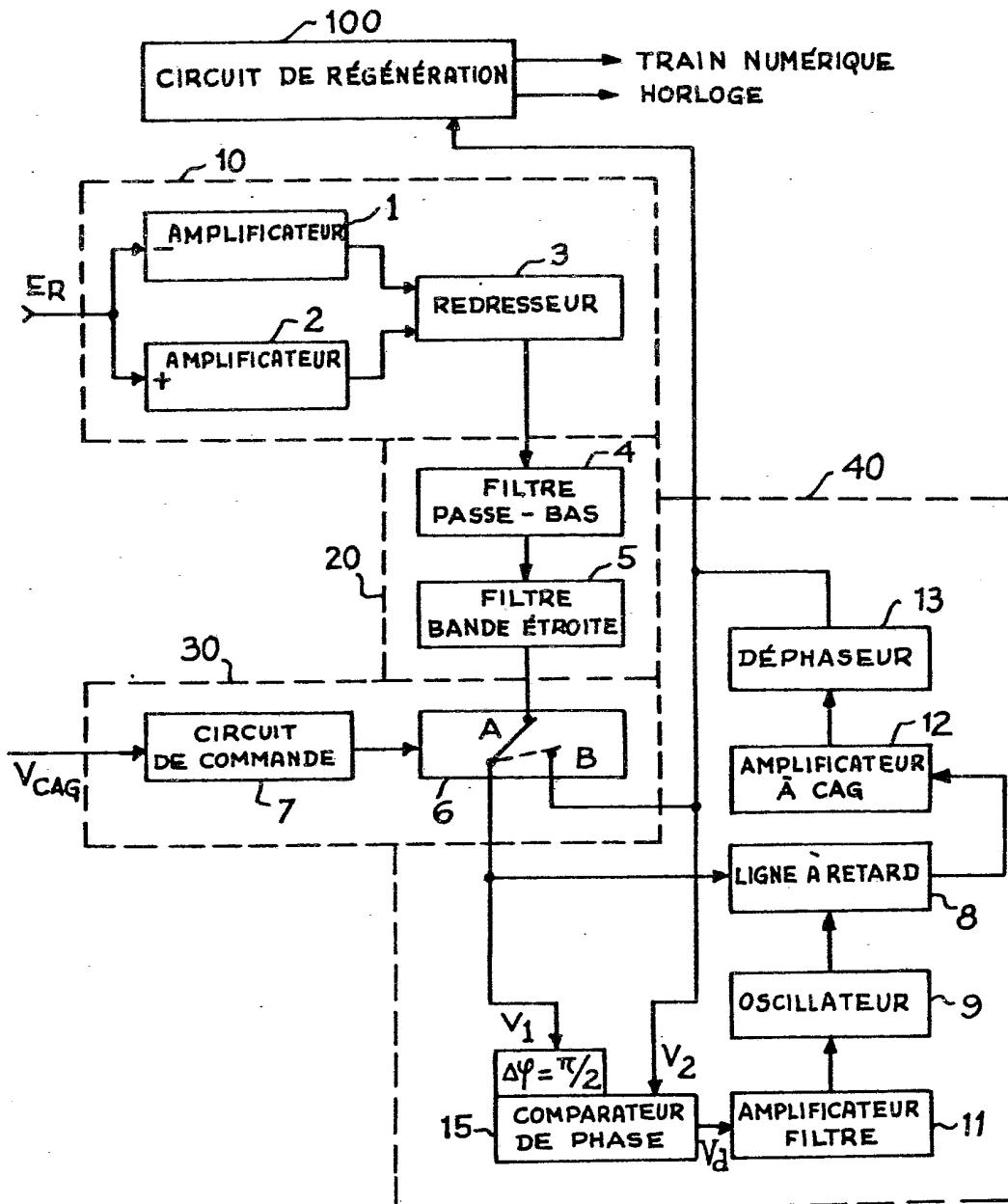


Fig. 1

2/2

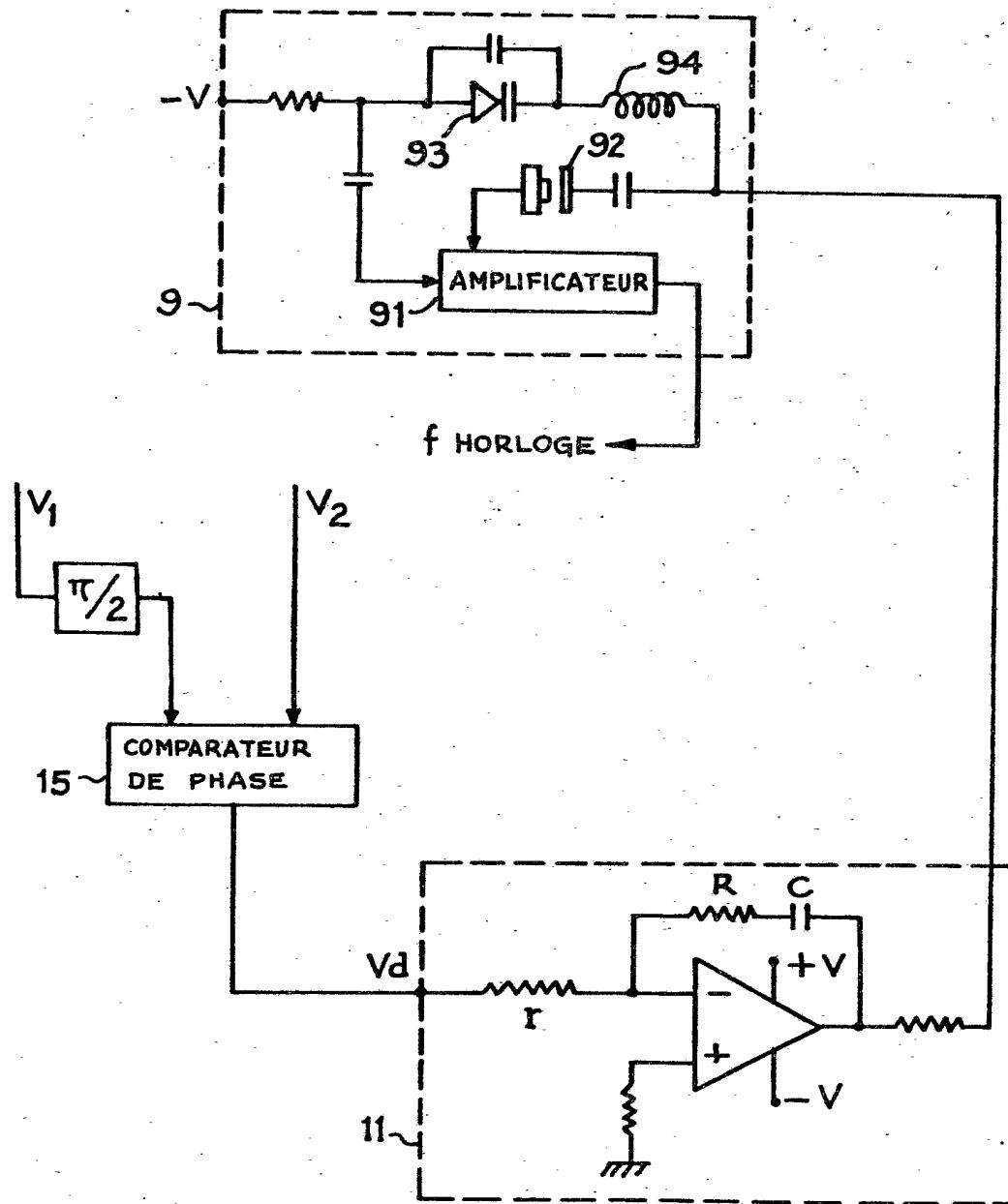


Fig.2