

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 79 19633

(54)

Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 S 7/28, 13/02.

(22)

Date de dépôt..... 31 juillet 1979.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 7 du 13-2-1981.

(71)

Déposant : LE MATERIEL TELEPHONIQUE THOMSON-CSF SA, résidant en France.

(72)

Invention de : Christian Henri Petitjean.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : A. Cayla (service brevets). Le matériel téléphonique Thomson-CSF,
46, quai Alphonse-Le-Gallo, 92103 Boulogne-Billancourt Cedex.

L'invention concerne un radar Doppler cohérent à impulsions qui permet de pratiquer l'agilité de fréquence d'émission et l'agilité de fréquence de répétition et notamment en association avec un codage de phase.

La pratique de l'agilité de fréquence consiste à faire varier au cours
5 du temps la fréquence d'émission ou de répétition du radar pour rendre plus difficile une détection afin d'améliorer la résistance du radar aux actions de l'ennemi, par exemple sur un champ de bataille.

Dans les radars usuels à agilités de fréquence, des tubes oscillateurs de puissance sont utilisés dans des chaînes cohérentes, c'est-à-dire que
10 l'émission du tube oscillateur est mise en mémoire dans un oscillateur cohérent dit "COHO", afin de servir d'élément de comparaison avec le signal réfléchi par la cible et porteur de l'information de vitesse radiale au moyen de la fréquence Doppler.

Mais ces radars présentent de nombreux inconvénients. Tout d'abord,
15 plus la cible est éloignée, plus le temps de mémorisation est grand et plus la qualité de l'information mémorisée est mauvaise, ce qui a pour conséquence de limiter la télémétrie alors que l'énergie d'émission permettrait de l'allonger.

D'autre part, le temps de positionnement est long puisque l'accord de
20 la cavité est mécanique, ce qui limite le plus souvent la possibilité d'un saut de fréquence à chaque tour d'antenne. En outre, après changement d'accord de la cavité, l'émission présente une certaine instabilité d'une impulsion à une autre.

Dans les radars les plus récents, on emploie des systèmes à amplifi-
25 cateurs fonctionnant en chaîne cohérente, c'est-à-dire utilisant deux oscillateurs très stables à la fois pour l'émission et pour la réception.

La validité de ce système réside dans la faible dérive différentielle de phase des oscillateurs entre l'instant d'émission et l'instant de
réception, mais pour des cibles très éloignées cette dérive n'est plus
30 négligeable et dégrade la qualité du système.

D'autre part, pour pratiquer l'agilité de fréquence il faut multiplier le nombre d'oscillateurs par le nombre de fréquences que l'on désire exploiter, ce qui limite le nombre de fréquences possibles étant donné l'accroissement du prix de revient.

35 L'invention propose un radar Doppler à impulsions à agilités de fréquence qui ne nécessite aucune mémorisation et qui assure en permanence un contrôle en phase des deux oscillateurs, à un écart de fréquence fixe, ce qui supprime la dégradation du taux de visibilité pour les distances

élevées.

D'autre part, les oscillateurs ont une structure qui leur permet de fournir plusieurs fréquences avec un temps de passage d'une fréquence à une autre très nettement amélioré par rapport aux solutions mécaniques, ce qui permet l'exploitation de plusieurs fréquences par seconde.

L'invention présente, enfin, une autre amélioration qui permet tout en restant synchrone de faire varier la fréquence de répétition des impulsions émises autour de sa valeur centrale, afin de compenser les vitesses aveugles et d'abaisser la valeur de la vitesse radiale pour laquelle il y a ambiguïté liée à la périodicité du signal émis.

Selon une caractéristique de l'invention, le radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence est constitué par une antenne, commune à l'émission et à la réception, et par une chaîne d'émission-réception cohérente qui comprend :

- 15 - pour l'émission, un découpeur en impulsions dont l'entrée de synchronisation est reliée à un circuit de synchronisation et dont la sortie est reliée à l'entrée d'un amplificateur de puissance dont la sortie est reliée à l'antenne via un duplexeur ;
- pour la réception, un amplificateur de puissance dont l'entrée est reliée à l'antenne via le duplexeur et dont la sortie est reliée à l'une des entrées d'un premier mélangeur dont la sortie est reliée à l'une des entrées d'un second mélangeur dont la sortie est connectée à un dispositif d'exploitation des informations ;
- un oscillateur d'émission contrôlé en tension dont la fréquence nominale est fixée par des premiers moyens de modification et dont la sortie est reliée à l'entrée du découpeur ;
- un oscillateur local constitué par un synthétiseur de fréquence dont la fréquence locale émise est fixée par des seconds moyens de modification et dont la sortie est reliée à la seconde entrée du premier mélangeur de la chaîne de réception ;
- un oscillateur de référence qui pilote le synthétiseur de fréquence et dont la sortie est reliée à la seconde entrée du second mélangeur de la chaîne de réception et à l'entrée du circuit de synchronisation du découpeur ;
- 35 - et une boucle à verrouillage de phase qui comprend un comparateur de phase dont la première entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence, dont la seconde entrée est reliée à la sortie d'un troisième mélangeur dont la première entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur local et la seconde à la sortie de l'oscillateur émission, et, dont la sortie est reliée à l'entrée de contrôle en tension de l'oscillateur

d'émission, ce qui permet d'asservir l'oscillateur d'émission à l'oscillateur local en phase et à un écart de fréquence égal à la fréquence intermédiaire issue de l'oscillateur de référence.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le radar comporte des 5 moyens de modification de la fréquence de répétition constitués par un diviseur de fréquence dont l'entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence, dont la sortie est reliée au circuit de synchronisation du découpeur en impulsions et dont le rapport est fixé par le microprocesseur.

Selon une autre caractéristique de l'invention, le radar comporte 10 simultanément des moyens de codage de phase, d'agilité de fréquence d'émission et d'agilité de fréquence de répétition compatibles.

Les objets et caractéristiques de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'exemples de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins 15 ci-annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente un exemple classique de radar Doppler à impulsions et à chaîne d'émission-réception cohérente ;
- la figure 2 représente un exemple de radar conforme à l'invention ;
- la figure 3 représente un autre exemple de radar conforme à l'in- 20 vention dans lequel sont associés agilités de fréquence et codage de phase ;
- la figure 4 représente de façon détaillée des moyens de modification de la fréquence de répétition conforme à l'invention.

On a représenté à la figure 1 un exemple classique de radar Doppler à impulsions à chaîne d'émission-réception cohérente.

25 Ce système comporte deux oscillateurs 1 et 2 très stables de fréquence f_1 et f_2 . Les signaux issus de ces oscillateurs sont transposés dans un mélangeur 3 qui recueille le battement supérieur à la fréquence $f_1 + f_2$. Le signal ainsi formé est découpé en impulsions par un découpeur 4 en synchronisme avec un signal d'horloge dont la fréquence ou fréquence de répétition 30 f_r est un sous-multiple exact de f_2 . Cette synchronisation est effectuée par un circuit de synchronisation 5 qui reçoit le signal de fréquence f_r issu d'un diviseur de fréquence 6 relié à la sortie de l'oscillateur 2. Le signal issu du découpeur 4 est ensuite amplifié par un amplificateur de puissance 7, puis il est émis par une antenne 8, commune à l'émission et 35 à la réception, via un duplexeur 9.

Le signal émis est réfléchi par une cible quelconque et devient le signal de retour dont le retard par rapport au signal émis est caractéristique de la distance de la cible et dont la translation de fréquence, f_d ou fréquence Doppler, par rapport à la fréquence du signal émis est carac-

téristique de la vitesse radiale de la cible.

A la réception, on commence par amplifier le signal de retour à l'aide d'un amplificateur de puissance 10, puis on mélange à l'aide d'un premier mélangeur 11 ce signal avec le signal issu de l'oscillateur 1 pour produire 5 par filtrage du battement inférieur, un signal à la fréquence $f_2 + f_d$.

On mélange le signal ainsi formé avec le signal issu de l'oscillateur 2 à l'aide d'un second mélangeur 12 et l'on filtre le battement inférieur pour obtenir un signal à la fréquence f_d . Ce signal de fréquence f_d est ensuite traité par des moyens 13 d'exploitation des informations et de 10 visualisation.

Pour obtenir des informations de distance et de vitesse sans erreurs dues au système, il est nécessaire d'utiliser des oscillateurs d'une très grande stabilité avec les inconvénients que l'on a déjà décrits plus haut.

La figure 2 représente un exemple de réalisation d'un radar conforme 15 à l'invention qui permet de pratiquer, aisément et avec une grande sécurité, l'agilité de fréquence d'émission et l'agilité de fréquence de répétition.

Les éléments de la figure 1 et de la figure 2, qui portent le même numéro, sont identiques et l'on a entouré d'un trait pointillé l'apport de l'invention.

20 Le radar comporte un oscillateur 14 d'émission contrôlé en tension dont la fréquence F_0 est, tout d'abord, fixée par des moyens de modification de fréquence. Ces moyens, représentés à la figure 2, consistent en une commande par un microprocesseur 15 via un convertisseur 16 numérique-analogique et agissent par exemple sur une "varicap" ou condensateur de 25 capacité variable. Le signal de fréquence F_0 issu de l'oscillateur 14 est ensuite découpé en impulsions par le découpeur 4.

Le radar comporte un oscillateur 17 de référence de fréquence F_2 ; cet oscillateur doit avoir une excellente stabilité en phase et en fréquence et l'on choisit, par exemple, un oscillateur à quartz.

30 Le découpage du signal issu de l'oscillateur d'émission 14 est effectué en synchronisme avec un signal d'horloge dont la fréquence ou fréquence de répétition F_r est un sous-multiple exact de F_2 , ce synchronisme étant réalisé à l'aide du circuit de synchronisation 5 qui reçoit ce signal d'horloge via des moyens 18 de modification de la fréquence de répétition 35 qui sont décrits plus loin.

Après le découpage, le signal de fréquence F_0 est émis et réfléchi, comme on l'a expliqué dans le cas de la figure 1, et le radar reçoit un signal de retour de fréquence $F_0 + f_d$, qui est amplifié par l'amplificateur 10.

Le radar comporte un oscillateur local 19 qui fournit un signal de fréquence F_1 ; cet oscillateur 19 est structuré en synthétiseur de fréquence programmable. Il comporte un oscillateur 20 contrôlé en tension qui fournit le signal de fréquence F_1 . Cet oscillateur 20 est piloté par l'oscillateur 5 17 de référence grâce à une boucle à verrouillage de phase qui comprend l'oscillateur 20, un diviseur de fréquence 21 à rapport N variable programmé par le microprocesseur 15, qui reçoit le signal issu de l'oscillateur 20 et fournit un signal de fréquence $\frac{F_1}{N}$, et, un comparateur 22 de phase qui reçoit d'une part le signal issu du diviseur de fréquence 21, d'autre part 10 le signal issu de l'oscillateur de référence 17 et qui fournit le signal de contrôle en tension de l'oscillateur 20. Ce synthétiseur fournit un signal de fréquence F_1 égale à $N.F_2$ et en cohérence de phase avec le signal issu de l'oscillateur de référence 17.

Le radar comporte, enfin, une boucle à verrouillage de phase qui 15 comprend premièrement l'oscillateur d'émission 14, deuxièmement un mélangeur 23 dont la première entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur local 19, dont la seconde entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur d'émission 14, qui effectue le mélange des signaux de fréquence F_1 et F_0 , issus respectivement des oscillateurs 19 et 14, et qui fournit par filtrage 20 du battement inférieur un signal à la fréquence $F_0 - F_1$, et, troisièmement un comparateur de phase 24 dont la première entrée reçoit le signal de fréquence $F_0 - F_1$ issu du mélangeur 23, dont la deuxième entrée reçoit le signal de fréquence F_2 issu de l'oscillateur de référence 17 et dont la sortie est reliée à l'entrée de contrôle en tension de l'oscillateur 25 d'émission 14.

Cette boucle de verrouillage de phase permet d'asservir l'oscillateur d'émission 14 à l'oscillateur local 19 en phase et à un écart de fréquence fixe et choisi ici égal à la fréquence F_2 du signal issu de l'oscillateur de référence 17, c'est-à-dire qu'à l'état stable la fréquence F_0 est égale 30 à la somme des fréquences F_1 et F_2 .

C'est pourquoi, le mélangeur 11 mélange le signal de retour de fréquence $F_0 + f_d$ avec le signal de fréquence F_1 issu de l'oscillateur local 19 pour produire par filtrage du battement inférieur un signal à la fréquence $F_0 + f_d - F_1$ et comme F_0 est égal à $F_1 + F_2$, on a en sortie du mélangeur 11 un 35 signal de fréquence $F_2 + f_d$.

Il ne reste plus qu'à mélanger ce signal au signal de fréquence F_2 à l'aide du mélangeur 12, pour obtenir par filtrage un signal ayant pour fréquence la fréquence Doppler f_d .

Le dispositif que l'on vient de décrire en relation avec la figure 2

permet de pratiquer l'agilité de fréquence d'émission, c'est-à-dire qu'il permet de faire varier la fréquence d'émission plusieurs fois par seconde, grâce au microprocesseur 15 qui commande l'oscillateur d'émission 14 et qui commande en conséquence l'oscillateur local 19.

- 5 Commander l'oscillateur 19 consiste à choisir le rapport N du diviseur de fréquence 21 à rapport variable de telle sorte que, F0 étant choisie et F2 étant fixée, on ait $F0 - (N.F2) = F2$.

Ainsi, grâce à la boucle à verrouillage de phase on a, à l'état stable, deux oscillateurs 14 émission et 19 local en permanence contrôlés
10 en phase à un écart de fréquence égale à la fréquence de référence fixe F2. Le problème de stabilité des oscillateurs est ainsi résolu et ce dispositif peut donc être utilisé sans risque de dégradation du taux de visibilité pour des distances radar élevées, c'est-à-dire supérieures à trente kilomètres.

- 15 Bien que la modification des fréquences F0 et F1 soit effectuée dans cet exemple à l'aide d'un microprocesseur, elle peut tout aussi bien être effectuée par un opérateur à l'aide de roues codeuses. Mais la commande par microprocesseur présente de nombreux avantages : d'une part, elle permet d'exploiter plusieurs fréquences par seconde, d'autre part, en
20 associant des mémoires au microprocesseur, elle permet de changer séquentiellement les fréquences à l'aide de séquences préalablement choisies et inscrites dans ces mémoires.

Ce radar propose en même temps que l'agilité de fréquence d'émission, l'agilité de fréquence de répétition obtenue grâce aux moyens 18 de modification de la fréquence Fr.

Puisque la détection est en cohérence de phase avec la fréquence de référence F2 pour retrouver un signal de sortie fd nul lorsque la fréquence Doppler est nulle, il faut que la fréquence de répétition Fr soit un sous-multiple de la fréquence F2 pour que la phase du signal de retour soit
30 constante à l'origine.

Dans le radar représenté à la figure 1, la fréquence de répétition fr est obtenue par division, par le diviseur de fréquence 6, de la fréquence porteuse f2 et la condition "fr sous-multiple de f2" est bien respectée.

- La réalisation la plus simple de l'agilité de fréquence de répétition
35 consiste à utiliser comme moyens 18 de modification un diviseur de fréquence à rapport variable, dont l'entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur 17 de référence, dont la sortie est reliée au circuit de synchronisation 5 et dont le rapport est fixé soit manuellement à l'aide de roues codeuses, soit séquentiellement, ou à la demande à l'aide du micropro-

cesseur 15.

Cette possibilité de variation pour la fréquence de répétition offre des avantages pour la détection (vitesses aveugles) comme on l'a vu plus haut, mais également du point de vue de la protection car elle rend le 5 décodage ennemi d'autant plus difficile.

Cette protection est encore accrue par association des deux types d'agilité de fréquence, que l'on vient de décrire, avec un codage de phase. Un radar associant ces caractéristiques est représenté à la figure 3, les éléments identiques portant les mêmes références dans les 10 figures 2 et 3.

L'ensemble 30, correspondant au codage de phase, comporte dans la chaîne d'émission des moyens de codage 31 entre le découpeur 4 et l'amplificateur de puissance 7, dans la chaîne de réception des moyens de décodage 32, constitués par exemple par une ligne acoustique programmable à 15 n moments, entre l'amplificateur 10 et le mélangeur 11, et, des moyens de modification de code 33, constitués essentiellement par un microcalculateur, qui sont reliés aux moyens 31 de codage pour modifier le code et aux moyens 32 de décodage pour les adapter automatiquement au nouveau code.

Les moyens de codage 31 consistent en un amplificateur pulsé 34, un 20 modulateur 35 et un codeur 36.

L'amplificateur pulsé 34 reçoit du découpeur 4 des impulsions de largeur μ à la fréquence de répétition F_r et fournit au codeur 36 des impulsions élargies de largeur θ , la valeur de θ étant fournie par le modulateur 35 et le rapport $\frac{\theta}{\mu}$ étant égal à n.

25 Ce modulateur 35 est constitué par un commutateur électronique 37, qui est relié à l'amplificateur pulsé 34 et qui permet de choisir la valeur de θ parmi plusieurs valeurs prédéterminées (θ_0 et θ_1 sur la figure 4) suivant le mode d'utilisation recherche ou poursuite, avec ou sans codage de phase. Le commutateur 37 est commandé par un compteur 38, qui reçoit comme signal 30 d'horloge le signal issu d'un diviseur de fréquence 39 qui est relié à l'oscillateur de référence 17 ; ce compteur est relié au microcalculateur 33 qui permet d'élaborer différentes séquences de fonctionnement.

Le codeur 36 comprend un commutateur 40 qui est relié d'un côté à la sortie de l'amplificateur pulsé 34 et de l'autre côté à l'amplificateur 35 d'émission 7 directement et via une ligne à retard 41. L'entrée de commande du commutateur 40 est reliée, via une interface 42, à la sortie d'un registre 43 à décalage parallèle-série dont les entrées sont reliées aux moyens 33 de modification de code.

Le codage en phase est réalisé par la modification de position du

commutateur 40 qui se produit toutes les μ microsecondes, c'est-à-dire n fois en θ microsecondes ; en effet, suivant la position du commutateur 40 l'impulsion passe directement vers l'amplificateur 7 ou passe par la ligne à retard 41 pour être déphasée de 180° avant d'être émise.

5 Le fonctionnement des moyens de codage en phase n'est pas décrit de façon plus détaillée, car ils ne sont pas l'objet du brevet.

Le registre 43 a son entrée d'horloge reliée à la sortie d'un diviseur de fréquence 44 dont l'entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence 17, de telle sorte que chaque impulsion codée issue des moyens
10 de codage 31 est en phase à l'origine avec le signal de référence de fréquence F_2 et par conséquent avec le signal issu de l'oscillateur d'émission 14 qui est en phase avec l'oscillateur local lui-même en phase avec l'oscillateur de référence, selon la première caractéristique de l'invention.

Pour que cet assemblage puisse fonctionner, il faut que la largeur μ de l'impulsion émise soit un multiple de la période de l'oscillateur de référence 17, c'est-à-dire $\mu = k \cdot \frac{1}{F_2}$, k étant ici le rapport du diviseur 44.

D'autre part, pour qu'agilité de fréquence de répétition et codage de phase soient compatibles, il faut qu'une variation de la fréquence de répétition conserve le synchronisme, le pas de variation ou saut de fréquence
20 doit donc correspondre à une variation de période de largeur μ microsecondes.

La figure 4 représente des moyens 18 de modification de la fréquence de répétition qui permettent de conserver le synchronisme.

Ces moyens sont constitués essentiellement par une boucle à verrouillage de phase qui comporte premièrement un oscillateur 25 contrôlé en
25 tension de fréquence nominale F , deuxièmement un diviseur de fréquence 26 de rapport variable V commandé par le microprocesseur 15 qui fixe la valeur de V entre $M-m$ et $M+m$, ce diviseur recevant le signal de fréquence F issu de l'oscillateur 25 et fournissant un signal de fréquence $\frac{F}{V}$, et,
30 troisièmement un comparateur de phase 27 dont la première entrée est reliée à la sortie du diviseur 26 à rapport variable, dont la seconde entrée est reliée à la sortie d'un diviseur 28 de rapport R qui est relié à la sortie de l'oscillateur 17 de référence, et, dont la sortie est reliée à l'entrée de contrôle en tension de l'oscillateur 25.

35 La sortie de l'oscillateur 25 est reliée au circuit de synchronisation 5 via un diviseur 29 de rapport M qui fournit un signal de fréquence F_r de répétition.

Ces moyens 18 permettent de faire varier la fréquence F_r de plus ou moins i pas de $\frac{F_2}{R \cdot M}$ autour de la valeur $\frac{F_2}{R}$, avec $1 \leq i \leq m$, le pas $\frac{F_2}{R \cdot M}$

correspondant à une variation de période de largeur μ microsecondes près de la fréquence $\frac{F2}{R}$.

Par exemple, dans le cas où l'on a une fréquence de référence $F2$ égale à 60 MHz, où la fréquence de répétition est égale à 3 KHz c'est-à-dire R égal à 20 000 et où la largeur μ d'une impulsion est égale à 0,333 μ s, la période de répétition correspondant à une fréquence de répétition de 3 KHz est égale à $\frac{1}{3\text{KHz}}$ soit 333,33 μ s ce qui correspond à 1000 impulsions de largeur μ ; le pas $\frac{F2}{R.M}$ de variation de fréquence est donc de 3 Hz près de 3000 Hz d'où $M = 1000$ et $F = 3$ MHz. La fréquence Fr de 10 répétition peut varier dans la mesure où l'on a :

$$Fr = 3000 \pm i \times 3 \text{ Hz avec } 0 \leq i \leq m.$$

Grâce à ces moyens, Fr peut être modifiée sans que le synchronisme du système ne soit modifié, tant que m garde une valeur inférieure à celle pour laquelle on atteint le maximum d'erreur admissible pour la qualité 25 du radar. Dans notre exemple numérique, la qualité est encore excellente avec $m = 20$.

REVENDEICATIONS

1. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence, constitué par une antenne, commune à l'émission et à la réception, et par une chaîne d'émission-réception cohérente qui comprend pour l'émission un découpeur en impulsions de largeur μ à la fréquence de répétition F_r dont l'entrée de synchronisation est reliée à un circuit de synchronisation et dont la sortie est reliée à l'entrée d'un amplificateur de puissance dont la sortie est reliée à l'antenne via un duplexeur, et, pour la réception un amplificateur de puissance dont l'entrée est reliée à l'antenne via le duplexeur et dont la sortie est reliée à l'une des entrées d'un premier mélangeur dont la sortie est reliée à l'une des entrées d'un second mélangeur dont la sortie est connectée à un dispositif d'exploitation des informations, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un oscillateur d'émission contrôlé en tension dont la fréquence nominale est fixée par des premiers moyens de modification et dont la sortie est reliée à l'entrée du découpeur ;
- un oscillateur local constitué par un synthétiseur de fréquence dont la fréquence locale émise est fixée par des seconds moyens de modification et dont la sortie est reliée à la seconde entrée du premier mélangeur de la chaîne de réception ;
- un oscillateur de référence qui pilote le synthétiseur de fréquence et dont la sortie est reliée à la seconde entrée du second mélangeur de la chaîne de réception et à l'entrée du circuit de synchronisation du découpeur ;
- et une boucle à verrouillage de phase qui comprend un comparateur de phase dont la première entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence, dont la seconde entrée est reliée à la sortie d'un troisième mélangeur dont la première entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur local et la seconde à la sortie de l'oscillateur émission, et, dont la sortie est reliée à l'entrée de contrôle en tension de l'oscillateur d'émission, ce qui permet d'asservir l'oscillateur d'émission à l'oscillateur local en phase et à un écart de fréquence égale à la fréquence intermédiaire issue de l'oscillateur de référence.

2. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de modification des fréquences sont constitués par un microprocesseur relié aux oscillateurs via des convertisseurs numérique-analogique.

3. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence selon la revendication 2, caractérisé en ce que des mémoires contenant des

séquences de modification de fréquence sont associées au microprocesseur.

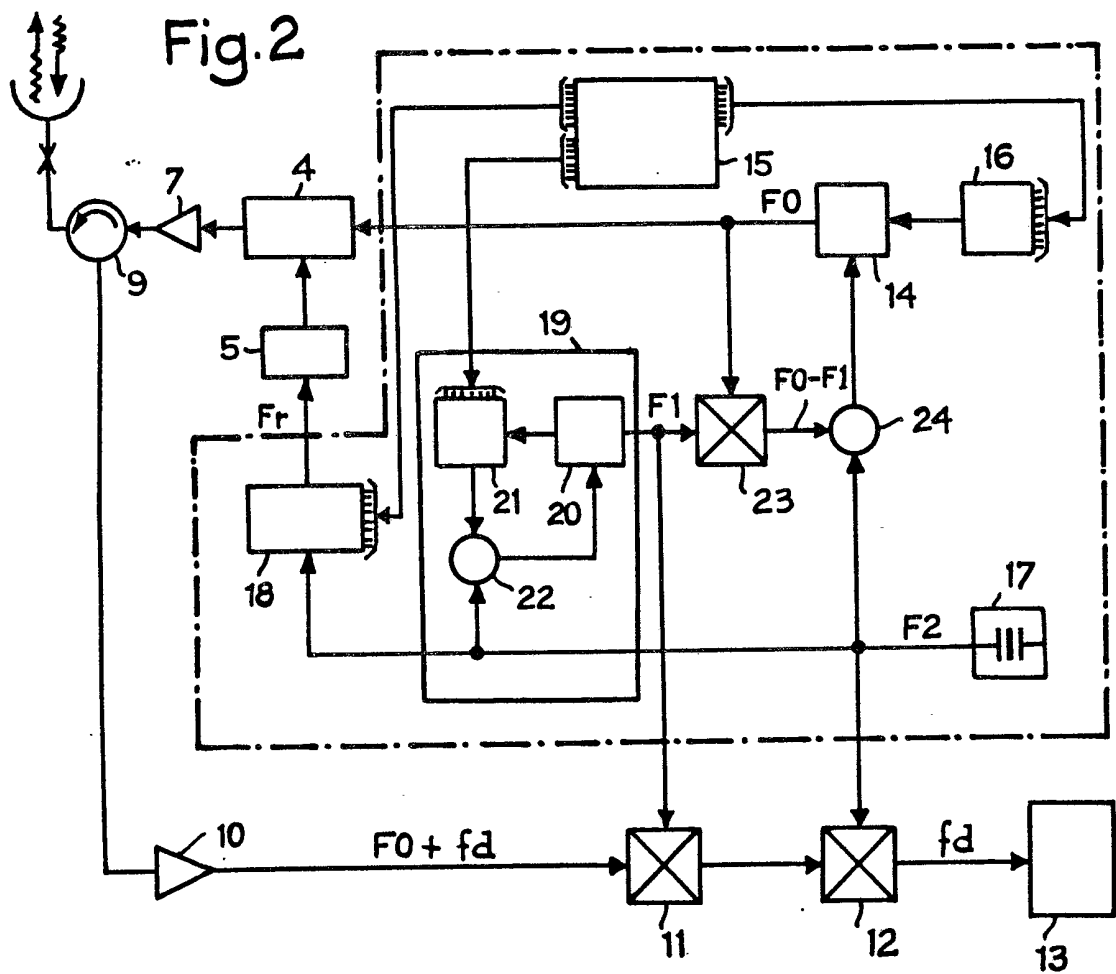
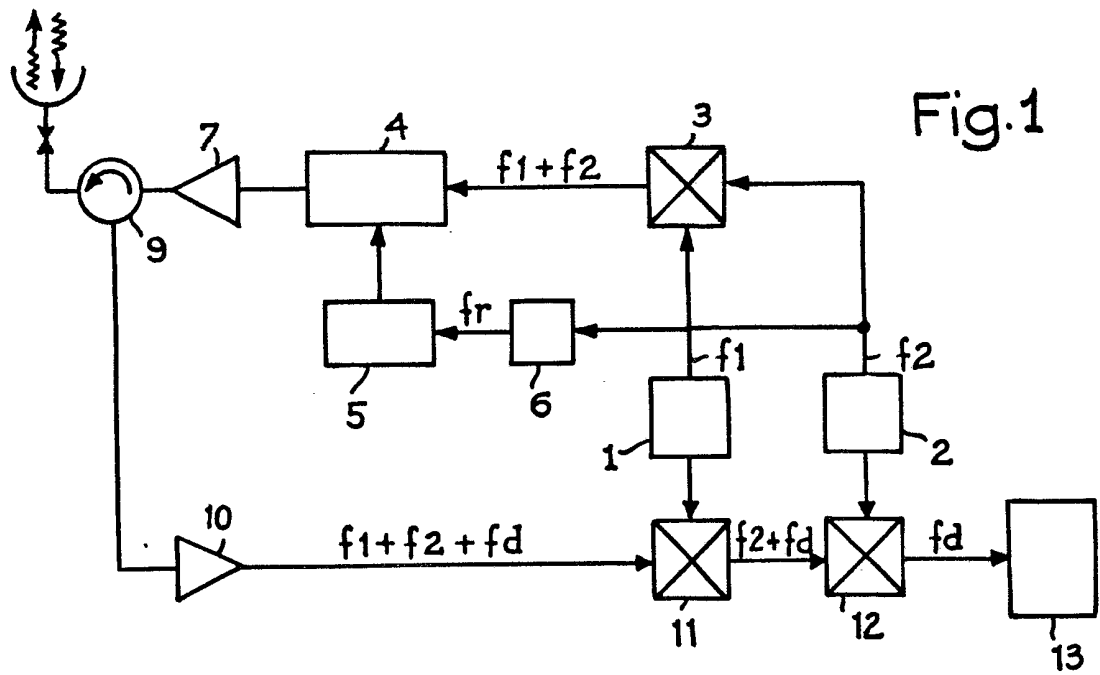
4. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de modification de fréquences sont constitués par des roues codeuses actionnées manuellement.

5 5. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence selon la revendication 2, ou la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de modification de la fréquence de répétition F_r constitués par un diviseur de fréquence dont l'entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence, dont la sortie est reliée au circuit de synchroni-
10 sation du découpeur en impulsions et dont le rapport est fixé par le microprocesseur.

6. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence selon la revendication 3, ou la revendication 4 comportant des moyens de codage de phase constitués premièrement par des moyens de codage comprenant un
15 amplificateur pulsé qui est commandé par un modulateur et dont l'entrée est reliée à la sortie du découpeur en impulsions, un codeur qui comprend un commutateur électronique relié d'un côté à la sortie de l'amplificateur pulsé et de l'autre à l'amplificateur d'émission d'une part directement, d'autre part via une ligne à retard, et, un registre à décalage parallèle-
20 série dont la sortie est reliée à l'entrée de commande du commutateur électronique, deuxièmement par des moyens de décodage entre l'amplificateur de réception et le premier mélangeur, et, troisièmement des moyens de modification de code reliés aux moyens de codage et aux moyens de décodage, caractérisé en ce que l'entrée d'horloge du registre à décalage
25 du codeur est reliée à la sortie d'un diviseur de fréquence de rapport $k = \mu.F_2$ dont l'entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence, et en ce que les entrées de synchronisation du modulateur et du registre à décalage sont reliées à la sortie de l'oscillateur via un autre diviseur de fréquence.

30 7. Radar Doppler cohérent à impulsions à agilités de fréquence selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de modification de la fréquence de répétition constitués par un oscillateur contrôlé en tension par le signal de sortie d'un comparateur de phase dont l'une des entrées est reliée à la sortie de l'oscillateur de référence
35 via un diviseur de fréquence de rapport R et dont l'autre entrée est reliée à la sortie de l'oscillateur de la boucle via un diviseur de rapport variable V , $M-m \leq V \leq M+m$, commandé par des moyens de modification

tels que ceux définis dans la revendication 3 ou la revendication 4, la sortie de l'oscillateur étant reliée via un diviseur de fréquence de rapport M à l'entrée du circuit de synchronisation du découpeur, auquel il fournit un signal de fréquence F_r égal à $\frac{F_2}{R} \pm \left(i \cdot \frac{F_2}{R \cdot M} \right)$, avec $0 \leq i \leq m$ 5 et R étant choisi de telle sorte que le pas de variation $\frac{F_2}{R \cdot M}$ corresponde à une variation de période de largeur μ près de la fréquence $\frac{F_2}{R}$.



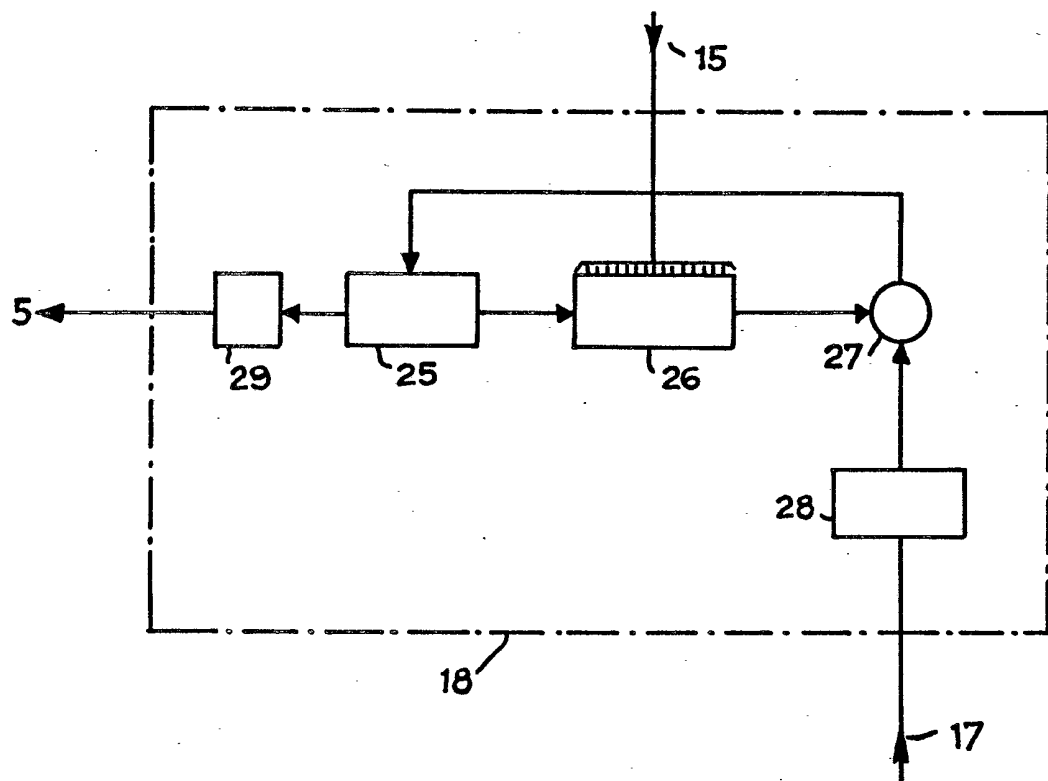


Fig.4