

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 07.02.03.

30 Priorité : 08.02.02 JP 02032656.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.10.03 Bulletin 03/41.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : MURATA MANUFACTURING CO LTD  
— JP.

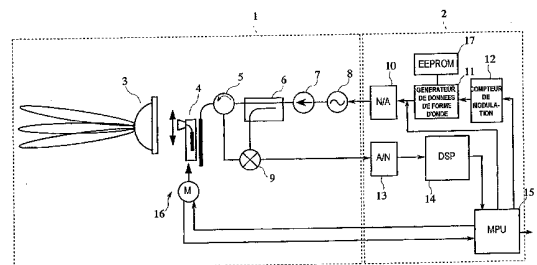
72 Inventeur(s) : NAKANISHI MOTOI, ISHII TORU et  
NISHIMURA TESTU.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

54 SYSTEME DE RADAR ET PROCEDURE DE REGLAGE DE SES CARACTERISTIQUES.

57 Un système de radar inclut une unité d'émission / réception qui émet un signal d'émission triangulaire incluant des intervalles de modulation montante/descendante de fréquence croissant/ décroissant de façon progressive et qui reçoit un signal de réception incluant un signal réfléchi depuis une cible, une unité d'analyse de fréquence (15), une unité de stockage de données (17) pour stocker des caractéristiques variant temporellement de valeurs d'entrée sur un convertisseur numérique-analogique ou N/A (10), lesquelles font varier de façon monotone une fréquence d'oscillation d'un oscillateur commandé en tension (8) en fonction du temps, sous la forme de données concernant une expression qui représente les caractéristiques variant temporellement, et une unité de traitement de données (15) pour déterminer les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) par référence aux données. Soit une distance relative jusqu'à la cible, soit une vitesse relative de la cible est détectée sur la base du signal de battement.



## ARRIÈRE-PLAN DE L'INVENTION

### 1. Domaine de l'invention

La présente invention concerne un système de radar permettant de détecter une cible à l'aide d'ondes radio.

### 5 2. Description de l'art antérieur

Les systèmes de radar à ondes continues modulées en fréquence ou FM-CW ont été développés en tant que systèmes de radar embarqués sur véhicule, lesquels systèmes de radar sont montés sur des corps mobiles tels que des véhicules pour détecter par  
10 exemple d'autres véhicules, des êtres humains et des obstructions.

Un système de radar FM-CW émet un signal en onde continue modulée en fréquence en tant que signal d'émission, mélange un signal de réception (un signal d'émission qui est réfléchi depuis une cible) et le signal d'émission pour générer un signal de battement et  
15 détecte la position relative et la vitesse relative de la cible sur la base de la fréquence du signal de battement.

Des circuits permettant de générer le signal d'émission incluent un oscillateur commandé en tension ci-après appelé VCO dans lequel une fréquence d'oscillation varie conformément à une tension de  
20 commande. Puisque la relation entre la tension de commande et la fréquence d'oscillation dans le VCO est connue, il est possible de réaliser la modulation de fréquence souhaitée en commandant la tension de commande qui est appliquée sur le VCO.

Cependant, la caractéristique de la fréquence d'oscillation en  
25 fonction de la tension de commande qui est appliquée sur le VCO n'est pas nécessairement la même pour chaque VCO. Par ailleurs, la caractéristique varie en fonction de la température.

Afin de résoudre les problèmes qui ont été mentionnés ci-avant, une référence de l'art antérieur (1), soit la publication de demande de  
30 brevet non examinée du Japon n° 7 - 198833, décrit un système de radar qui réalise une correction non linéaire d'un VCO en préstockant des données se rapportant à la tension de commande qui est appliquée sur le VCO dans une mémoire et en lisant les données stockées, et une référence de l'art antérieur (2), soit la publication de

demande de brevet non examinée du Japon n° 10 - 197625, décrit un système de radar qui stocke dans une mémoire des données se rapportant à une tension de correction qui est utilisée pour corriger la tension de commande qui est appliquée sur un VCO conformément à la température et qui corrige la tension de commande conformément à la température du VCO.

Cependant, dans le système de radar qui est décrit dans la référence de l'art antérieur (1), une mémoire importante est requise pour stocker les données de tension de commande corrigées. Dans le système de radar qui est décrit dans la référence de l'art antérieur (2), puisque les données de température sont également stockées, une mémoire beaucoup plus grande est requise. Par conséquent, la dimension de circuit augmente de manière désavantageuse, ce qui conduit à un coût très élevé pour ces systèmes de radar connus.

## 15 RÉSUMÉ DE L'INVENTION

Afin de surmonter les problèmes qui ont été décrits ci-avant, des modes de réalisation préférés de la présente invention proposent un système de radar compact qui présente un espace de mémoire réduit à un coût beaucoup plus faible.

20 En outre, des modes de réalisation préférés de la présente invention proposent un procédé permettant de régler des caractéristiques pour un système de radar selon lequel la linéarité de la phase (la période) de croissance et de la phase (la période) de décroissance d'une fréquence d'émission variant en fonction du temps peut être corrigée pour le système de radar complet sans que cette linéarité ne soit affectée par des variations au niveau de composants individuels.

Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, un système de radar inclut une unité d'émission/réception pour, de façon répétée, émettre un signal d'émission triangulaire qui inclut un intervalle de modulation montante lorsqu'une fréquence croît de façon progressive et un intervalle de modulation descendante lorsqu'une fréquence décroît de façon progressive et pour recevoir un signal de réception qui inclut un signal réfléchi depuis une cible. L'unité

d'émission/réception comporte un oscillateur commandé en tension pour déterminer une fréquence d'émission, un signal de tension pour une modulation de fréquence étant appliqué sur l'oscillateur commandé en tension. Le système de radar inclut en outre une unité  
5 d'analyse de fréquence pour calculer des données concernant un spectre de fréquences d'un signal de battement qui présente une fréquence qui est sensiblement égale à une différence entre une fréquence du signal d'émission et une fréquence du signal de réception, une unité de stockage de données pour stocker des  
10 caractéristiques variant temporellement de valeurs d'entrée sur un convertisseur numérique - analogique ou N/A, lesquelles font varier de façon monotone une fréquence d'oscillation de l'oscillateur commandé en tension en fonction du temps, sous la forme de données concernant une expression (une formule) qui représente les caractéristiques  
15 variant temporellement, et une unité de traitement de données pour déterminer les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A par référence aux données. Le système de radar détecte au moins un élément pris parmi une distance relative jusqu'à la cible et une vitesse relative de la cible sur la base du signal de battement pendant l'intervalle de  
20 modulation montante et sur la base du signal de battement pendant l'intervalle de modulation descendante.

Une telle structure réduit la quantité de données représentant les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A, d'où ainsi la réalisation d'un système de radar  
25 compact à un coût plus faible.

L'expression peut être une expression polynomiale et les données concernant l'expression peuvent être un coefficient de chaque terme de l'expression polynomiale. Par exemple, l'utilisation d'une expression polynomiale cubique (une équation cubique) permet  
30 d'augmenter la précision selon laquelle la fréquence d'oscillation de l'oscillateur commandé en tension varie de façon monotone en fonction du temps.

L'unité de traitement de données réalise de préférence une intégration sur le temps d'équations différentielles qui sont données par

les différentiations qui vont de la différentiation de premier ordre jusqu'à la différentiation de n-ième ordre où n représente l'ordre de l'expression polynomiale pour déterminer les valeurs d'entrée variant temporellement sur le convertisseur N/A. Dans ce cas, les données

5 peuvent être traitées en utilisant seulement une addition et une soustraction sans utiliser ni multiplication, ni division. Par conséquent, des circuits logiques simples, des CPLD, des FPGA, etc... peuvent être utilisés en lieu et place de micro-calculateurs ou micro-ordinateurs haute vitesse ou de DSP afférents, ce qui permet de réduire le coût.

10 Il est préférable que l'expression soit fournie à diverses températures et que l'unité de traitement de données se réfère à une expression qui correspond à la température détectée pour déterminer les valeurs d'entrée variant temporellement sur le convertisseur N/A. Par conséquent, les caractéristiques deviennent stables sur une plage

15 de températures plus large.

Il est également préférable que l'expression soit fournie à plusieurs températures discrètes et que l'unité de traitement de données détermine des données correspondant à la température détectée au moyen d'un procédé par interpolation ou d'un procédé par

20 extrapolation. Dans un tel cas, une correction de précision plus élevée en relation avec la température peut être réalisée moyennant une quantité réduite de données concernant l'expression à diverses températures.

Un système de radar inclut de préférence un compteur pour

25 compter de façon monotone un signal d'horloge qui présente une fréquence prédéterminée de façon incrémentielle pendant l'intervalle de modulation montante et de façon décrémenteille pendant l'intervalle de modulation descendante. L'unité de traitement de données détermine de préférence les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A

30 conformément à la valeur de comptage du compteur. Une telle structure permet la détermination des valeurs d'entrée variant temporellement sur le convertisseur N/A pendant l'intervalle de modulation montante et permet également que l'intervalle de

modulation descendante soit déterminé en utilisant une unique expression, ce qui réduit la dimension de circuit.

Selon un autre mode de réalisation préféré de la présente invention, un procédé permettant de régler des caractéristiques du système de radar inclut les étapes de mesure de la fréquence du signal d'émission à l'aide par exemple d'un analyseur de spectre tandis que les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A sont en train d'être modifiées afin de déterminer la relation entre les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A et la fréquence du signal d'émission, de détermination des données concernant l'expression représentant les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A à partir de la relation, et de stockage des données dans l'unité de stockage de données.

Selon ce procédé, les caractéristiques peuvent être réglées de façon appropriée pour chaque système de radar en déterminant des caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A qui font varier de façon monotone la fréquence d'oscillation de l'oscillateur commandé en tension en fonction du temps.

Les éléments, caractéristiques et avantages mentionnés ci-avant ainsi que d'autres de la présente invention apparaîtront plus clairement au vu de la description qui suit de modes de réalisation préférés que l'on lira en conjonction avec les dessins annexés.

#### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La figure 1 est un schéma fonctionnel qui représente la structure d'un système de radar selon un mode de réalisation préféré de la présente invention ;

la figure 2 est un graphique qui représente un décalage en fréquence d'un signal reçu par rapport à la fréquence d'un signal émis du fait de la distance relative jusqu'à la cible et de la vitesse relative afférente ;

la figure 3 représente la relation entre la caractéristique variant temporellement d'un signal de tension qui est appliqué sur un VCO et la caractéristique variant temporellement d'une fréquence d'émission ;

la figure 4A est un graphique qui représente la relation entre des valeurs d'entrée sur un convertisseur N/A et la fréquence d'oscillation (fréquence d'émission) du VCO ;

la figure 4B est un graphique qui représente la caractéristique  
5 variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A ;

la figure 4C est un graphique qui représente comment la fréquence d'oscillation du VCO varie en fonction du temps ;

la figure 5 est un graphique qui représente comment les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A varient en fonction du temps à des  
10 températures données ; et

la figure 6 est un organigramme qui représente le processus de détermination des coefficients d'une expression représentant les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A.

## 15 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION PRÉFÉRÉS

Un système de radar et un procédé de réglage de ses caractéristiques selon des modes de réalisation préférés de la présente invention seront maintenant décrits par report aux dessins  
20 annexés.

La figure 1 est un schéma fonctionnel qui représente la structure d'un système de radar selon un mode de réalisation préféré de la présente invention. Le système de radar inclut de préférence un bloc de fréquence radio ou RF 1 et un bloc de traitement de signal 2. Le  
25 bloc RF 1 émet/reçoit des ondes radio pour une détection de radar et émet en sortie un signal de battement qui est généré en mélangeant des ondes émises et des ondes reçues sur le bloc de traitement de signal 2. Un compteur de modulation 12 dans le bloc de traitement de signal 2 convertit des valeurs de comptage selon une forme d'onde  
30 triangulaire sous la commande d'un microprocesseur 15. Une mémoire morte programmable et effaçable électriquement ou EEPROM 17 est une mémoire dans laquelle des données qui sont requises pour modifier de façon monotone la fréquence d'oscillation pendant un intervalle de modulation montante et pendant un intervalle de

modulation descendante sont stockées. Un générateur de données de forme d'onde 11 émet en sortie une valeur de sortie sur un convertisseur N/A 10 sur la base de données qui sont lues à partir de l'EEPROM 17 et sur la base d'une valeur de sortie en provenance du

5 compteur de modulation 12. Le convertisseur N/A 10 convertit la valeur de sortie en provenance du générateur de données de forme d'onde 11 selon un signal analogique et applique le signal converti sur un VCO 8 dans le bloc RF 1. En tant que résultat, le VCO 8 génère un signal d'oscillation qui est modulé en fréquence selon la forme d'onde

10 triangulaire.

Les signaux d'oscillation qui sont générés dans le VCO 8 sont appliqués sur un moyen de rayonnement primaire 4 par l'intermédiaire d'un isolateur 7, d'un coupleur 6 et d'un circulateur 5. Le moyen de rayonnement primaire 4 est disposé sur le plan focal ou à proximité du

15 plan focal d'une lentille diélectrique 3. La lentille diélectrique 3 émet un signal d'onde millimétrique qui est irradié depuis le moyen de rayonnement primaire 4 en tant que faisceaux étroits. Des ondes réfléchies en provenance d'une cible telle qu'un véhicule atteignent le moyen de rayonnement primaire 4 après passage au travers de la

20 lentille diélectrique 3, puis le signal reçu est appliqué sur un mélangeur 9 par l'intermédiaire du circulateur 5. Le mélangeur 9 reçoit le signal en provenance du circulateur 5 et un signal local qui est une partie d'un signal émis en provenance du coupleur 6 et émet en sortie un signal de battement qui présente une fréquence qui est sensiblement égale à

25 la différence de fréquence entre le signal reçu et le signal local sur un convertisseur A/N 13 dans le bloc de traitement de signal 2, en tant que signal de fréquence intermédiaire. Le convertisseur A/N 13 convertit le signal de fréquence intermédiaire selon des données numériques. Un processeur de signal numérique ou DSP 14 traite la

30 séquence de données qui est reçue depuis le convertisseur A/N 13 au moyen d'une transformation de Fourier rapide ou FFT afin de calculer ou afin d'obtenir le spectre de fréquences du signal de battement.

Le microprocesseur 15 émet en sortie de façon directe une valeur spécifiée sur le convertisseur N/A 10 lors du réglage des



caractéristique du système de radar. Il calcule ordinairement la distance relative jusqu'à la cible et la vitesse relative afférente et il les émet en sortie sur un dispositif hôte.

5 Une unité de balayage 16 dans le bloc RF 1 déplace le moyen de rayonnement primaire 4 à l'intérieur du plan focal de la lentille diélectrique 3 ou à l'intérieur d'un plan qui est parallèle à ce plan. Une partie mobile et une partie fixe incluant le moyen de rayonnement primaire 4 constituent un coupleur à 0 dB. Un moteur d'entraînement ou de pilotage M pilote le coupleur à 0 dB.

10 La figure 2 est un graphique qui représente un décalage en fréquence d'un signal reçu par rapport à la fréquence d'un signal émis du fait de la distance relative jusqu'à la cible et de la vitesse relative afférente. Par report à la figure 2, une fréquence de battement montant  $f_{BU}$  représente la différence de fréquence entre le signal émis et le  
15 signal reçu pendant l'intervalle de modulation montante du signal émis. Une fréquence de battement descendant  $f_{BD}$  représente la différence de fréquence entre le signal émis et le signal reçu pendant l'intervalle de modulation descendante du signal émis. La différence temporelle de formes d'onde triangulaires entre le signal émis et le signal reçu  
20 correspond à la période temporelle pendant laquelle les ondes radio sont émises depuis l'antenne jusqu'à la cible et sont réfléchies depuis la cible jusqu'à l'antenne. La différence de fréquence entre le signal émis et le signal reçu correspond à la valeur d'un décalage Doppler qui est généré par la vitesse relative de la cible par rapport à l'antenne. La  
25 fréquence de battement montant  $f_{BU}$  et la fréquence de battement descendant  $f_{BD}$  varient en fonction de la différence temporelle et de la valeur du décalage Doppler. En d'autres termes, la distance depuis le système de radar jusqu'à la cible et la vitesse relative de la cible par rapport au système de radar sont calculées à partir de la fréquence de  
30 battement montante de la fréquence de battement descendant.

La figure 3 représente la relation entre la caractéristique variant temporellement d'un signal de tension pour une modulation de fréquence comme appliqué sur le VCO 8 et la caractéristique variant temporellement d'une fréquence d'émission où l'axe horizontal

représente le temps, l'axe vertical V représente un signal de tension pour une modulation de fréquence comme appliqué sur le VCO 8 et l'axe vertical f représente la fréquence d'oscillation du VCO 8. Le signal d'oscillation qui est généré par le VCO est de préférence  
5 modulé en fréquence selon une forme d'onde triangulaire sur la base du principe des systèmes de radar FM-CW. Cependant, la relation entre le signal de tension pour une modulation de fréquence comme appliqué sur le VCO et la fréquence d'oscillation du VCO 8 ne peut généralement pas être représentée au moyen d'une expression ou  
10 d'une formule linéaire de telle sorte que la caractéristique variant temporellement du signal de tension pour une modulation de fréquence n'est pas représentée de façon exacte en tant que forme d'onde triangulaire, comme représenté sur la figure 3.

Les figures 4A à 4C représentent la caractéristique variant  
15 temporellement de la fréquence d'émission etc... pendant l'intervalle de modulation montante de la figure 3. La figure 4A est un graphique qui représente la relation entre des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A et la fréquence d'oscillation (la fréquence d'émission) du VCO. Lorsque les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A varient de façon  
20 monotone, la fréquence d'oscillation du VCO ne varie pas de façon linéaire.

La figure 4B est un graphique qui représente la caractéristique variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A.

La figure 4C est un graphique qui représente comment la  
25 fréquence d'oscillation du VCO varie en fonction du temps. Une correction de la caractéristique variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A conformément à la relation entre les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A et la fréquence d'oscillation du VCO comme représenté sur la figure 4A permet que la fréquence  
30 d'oscillation du VCO augmente de façon monotone en fonction du temps, comme représenté sur la figure 4C.

La caractéristique variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A comme représenté sur la figure 4B, qui est requise pour faire varier de façon monotone la fréquence d'oscillation

du VCO en fonction du temps, est exprimée en tant qu'expression ou formule approchée telle que l'équation polynomiale cubique qui suit :

$$x(t) = at^3 + bt^2 + ct + d \quad (1)$$

5 où t représente le temps et x représente une valeur d'entrée sur le convertisseur N/A. La courbe qui représente comment les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A varient en fonction du temps est tracée en déterminant les coefficients a, b, c et d dans cette expression. Ces coefficients sont déterminés au moyen d'un procédé par les moindres carrés.

10 Lorsque la caractéristique de tension - fréquence est exprimée en tant que courbe croissant et décroissant de façon monotone sans point d'inflexion (le point au niveau duquel une différentiation double donne une valeur de 0) à l'intérieur de la plage de tensions de commande qui sont appliquées sur le VCO, une précision de  
15 correction suffisante est réalisée avec une expression cubique. En d'autres termes, la plage des tensions de commande qui sont appliquées sur le VCO est spécifiée de telle sorte que la caractéristique tension - fréquence du VCO ne comporte pas de point d'inflexion, et des approximations sont calculées à l'aide d'une  
20 expression polynomiale cubique.

La figure 5 est un graphique qui représente comment les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A varient en fonction du temps à des températures données. Puisque la caractéristique de tension - fréquence du VCO varie en fonction de la température, la  
25 caractéristique variant en fonction du temps des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A doit être déterminé à diverses températures afin d'augmenter la stabilité vis-à-vis de variations de température. Par report à la figure 5, deux courbes en trait plein représentent les caractéristiques à des températures d'environ 40°C et d'environ 20°C.  
30 Bien que les caractéristiques de variation des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A à deux températures soient mesurées sur la figure 5, il peut être possible de mesurer les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A à davantage de températures, par exemple des

températures d'approximativement - 40°C, - 20°C, +/- 0°C, + 20°C, + 40°C, + 60°C et + 80°C.

Les caractéristiques de variation des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A à des températures autres que les températures mesurées sont de préférence déterminées au moyen d'un procédé d'interpolation ou au moyen d'un procédé d'extrapolation. Par exemple, à une température d'environ 30°C, des valeurs intermédiaires sont interpolées ou sont obtenues à partir des courbes à une température d'environ 40°C et à une température d'environ 20°C. C'est-à-dire que les coefficients a, b, c et d sont déterminés de telle sorte que la courbe qui passe par les valeurs intermédiaires soit tracée. Par ailleurs, les valeurs à une température d'environ 10°C sont extrapolées ou sont obtenues à partir des courbes à environ 40°C et à environ 20°C afin de déterminer les coefficients a, b, c et d.

Par exemple, le coefficient  $a_{+30}$  à une température d'environ 30°C est interpolé de façon linéaire à l'aide de l'équation qui suit :

$$a_{+30} = (a_{+40} + a_{+20}) / ((40 - 20) / (40 - 30))$$

où  $a_{+40}$  représente le coefficient à environ 40°C et  $a_{+20}$  représente le coefficient à environ 20°C.

Les procédés par interpolation et par extrapolation ne sont pas limités à l'utilisation de l'interpolation et de l'extrapolation linéaires. Une interpolation et une extrapolation Spline, une interpolation et une extrapolation polynomiales ainsi que d'autres procédés appropriés peuvent être utilisés.

Une fois que les coefficients a, b, c et d de l'expression polynomiale cubique comme décrit ci-avant sont déterminés, les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A peuvent être calculées à partir de l'expression. Cependant, en lieu et place de calculer de façon directe l'expression polynomiale cubique, seulement une addition et une soustraction peuvent être réalisées. Le procédé moyennant un tel mode opératoire sera maintenant décrit.

L'équation différentielle de la formule (1) est comme suit :

$$x'''(t) = 6a \quad (2)$$

Les valeurs initiales sont comme suit :

$$x(0) = d \quad (3)$$

$$x'(0) = c \quad (4)$$

$$x''(0) = 2b \quad (5)$$

Dans le même temps, les équations qui suivent sont dérivées à partir de la définition de différentiation :

$$x'(t) = \lim[\Delta t \rightarrow 0] \{x(t+\Delta t) - x(t)\}/\Delta t \quad (6)$$

$$x''(t) = \lim[\Delta t \rightarrow 0] \{x'(t+\Delta t) - x'(t)\}/\Delta t \quad (7)$$

Lorsque  $\Delta t = 1$  au niveau des formules (6) à (8), ces équations sont converties selon les équations différentielles qui suivent :

$$x'(t) = x(t+1) - x(t) \quad (9)$$

$$x''(t) = x'(t+1) - x'(t) \quad (10)$$

$$x'''(t) = x''(t+1) - x''(t) \quad (11)$$

Les formules (9) à (11) sont transformées selon les équations qui suivent sur la base de la formule (2) :

$$x(t+1) = x(t) + x'(t) \quad (12)$$

$$x'(t+1) = x'(t) + x''(t) \quad (13)$$

$$x''(t+1) = x''(t) + 6a \quad (14)$$

Par conséquent, les valeurs des expressions polynomiales cubiques peuvent être calculées en utilisant seulement une addition et une soustraction en déterminant de façon séquentielle les valeurs d'entrée en utilisant les valeurs initiales qui sont données par les formules (3) à (5) lorsque  $t$  est modifié comme suit :

$$t = 0, 1, 2, \dots, 1023 \text{ dans les formules (12) à (14).}$$

Puisqu'une multiplication et une division nécessitent une puissance de calcul beaucoup plus élevée qu'une addition et qu'une soustraction, l'utilisation de seulement les additions et les soustractions pour calculer les valeurs permet de réaliser un temps de calcul court et permet de réaliser une économie en termes de composants matériels. Des circuits logiques simples, des dispositifs logiques programmables complexes ou CPLD, des réseaux de portes ou prédifusés programmables par champ ou FPGA etc... peuvent constituer les composants matériels en lieu et place de micro-calculateurs ou micro-ordinateurs de telle sorte que la dimension des

composants matériels peut être réduite de façon considérable pour réaliser des fonctionnements compacts haute vitesse à un coût faible.

Le compteur de modulation 12 de la figure 1 compte de façon monotone des signaux d'horloge moyennant une fréquence donnée de façon 5 incrémentielle pendant l'intervalle de modulation montante et les compte de façon monotone de façon décrémenteielle pendant l'intervalle de modulation descendante et il applique les valeurs comptées sur le générateur de données de forme d'onde 11. Par 10 conséquent, le générateur de données de forme d'onde 11 n'a pas besoin de stocker des données respectives pour l'intervalle de modulation montante et pour l'intervalle de modulation descendante, ce qui réduit la quantité requise de mémoire.

Le processus de détermination des coefficients représentant les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le 15 convertisseur N/A sera maintenant décrit par report à la figure 6.

Tout d'abord, un analyseur de spectre pour recevoir un signal émis qui est émis en sortie depuis le système de radar et pour mesurer la fréquence du signal reçu est installé. Au niveau d'une étape n1, la température ambiante (la température de fonctionnement du VCO 8) 20 du système de radar est mesurée. Au niveau d'étapes n2 à n5, une fréquence d'émission est mesurée à l'aide de l'analyseur de spectre tandis qu'une valeur d'entrée  $D_{in}$  sur le convertisseur N/A 10 est modifiée de façon progressive à partir de la valeur minimum  $D_{min}$  jusqu'à la valeur maximum  $D_{max}$ . Les étapes n2 à n5 sont répétées 25 pour déterminer la relation entre les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A 10 et la fréquence d'émission. Au niveau de l'étape n6, les coefficients de l'expression polynomiale sont déterminés.

La plage sur laquelle la valeur requise de décalage de fréquence est observée est sélectionnée sur la base de la relation 30 entre la fréquence d'émission et les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A 10, et la plage de fréquences sélectionnée est divisée par un nombre requis (le nombre de périodes d'horloge qui sont utilisées pour une modulation pendant l'intervalle de modulation montante ou pendant l'intervalle de modulation descendante). Par

exemple, la plage de fréquences qui s'étend jusqu'à environ 150 MHz au-dessus et au-dessous de la fréquence à la valeur de point médian ou intermédiaire des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A 10 est divisée par  $2^{10} - 1 = 1024$  afin de déterminer les fréquences d'oscillation correspondantes. Ensuite, les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A 10 présentant la fréquence qui est la plus proche de la fréquence d'oscillation déterminée sont déterminées et la séquence de nombres est approchée à l'aide d'une expression polynomiale cubique.

Les étapes qui ont été mentionnées ci-avant sont répétées lorsque la température ambiante du système de radar est modifiée dans une plage de températures donnée ( $n7 \rightarrow n1 \rightarrow \dots$ ). Au niveau d'une étape  $n8$ , chaque coefficient de l'expression polynomiale à chaque température mesurée est stocké dans l'EEPROM 17. La valeur d'entrée  $Din$  est appliquée directement sur le convertisseur N/A 10 depuis le microprocesseur 15.

En lieu et place de corriger la caractéristique de fréquence de tensions qui sont appliquées sur le VCO 8, la détermination des caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A 10 sur la base de la relation entre la fréquence d'émission et des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A permet de corriger la fréquence d'oscillation du VCO pour divers facteurs variables tels que :

- (1) des variations de la tension d'alimentation du système de radar ;
- (2) des variations d'une tension de référence du convertisseur N/A ;
- (3) des variations au niveau de circuits situés en aval (des charges) par rapport au VCO ; et
- (4) des variations au niveau de la fréquence de sortie lorsque la température varie, y compris des effets de la tension d'alimentation, de la tension de référence du convertisseur N/A, et des circuits en aval par rapport au VCO de même que du VCO lui-même. Par conséquent,

la performance de détection du système de radar FM-CW est fortement améliorée.

Bien que des modes de réalisation préférés de l'invention aient été décrits ci-avant, il doit être bien compris que des variantes et  
5 modifications apparaîtront à l'homme de l'art sans que l'on s'écarte ni du cadre, ni de l'esprit de l'invention. Par conséquent, le cadre de l'invention doit être déterminé seulement au moyen des revendications qui suivent.



## REVENDICATIONS

1. Système de radar caractérisé en ce qu'il comprend :

une unité d'émission/réception pour, de façon répétée, émettre un signal d'émission triangulaire qui inclut un intervalle de modulation montante de fréquence croissant de façon progressive et un intervalle  
5 de modulation descendante de fréquence décroissant de façon progressive et pour recevoir un signal de réception qui inclut un signal réfléchi depuis une cible, l'unité d'émission/réception comportant un oscillateur commandé en tension (8) pour déterminer une fréquence  
10 d'émission, un signal de tension pour une modulation de fréquence étant appliqué sur l'oscillateur commandé en tension ;

une unité d'analyse de fréquence (15) pour calculer des données concernant un spectre de fréquences d'un signal de battement qui présente une fréquence qui est sensiblement égale à une différence  
15 entre une fréquence du signal d'émission et une fréquence du signal de réception ;

une unité de stockage de données (17) pour stocker des caractéristiques variant temporellement de valeurs d'entrée sur un convertisseur numérique - analogique ou N/A (10), lesquelles font  
20 varier de façon monotone une fréquence d'oscillation de l'oscillateur commandé en tension (8) en fonction du temps, sous la forme de données concernant une expression qui représente les caractéristiques variant temporellement ; et

une unité de traitement de données (15) pour déterminer les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) par référence aux  
25 données qui concernent une expression qui représente les caractéristiques variant temporellement,

dans lequel au moins un élément pris parmi une distance relative jusqu'à la cible et une vitesse relative de la cible est détecté sur la base du signal de battement pendant l'intervalle de modulation  
30 montante et sur la base du signal de battement pendant l'intervalle de modulation descendante.

2. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est une expression polynomiale et les données concernant l'expression sont un coefficient de chaque terme de l'expression polynomiale.

3. Système de radar selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'unité de traitement de données (15) réalise une intégration sur le temps d'équations différentielles qui sont données au moyen des différentiations depuis la différenciation de premier ordre jusqu'à la différenciation de n-ième ordre où n représente l'ordre de l'expression polynomiale.

4. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est fournie à diverses températures et l'unité de traitement de données (15) se reporte à l'expression qui correspond à une température détectée.

5. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est fournie à plusieurs températures discrètes et l'unité de traitement de données (15) détermine des données correspondant à la température détectée au moyen d'un procédé pris parmi une interpolation et une extrapolation.

6. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un compteur (12) pour compter de façon monotone un signal d'horloge qui présente une fréquence prédéterminée de façon incrémentielle pendant l'intervalle de modulation montante et de façon décrémenteille pendant l'intervalle de modulation descendante, dans lequel l'unité de traitement de données (15) détermine les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) conformément à une valeur de comptage du compteur (12).

7. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'unité de stockage de données (17) inclut une mémoire morte programmable et effaçable électriquement.

8. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen de rayonnement primaire (4), un isolateur (7), un coupleur (6) et un circulateur (5), dans lequel des signaux d'oscillation qui sont générés dans l'oscillateur commandé en tension (8) sont appliqués sur le moyen de rayonnement primaire (4) par l'intermédiaire de l'isolateur (7), du coupleur (6) et du circulateur (5).

9. Système de radar selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une lentille diélectrique (3), dans lequel le moyen de rayonnement primaire (4) est disposé sur un plan focal ou à proximité d'un plan focal de la lentille diélectrique (3) ( et la lentille diélectrique (3) émet un signal d'onde millimétrique qui est irradié depuis le moyen de rayonnement primaire (4) en tant que faisceaux étroits.

10. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que des signaux d'oscillation qui sont générés par l'oscillateur commandé en tension (8) sont modulés en fréquence selon une forme d'onde triangulaire sur la base du principe de systèmes de radar à onde continue modulée en fréquence.

11. Système de radar selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est une équation polynomiale cubique.

12. Système de radar selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est comme suit :

$$x(t) = at^3 + bt^2 + ct + d,$$

où t représente le temps et x représente une valeur d'entrée sur le convertisseur N/A (10), et a, b, c et d sont des coefficients qui sont déterminés au moyen d'un procédé par les moindres carrés.

13. Système de radar selon la revendication 1, caractérisé en ce que les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) sont déterminées sur la base d'une relation entre la fréquence d'émission et les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10).

14. Procédé de réglage de caractéristiques d'un système de radar caractérisé en ce qu'il inclut une unité d'émission/réception pour, de façon répétée, émettre un signal d'émission triangulaire qui inclut un intervalle de modulation montante de fréquence croissant de façon progressive et un intervalle de modulation descendante de fréquence décroissant de façon progressive et pour recevoir un signal de réception qui inclut un signal réfléchi depuis une cible, l'unité d'émission/réception comportant un oscillateur commandé en tension (8) pour déterminer une fréquence d'émission, un signal de tension pour une modulation de fréquence étant appliqué sur l'oscillateur commandé en tension, une unité d'analyse de fréquence (15) pour calculer des données concernant un spectre de fréquences d'un signal de battement qui présente une fréquence qui est sensiblement égale à une différence entre une fréquence du signal d'émission et une fréquence du signal de réception ; une unité de stockage de données (17) pour stocker des caractéristiques variant temporellement de valeurs d'entrée sur un convertisseur numérique - analogique ou N/A (10), lesquelles font varier de façon monotone une fréquence d'oscillation de l'oscillateur commandé en tension (8) en fonction du temps, sous la forme de données concernant une expression qui représente les caractéristiques variant temporellement ; et une unité de traitement de données (15) pour déterminer les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) par référence aux données qui concernent une expression qui représente les caractéristiques variant temporellement, dans lequel au moins un élément pris parmi une distance relative jusqu'à la cible et une vitesse relative de la cible est détecté sur la base du signal de battement pendant l'intervalle de modulation montante et sur la base du signal de battement pendant l'intervalle de modulation descendante, et en ce que le procédé comprend les étapes de:

mesure de la fréquence du signal d'émission tandis que les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) sont en train d'être modifiées pour déterminer une relation entre les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) et la fréquence du signal d'émission ;

détermination des données concernant l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée dans le convertisseur N/A (10) à partir de la relation ; et

stockage des données dans l'unité de stockage de données (17).

5 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que les caractéristiques variant temporellement des valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) sont déterminées sur la base d'une relation entre la fréquence d'émission et les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10).

10 16. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est une expression polynomiale et les données concernant l'expression sont un coefficient de chaque terme de l'expression polynomiale.

15 17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'unité de traitement de données (15) réalise une intégration sur le temps d'équations différentielles qui sont données au moyen des différentiations depuis la différenciation de premier ordre jusqu'à la différenciation de n-ième ordre où n représente l'ordre de l'expression polynomiale.

20 18. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est fournie à diverses températures et l'unité de traitement de données (15) se reporte à l'expression qui correspond à une température détectée.

25 19. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est fournie à plusieurs températures discrètes et l'unité de traitement de données (15) détermine des données correspondant à la température détectée au moyen d'un procédé pris parmi une  
30 interpolation et une extrapolation.

20. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend en outre l'étape de comptage de façon monotone d'un signal d'horloge qui présente une fréquence prédéterminée de façon incrémentielle pendant l'intervalle de modulation montante et de façon

décroissante pendant l'intervalle de modulation descendante, dans lequel l'unité de traitement de données (15) détermine les valeurs d'entrée sur le convertisseur N/A (10) conformément à une valeur de comptage du compteur (12).

5           21. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que des signaux d'oscillation qui sont générés par l'oscillateur commandé en tension (8) sont modulés en fréquence selon une forme d'onde triangulaire sur la base du principe de systèmes de radar à onde continue modulée en fréquence.

10           22. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est une équation polynomiale cubique.

15           23. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'expression qui représente les caractéristiques variant temporellement est comme suit :

$$x(t) = at^3 + bt^2 + ct + d,$$

où t représente le temps et x représente une valeur d'entrée sur le convertisseur N/A (10), et a, b, c et d sont des coefficients qui sont déterminés au moyen d'un procédé par les moindres carrés.

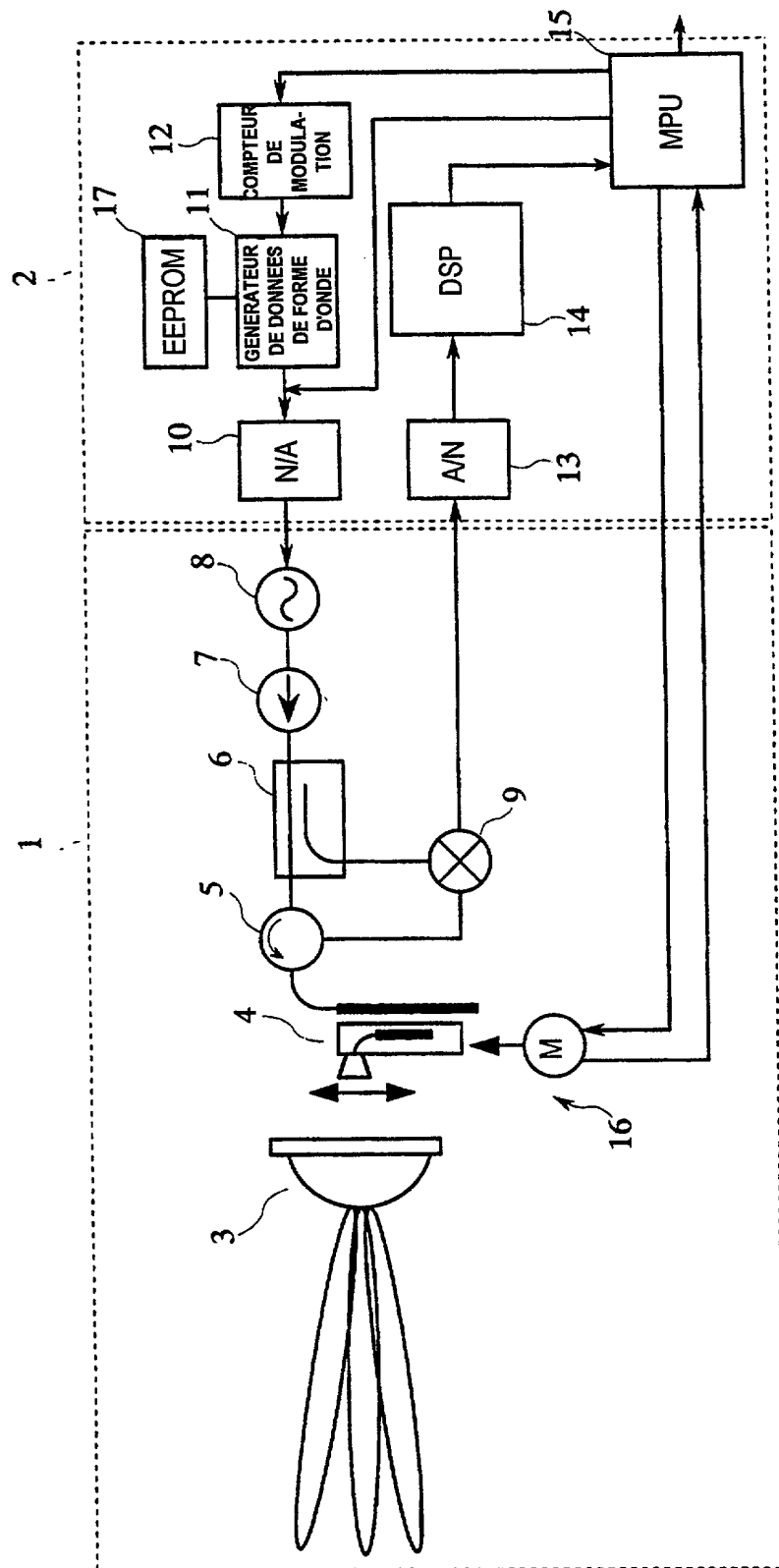


FIG.1

2/6

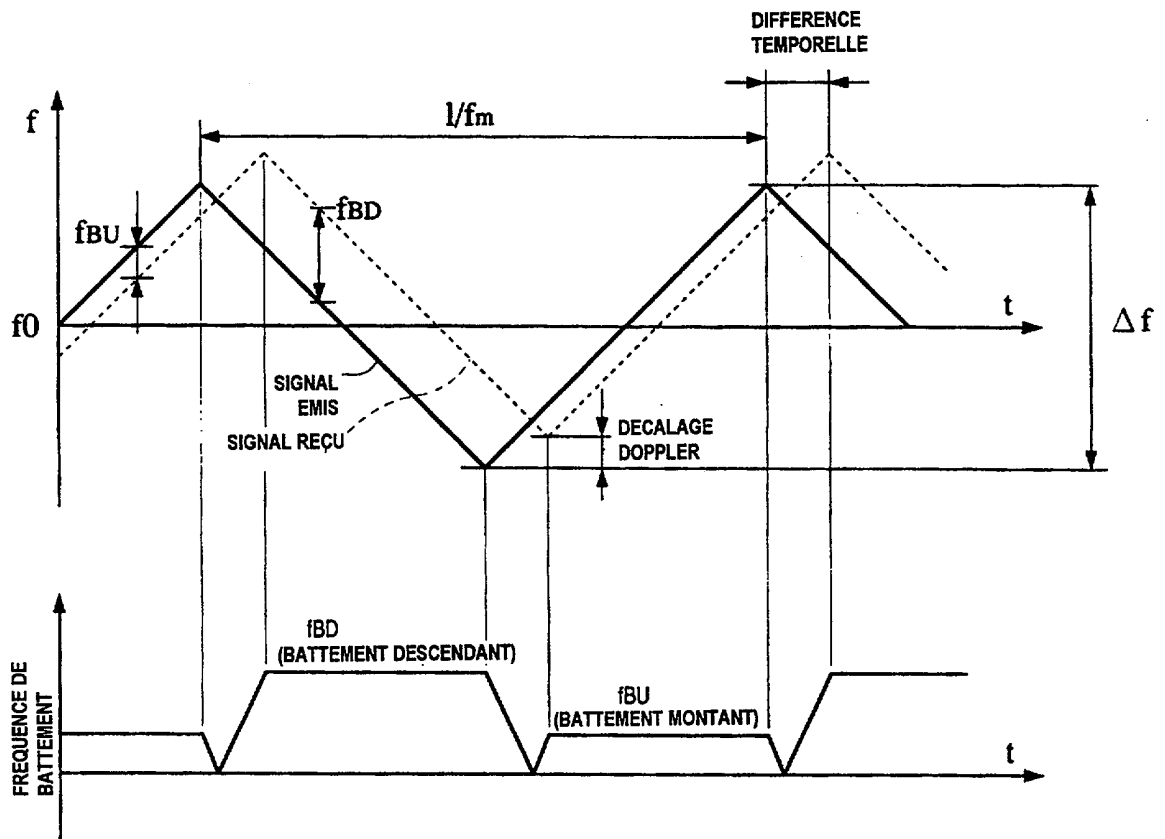


FIG.2



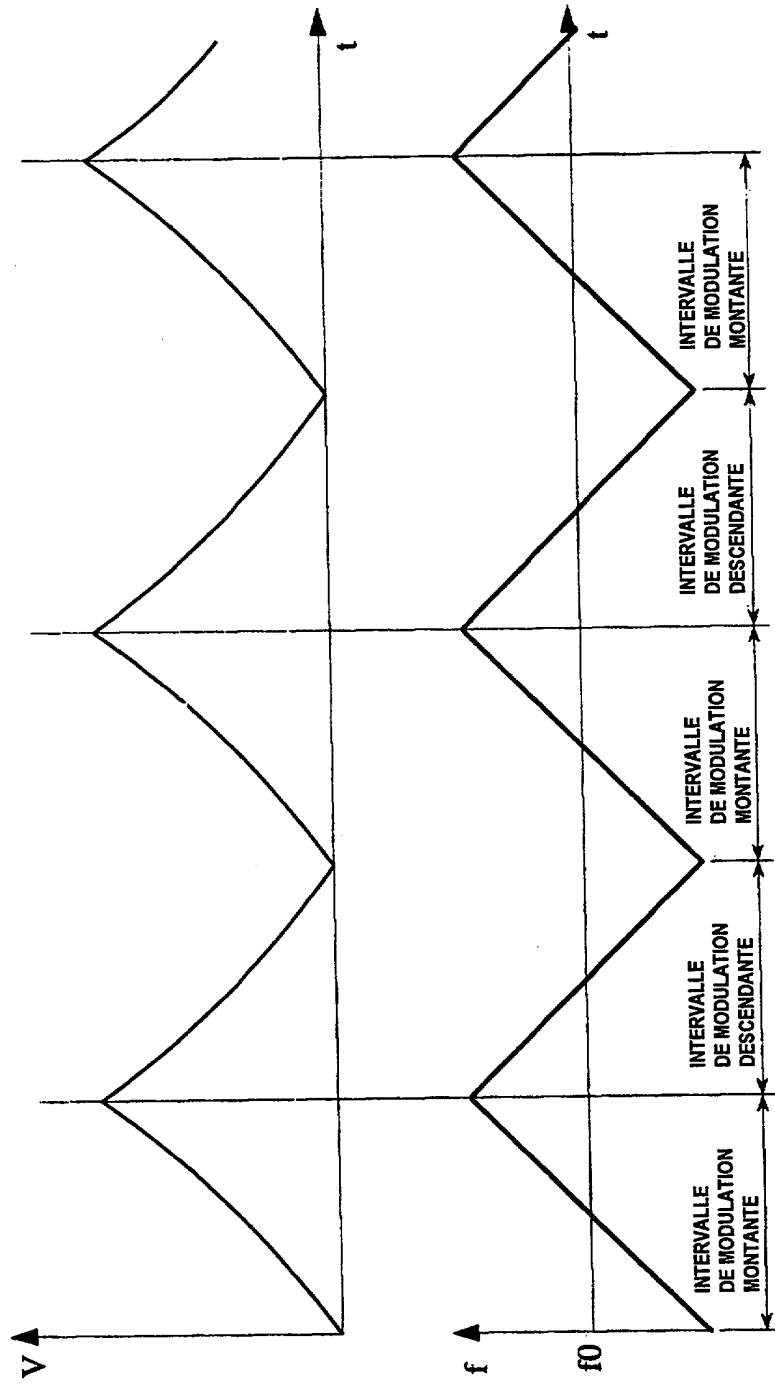


FIG.3

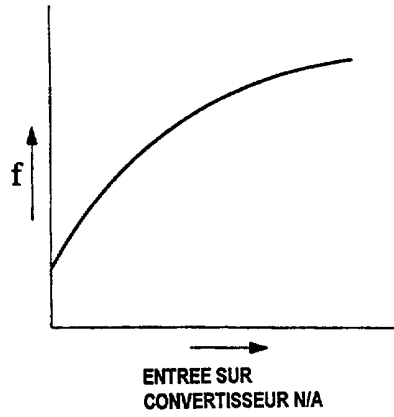


FIG.4A

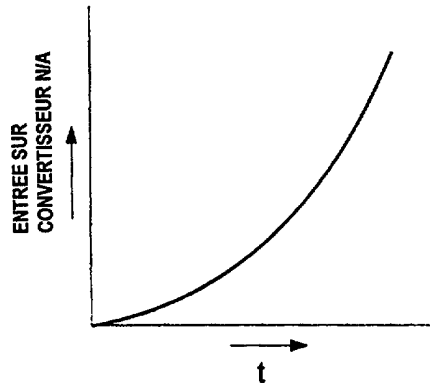


FIG.4B

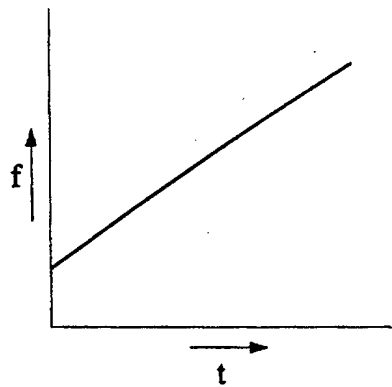


FIG.4C

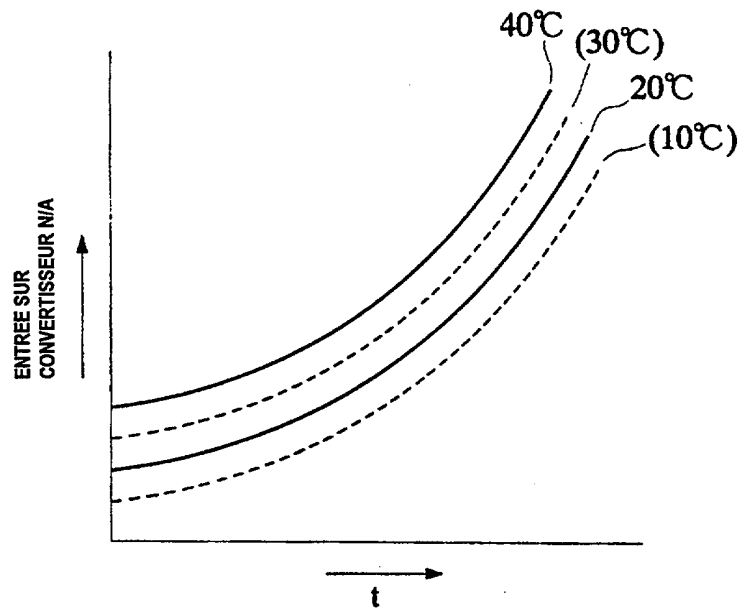


FIG.5

6/6

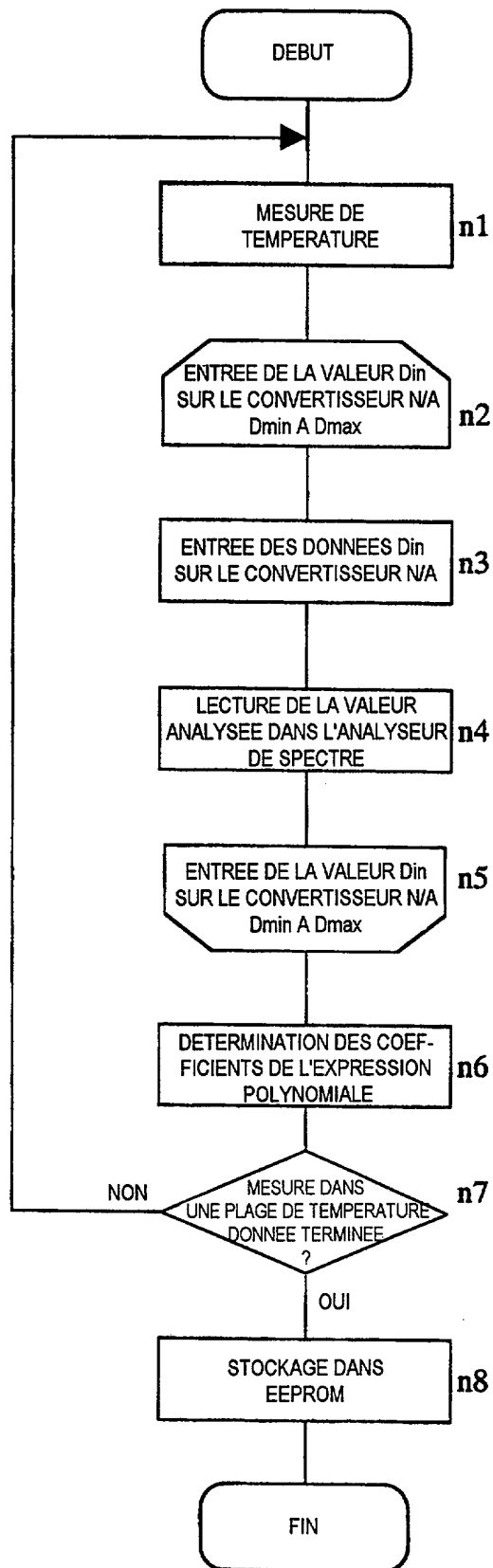


FIG.6