

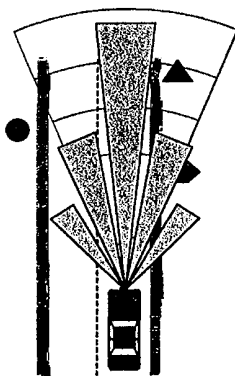


## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> : <b>G01S 13/93</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 99/64888</b> (43) Date de publication internationale: 16 décembre 1999 (16.12.99)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR98/01202 (22) Date de dépôt international: 11 juin 1998 (11.06.98)</p> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): RADAR COMMUNICATION SERVICES [FR/FR]; 2, rue Jules Vallain – Leves, F-28300 Mainvilliers (FR).</p> <p>(72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): FRITZ, Joël [FR/FR]; 28, résidence la Cerisaie, F-91120 Palaiseau (FR).</p> <p>(74) Mandataire: BONNETAT, Christian; Cabinet Bonnetat, 29, rue de Saint Pétersbourg, F-75008 Paris (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>	

(54) Title: ANTICOLLISION METHOD FOR VEHICLE

(54) Titre: PROCEDE D'ANTICOLLISION POUR VEHICULE



(57) Abstract

The invention concerns a method for totally and unambiguously ensuring the alarm, anticollision and automatic control functions of speed for a vehicle with fixed or moving objects in a volume extending ahead thereof. The invention is characterised in that: the distance of the various objects representing an interest for said vehicle, carrying a radar, is determined by distance classifications corresponding to danger classifications or the interlocking of said vehicle speed automatic control with the speed of an object ahead of it; and in that a complete inventory of the objects located ahead of the vehicle, carrying the radar, is produced by means of a fine analysis of Doppler velocity inside said distance classifications.

**(57) Abrégé**

La présente invention concerne un procédé permettant d'assurer totalement et sans ambiguïté les fonctions alerte, anticollision et asservissement de la vitesse pour un véhicule ayant des objets fixes ou en mouvement dans un volume s'étendant en avant de celui-ci. Selon l'invention, ce procédé est remarquable: en ce que la distance des différents objets représentant un intérêt pour ledit véhicule, porteur d'un radar, est déterminée par des classes de distances correspondant à des classes de dangers ou à l'enclenchement d'un asservissement de la vitesse dudit véhicule sur la vitesse d'un objet le précédant; et en ce que l'inventaire complet des objets se situant à l'avant du véhicule, porteur du radar, est réalisé à l'aide d'une analyse fine de la vitesse Doppler à l'intérieur desdites classes de distances.

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BG	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BJ	Bénin	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BR	Brésil	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BY	Bélarus	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
CA	Canada	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CF	République centrafricaine	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CG	Congo	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CH	Suisse	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CI	Côte d'Ivoire	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CM	Cameroun	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

**Procédé d'anticollision pour véhicule.**

La présente invention concerne un procédé permettant d'assurer la fonction anticollision d'un véhicule face à des objets fixes ou en mouvement et la fonction asservissement de la vitesse d'un véhicule sur un objet en mouvement (autre véhicule).

5 Quoique non exclusivement, ce procédé peut avantageusement mettre en oeuvre un radar Pulse-Doppler. Le traitement du signal donne la priorité au Doppler pour détecter, discriminer, reconnaître, rejeter ou utiliser un ou plusieurs objets situés en avant du véhicule, porteur du radar. Les distances des objets au véhicule, porteur du radar, sont rangées par  
10 classes. Pour certaines applications, l'affinage de ces distances est réalisé après sélection des objets considérés. L'asservissement de la vitesse du véhicule, porteur du radar, sur la vitesse d'un autre véhicule, est réalisé par l'utilisation prioritaire du Doppler et par l'utilisation de la distance affinée. La vitesse absolue du véhicule, porteur du radar, est calculée par le  
15 procédé, objet de l'invention. De ce fait, le système radar complet et son traitement du signal associé peuvent être rendus entièrement autonomes.

Le radar, support de ce procédé, peut être un radar Pulse-Doppler classique. Il est constitué d'une antenne, d'un circuit radiofréquence MMIC (circuit hyperfréquence monolithique intégré ou Microwave Monolithic Integrated Circuit) ou d'un circuit radiofréquence conventionnel  
20 (source Gunn, par exemple, commutateur, mélangeur de réception, etc.) caractéristique d'un radar Pulse-Doppler, deux canaux de sortie I et Q (en phase et en quadrature), un convertisseur analogique/digital, un calculateur numérique, une logique de détection, de reconnaissance, de rejet de  
25 fausses alarmes, enfin une logique de décision pour indiquer au conducteur du véhicule, porteur du radar, un danger (fonction anticollision) ou le choix d'un objet particulier (fonction asservissement de la vitesse).

Le coeur de l'invention réside dans le choix des paramètres radar et la mise au point des logiques susmentionnées.

Distance, vitesse, tri de un ou plusieurs objets sont déterminés en priorité par le calcul et l'analyse de leur vitesse Doppler et non par le calcul et l'analyse de leur distance. Les classes de distances dans lesquelles  
5 sont rangés les objets, préalablement sélectionnés par le Doppler, correspondent à des classes de dangers. Ce sont ces classements qui seront transmis au conducteur.

Ce système, par l'intermédiaire du capteur radar, détermine directement la vitesse absolue du véhicule.  
10

Cette invention concerne les systèmes radar frontaux de proximité pour véhicules de toutes natures et, en particulier, les systèmes de radar d'alerte, d'anticollision pour véhicules automobiles. De plus son champ d'application couvre l'asservissement de la vitesse d'un véhicule sur la  
15 vitesse d'un autre véhicule.

Par radar frontal de proximité, il faut comprendre un radar susceptible d'apporter des renseignements concernant le volume situé à l'avant du véhicule sur des distances s'étendant de 0 à quelques centaines de mètres.

De nombreuses applications civiles nécessitent le besoin d'identifier les objets se trouvant dans leur environnement pour être en mesure de prendre une décision sur une manoeuvre à effectuer ou pour prévenir de la présence d'objets hostiles ou utiles.  
20

Grâce à l'avènement de la technologie des ondes millimétriques, le radar, qui occupe alors un très faible volume, devient un moyen de mesure et d'évaluation très efficace. Il trouve des applications pour de nombreuses missions. Par ailleurs, le traitement du signal numérique apporte un complément de grande valeur pour traiter un nombre important d'informations.  
25

Les coûts des matériels (composants électroniques et hyperfréquences) constituant les radars diminue considérablement avec le temps. Aussi, si l'on envisage des réalisations de très grande série, il devient possible et avantageux de retenir ces techniques pour les applications  
5 suscitées (alerte, anticollision, asservissement...).

L'industrie automobile est un secteur où l'on peut envisager des réalisations de radars d'alerte, anticollision, asservissement, de grande série. En effet, ce type de radar permet de rouler à distance de sécurité derrière un véhicule, d'éviter les collisions des objets fixes ou en mouve-  
10 ment et, finalement, d'améliorer considérablement la sécurité des conducteurs. L'enjeu est important pour les conducteurs eux mêmes, mais aussi pour les constructeurs, les pouvoirs publics et les assurances.

Une manière de résoudre les problèmes que rencontre un conducteur de véhicule est d'accéder à la distance, la vitesse, la direction et la position de ces dangers potentiels. Un calculateur doit prendre le relais  
15 pour déterminer l'information la plus simple et la plus utile pour permettre au conducteur de prendre une décision.

Dans le procédé, objet de l'invention, l'espace est divisé en classes de distances dans lesquelles on applique, en priorité, une analyse  
20 Doppler pour mesurer la vitesse du véhicule, détecter les objets (fixes ou en mouvement), déterminer leur vitesse, déterminer leur direction. Pour que le calculateur prenne des décisions à présenter au conducteur, la mesure de la distance est alors secondaire ; elle est réalisée avec une faible précision grâce à un choix judicieux de la forme d'onde du radar. L'en-  
25 semble des informations obtenues, et plus particulièrement celles extraites de l'analyse Doppler, permettent d'identifier les cibles et de les situer à l'avant du véhicule. Les informations finales sont synthétisées pour être présentées au conducteur qui peut à son tour prendre une décision.

Des systèmes réputés pouvoir réaliser des fonctions équivalentes existent. En particulier on peut citer :

- 5 a) Les systèmes radar à onde modulée linéairement en fréquence et qui utilisent un traitement radar classique déterminant successivement ou simultanément la distance et la vitesse des objets dans l'environnement. On peut citer :
- le brevet EP-93201262 de Philips Electronic concernant un « Système de contrôle de vitesse pour un véhicule et radar associé » et utilisant une rampe linéaire de fréquence ;
  - 10 • le brevet EP-O 498 524 de GEC-Marconi s'appuyant sur un radar émettant une rampe linéaire de fréquence et l'utilisation de deux antennes pour l'émission et la réception du signal ;
  - le brevet EP-O 627 634 de Delco concernant un « système de détection d'obstacles pour véhicules » et utilisant un bimode radar rampe linéaire de fréquence et onde continue.
  - 15
- b) Les systèmes Pulse-Doppler classiques à haute résolution distance, traitant en premier la distance et dans un second temps la vitesse par l'analyse Doppler. On peut citer les brevets apparentés :
- le brevet EP-O 642 190 de Bayerische Motoren Werke concernant un « procédé pour éviter les collisions entre véhicules » peut-être apparenté à cette technique ;
  - 20 • le brevet EP-O 487 464 de Segnalamentomarittimo concernant un « détecteur de radar pour véhicule destiné à des applications à courtes distances » et utilisant une onde pulsée.
- c) Les systèmes 2 ou 3 fréquences, déterminant en priorité la distance par une mesure de phase, et ensuite la vitesse par mesure Doppler. On peut citer les brevets apparentés :
- 25 • le brevet EP-O 367 404 de Delco concernant un « appareil de type Doppler duplex monté sur un véhicule pour la détection d'obstacles

proches » qui utilise la différence de phase entre deux fréquences émises pour déterminer la distance ;

5 . les brevets WO94/04939 et 4940 de Vorad Safety concernant un « dispositif servant à éviter les interférences dans un système radar d'un véhicule », s'appuyant sur deux ondes émises à 250 kHz d'écart ;

. le brevet EP-O 487 464 de Segnalamentomarittimo déjà cité et utilisant deux fréquences en émission.

10 d) Les systèmes multifaisceaux ou à balayage de faisceau ou à adaptation de la largeur du faisceau pour déterminer la position angulaire d'un objet. On peut citer les brevets :

. le brevet WO91/09323 de Lucas Industries concernant la détection à l'aide d'un radar qui détermine la position d'un objet par changement de la largeur du faisceau ;

15 . le brevet EP-O 487 464 de Segnalamentomarittimo déjà cité et utilisant une antenne à balayage mécanique ;

. le brevet EP-O 544 468 de GEC-Marconi, déjà nommé et utilisant 3 faisceaux radar commutés en réception ;

20 . le brevet FR-2 690 755 de Thomson-CSF concernant un « procédé et système de détection d'un ou plusieurs objets dans une zone angulaire et applications », utilisant la formation de faisceaux par le calcul à l'aide d'un réseau lacunaire d'antennes ;

25 . le brevet FR-2 697 680 de Thomson-CSF concernant une « antenne radar à balayage électronique, notamment applicable à un radar anti-collision pour automobile » ;

. le brevet FR-2 709 834 de Framatome concernant un « procédé et dispositif pour la description et la localisation d'obstacles dans l'environnement du véhicule », utilisant un système multifaisceaux ;

- le brevet EP-O 642 190 concernant la « structure de rayonnement incorporé pour un capteur radar à ondes millimétriques » et utilisant une antenne spécifique.

e) Les systèmes de localisation angulaire monopulse pour déterminer la position angulaire d'un objet. On peut citer le brevet :

5

- brevet WO95/04943 de VORAD concernant un « système de radar monopulsé destiné à la poursuite d'un véhicule automobile ».

D'autres procédés plus complexes s'appuyant sur l'imagerie radar ou la fusion d'informations provenant de différents capteurs font l'objet d'un certain nombre d'autres brevets.

10

Tous ces procédés, à l'inverse du procédé objet de l'invention, présentent des inconvénients majeurs pour réaliser un produit qui soit à la fois performant et de faible coût par rapport à l'invention objet de ce brevet. Par exemple,

15

– Pour le système modulé linéairement en fréquence, les problèmes majeurs sont les suivants :

- pas de découplage entre le fabricant de la tête radar et celui réalisant l'électronique de contrôle, commande et calculateur. La rampe doit être générée par l'électronicien,
- rampe linéaire de fréquence de conception difficile pour atteindre des bons découplages Doppler/Distance,
- ambiguïtés Doppler/Distance possibles,
- pour éviter les ambiguïtés, calculs longs et complexes.

20

– Pour le système Pulse-Doppler classique, les problèmes sont les suivants :

25

- priorité à la distance, élimination tardive des fausses cibles,
- conversion analogique /digitale rapide, donc coûteuse,
- temps de calcul long, redondances difficiles.



- Pour le système 2 ou 3 fréquences, les problèmes sont les suivants :
  - obligation d'un Voltage Control Oscillator (VCO) deux/trois fréquences stables ou 2 à 3 VCO monofréquence,
  - référence distance imprécise, correction de la vitesse du véhicule,
  - 5 • multi-objets dans le faisceau peut entraîner des ambiguïtés irréversibles.
- Pour les systèmes de positionnement angulaire multifaisceaux, ou à balayage de faisceau, ou monopulse, les inconvénients sont les suivants :
  - 10 • la technologie du radar à utiliser est complexe. Les temps de calcul sont multipliés par le nombre de voies à traiter. En conséquence les coûts de revient augmentent fortement.

L'invention proposée présente les avantages suivants :

- Technologie radar Pulse-Doppler simple :
  - 15 • une seule fréquence émise,
  - un commutateur de l'onde émise fonctionnant à faible vitesse,
  - une puissance émise faible,
  - un mélangeur à facteur de bruit modeste,
  - deux sorties I et Q. Circuit MMIC ou circuit conventionnel de réalisation facile.
  - 20
- Commande électronique de commutation simple.
- Découplage émission/réception par la nature du radar Pulse-Doppler.
- Pas d'ambiguïté Distance-Doppler possible.
- Convertisseur analogique/digital lent.
- 25 – Horloge du calculateur lente.
- Antenne de petite taille et à performance dégradée garantissant son faible coût.
- Tri précoce des cibles.

- Accès indépendant à la vitesse du véhicule.

L'invention proposée associe les avantages de faibles coûts, hautes performances et sécurité dans la décision.

5 Le besoin auquel répond l'invention s'applique aux radars frontaux de proximité pour automobile devant assurer les fonctions alerte, anticollision et/ou asservissement de la vitesse.

Description du besoin :

- Le conducteur ne doit pas être perturbé par un nombre important d'informations. Ces dernières doivent être réduites et synthétiques.
- 10 - La fonction alarme précoce est primordiale pour les transitions jour-nuit ou par mauvais temps, y compris et surtout par temps de pluie et de brouillard.
- Le procédé, objet de l'invention, doit au mieux et au plus vite éliminer les fausses alarmes telles que les objets fixes en dehors de l'axe du véhicule, les véhicules plus rapides, les véhicules roulant en sens inverse et non frontalement, qui se trouvent dans le domaine spatial surveillé.
- 15 - Le procédé doit être susceptible de piloter un régulateur de vitesse (ou "Cruise Control") en prenant comme référence un véhicule précédant le véhicule, porteur du radar, tout en restant insensible à l'environnement.
- 20 - Le système, incluant le procédé, objet de l'invention, doit être d'installation simple et rapide.
- Le procédé doit pouvoir être autonome, c'est à dire, qu'il doit s'affranchir du besoin de récupérer une information provenant d'un autre capteur (par exemple, vitesse propre du véhicule) pour assurer ses fonctions.
- 25 - Le procédé doit être fiable.

- Le système, incluant le procédé, objet de l'invention, doit être de faible coût.

A cette fin, selon l'invention, le procédé permettant d'assurer totalement et sans ambiguïté les fonctions alerte, anticollision et asservissement de la vitesse pour un véhicule ayant des objets fixes ou en mouvement dans un volume s'étendant en avant de celui-ci, volume défini par une distance de quelques mètres à 150 m et plus dans un angle solide de quelques dizaines de degrés, est remarquable :

- en ce que la distance des différents objets représentant un intérêt pour ledit véhicule, porteur d'un radar, est déterminée par des classes de distances correspondant à des classes de dangers ou à l'enclenchement d'un asservissement de la vitesse dudit véhicule sur la vitesse d'un objet le précédant ; et
- en ce que l'inventaire complet des objets se situant à l'avant du véhicule, porteur du radar, est réalisé à l'aide d'une analyse fine de la vitesse Doppler à l'intérieur desdites classes de distances.

De préférence, la discrimination, le choix ou le rejet des différents objets se réalisent par un simple tri dans le domaine des fréquences Doppler. Le traitement du signal radar peut être réalisé en analogique pour aboutir à un système d'alarme rustique ou en numérique pour aboutir à un système réalisant les fonctions anticollision et/ou asservissement de la vitesse du véhicule.

Avantageusement, la précision sur la distance d'un objet au véhicule, porteur du radar, est obtenue par la comparaison des niveaux d'énergie recueillis dans deux portes de distances consécutives et la vitesse propre du véhicule, porteur du radar, est obtenue par une mesure directe provenant de l'analyse Doppler.

Il est particulièrement avantageux de mettre en oeuvre une antenne mono-faisceau, de petite ouverture et à lobes secondaires élevés.

La discrimination des objets se situant dans ou en dehors du faisceau radar peut être réalisée, dans le temps, par l'analyse de l'amplitude des signaux provenant d'un objet donné, ainsi que par l'analyse de la vitesse relative de cet objet. Par ailleurs, selon une particularité avantageuse de la présente invention, les objets analysés peuvent être pistés dans le lobe principal et dans les lobes secondaires de l'antenne, évitant ainsi leur perte.

Pour les radars frontaux de proximité considérés, devant assurer les fonctions alerte, anticollision et/ou asservissement de la vitesse, l'invention comprend le choix des paramètres d'une section radar émission-réception et la création, dans une section électronique, d'un traitement du signal adapté à une logique pour une prise de décision du conducteur.

L'invention concerne les caractéristiques nécessaires de l'antenne et de l'émetteur-récepteur constituant la tête hyperfréquence d'un radar Pulse-Doppler ou analogue, les paramètres de commande de l'émetteur-récepteur, le traitement des données issues du récepteur, le tri des informations permettant d'aboutir à la prise de décision, le choix des bonnes informations, enfin la fourniture au conducteur de ces informations.

Le coeur de l'invention réside dans :

- Le choix des paramètres de définition et de fonctionnement du radar Pulse-Doppler aboutissant à une information distance (distance entre le véhicule, porteur du radar, et l'objet observé), à une information Doppler (vitesse relative entre le véhicule, porteur du radar, et l'objet observé), à une information en azimut (position angulaire de l'objet observé par rapport à la direction du véhicule).
- La mesure autonome de la vitesse propre du véhicule.
- L'utilisation fine du Doppler pour faire le tri des objets.
- L'utilisation grossière de la distance pour définir des classes de distances.

- L'utilisation des classes de distance et de l'analyse Doppler pour affiner la distance.
- L'utilisation des propriétés de l'antenne pour déterminer des classes angulaires de position des objets.

5 Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 représente le diagramme de temps d'émission-réception du radar incluant le procédé, objet de l'invention.

10 La figure 2 représente le diagramme de temps associé à la numérisation des signaux issus du récepteur du radar susmentionné.

La figure 3 représente le schéma fonctionnel du prétraitement du signal radar - traité en analogique - pour une application « alarme précoce rustique ».

15 La figure 4 représente le schéma fonctionnel du prétraitement du signal radar - traité en numérique - pour une application « alarme précoce et asservissement de la vitesse ».

La figure 5 représente le spectre de fréquence déterminant la vitesse du véhicule.

20 La figure 6 représente le spectre de fréquence déterminant un écho fixe.

La figure 7 représente l'élimination d'un véhicule roulant en sens inverse.

25 La figure 8 représente une cible-obstacle conservé pour analyse distance.

La figure 9 représente une cible pouvant servir à la fonction "cruise-control".

La figure 10 représente une cible de vitesse supérieure à celle du véhicule porteur.

La figure 11 représente le filtre de la fonction "cruise-control".

La figure 12 donne un exemple de l'environnement du radar vue de dessus.

La figure 13 représente la projection des vitesses vues sous un angle  $\alpha$  (vue de dessus).

La figure 14 modélise sur un croquis les paramètres  $D_m$ ,  $h$  et  $\alpha$  dans le plan vertical où  $D_m$  est la distance minimum du radar par rapport au sol,  $h$  est la hauteur du radar par rapport au sol,  $\alpha$  l'angle sous lequel le Doppler de l'écho de sol est encore assimilable à l'opposé de la vitesse absolue du véhicule, porteur du radar.

La figure 15 résume le processus déroulant du procédé, objet de l'invention, pour l'application d'un système d'alarme rustique.

La figure 16 résume le processus déroulant du procédé, objet de l'invention, pour l'application d'un système réalisant les fonctions alarme précoce multi-objets et/ou asservissement de la vitesse du véhicule.

Le procédé, objet de l'invention, permet d'assurer les fonctions alerte, anticollision et asservissement de la vitesse pour un véhicule. Il est caractérisé par le choix des paramètres d'un radar Pulse-Doppler ou analogue et l'utilisation d'un traitement du signal donnant la priorité au Doppler sur la Distance.

Les caractéristiques du radar Pulse-Doppler incluses dans l'invention ont les particularités suivantes :

- Fréquence d'émission comprise entre 10 et 100 GHz.
- Puissance crête du pulse émis supérieur à 1 mW.
- Facteur de bruit du récepteur inférieur à 20 dB.
- Gain de l'antenne fonctionnant en émission/réception supérieur à 27 dB.
- Lobe à 3 dB de l'antenne compris entre 2 et 5°.

- Lobes secondaires de l'antenne inférieurs ou égaux à -13 dB.
- Fréquence de répétition des pulses (Pulse Répétition Frequency) supérieure à 100 kHz.
- Ambiguïté distance supérieure à 150 m.
- 5 - Largeur des pulses inférieure ou égale à 300 ns.
- Résolution distance inférieure ou égale à 45 m.
- Sortie de la fréquence intermédiaire sur deux voies en quadrature de phase I et Q ou sortie sur une seule voie de la porteuse Doppler.

L'exemple décrit ci-dessous est un système incluant le procédé, objet de l'invention, pour les pays ayant choisi la fréquence officielle de 77 GHz pour les applications anticollision pour automobile :

La fréquence du radar est de 76.5 GHz, la puissance crête émise de 4 mW, la largeur du pulse de 150 ns, le facteur de bruit du récepteur de 15 dB, le gain de l'antenne fonctionnant en émission-réception de 30 dB, la PRF (fréquence de répétition des pulses ou Pulse Répétition Frequency) de 250 kHz. Il en résulte une résolution distance de 22.5 m, une ambiguïté distance de 600 m. Dans l'exemple présenté, le nombre de portes distance à traiter est choisi égal à 6, ce qui correspond à une mesure des objets jusqu'à 134.5 m du véhicule, porteur du radar. La figure 1 présente le diagramme de temps d'émission réception de ce radar.

L'antenne a un diamètre de 7 cm, lui conférant un lobe principal de  $3.34^\circ$  à 3 dB, elle supportera des lobes secondaires de -13 à -16 dB (la notion de lobes secondaires élevés conduisant à des faibles coûts de production est un des points fondamentaux de l'invention).

Le bilan de puissance sur un objet de 100 m<sup>2</sup> de Surface Equivalente Radar situé à 150 m du véhicule, porteur du radar, est égal à 31.8 dB.

Les signaux issus du récepteur du radar peuvent être numérisés suivant deux techniques :

- si la sortie est double et en quadrature de phase, voies I et Q, les signaux seront convertis en numérique par des convertisseurs analogique/digital 10 bits fonctionnant au maximum à 10 MHz ;
- si la sortie est unique, elle correspond à la porteuse Doppler; les deux voies I et Q nécessaires au traitement seront créées par décalage de 90° de la fréquence horloge de numérisation. La figure 2 représente le diagramme de temps associé à cette numérisation. Les deux voies I et Q sont séparées et rangées dans des mémoires respectives après numérisation.

Le procédé est remarquable en ce qu'un prétraitement du signal radar est réalisé soit en analogique pour aboutir à un système d'alarme rustique, soit en numérique pour aboutir à un système réalisant les fonctions alarme précoce et ou asservissement de la vitesse du véhicule.

Deux types de prétraitements peuvent donc être réalisés suivant la classe du système que l'on désire obtenir :

- Prétraitement pour un système d'alarme précoce rustique, incluant le procédé, objet de l'invention, le nombre de portes distance "n" sera réduit (2 à 4). En sortie du récepteur, les signaux (I et Q ou unique) porteur du Doppler sont des signaux analogiques. Ils sont divisés en "n" ou "2n" voies qui passent successivement par un commutateur et un filtre passe bas. Le commutateur assure la fonction porte distance analogique, le filtre assure la fonction préintégration et première élimination d'objets inutiles dans le traitement ultérieur. Des cadences de 128 ou 256 kHz suffisent alors pour réaliser la numérisation sur 10 bits par exemple. La figure 3 présente le schéma fonctionnel de ce prétraitement pour application alarme précoce rustique.
- Prétraitement pour un système anticollision, incluant le procédé, objet de l'invention, et réalisant les fonctions alarme précoce et asservissement de la vitesse du véhicule sur un autre véhicule. Pour ce système



plus complexe, on numérise dès la sortie du récepteur la ou les deux voies (I et Q). Les portes distance sont démultiplexées et une préintégration est réalisée par une sommation de quelques échantillons successifs. La cadence d'échantillonnage dans l'exemple qui nous intéresse, est de 6.7 MHz et est réalisée par un convertisseur analogique/digital de 10 MHz, 10 bits. La précision recherchée sur la vitesse est de 1 m/s, elle conduit à un temps d'intégration de 2 ms. Avec une PRF de 250 kHz, le nombre de pulses pris en compte est de 500 arrondis à 512. Une sommation de 4 échantillons successifs conserve la cohérence du signal et permet de diminuer le nombre de points à traiter. Un tableau de 128 points par voie est alors créé. La FFT (Fast Fourier Transform) qui suit ne présente pas d'ambiguïtés de fréquence Doppler et le filtrage de tous les objets inutiles à la fonction puis décision recherchées devient immédiat. La figure 4 présente le schéma fonctionnel du prétraitement pour l'application alarme précoce et asservissement de la vitesse. Ci-dessous le tableau de numérisation et de démultiplexage des différentes portes distance qui correspondent à un rangement par classe de distances des objets à investiguer.

Porte	1	1	2	2		5	5	6	6
PRF	échant	présúm	échant	présúm	.....	échant	présúm	échant	présúm
1	x	x 1,1	x	x 2,1		x	x 5,1	x	x 6,1
2	x		x			x		x	
3	x		x			x		x	
4	x		x			x		x	
5	x	x 1,2	x	x 2,2		x	x 5,2	x	x 6,2
6	x		x			x		x	
7	x		x			x		x	
8	x		x			x		x	
.....									
509	x	x 1,128	x	x 2,128		x	x 5,128	x	x 6,128
510	x		x			x		x	
511	x		x			x		x	
512	x		x			x		x	
FFTs		2x128		2x128			2x128		2x128

Le procédé, objet de l'invention, concerne principalement la réalisation d'un système radar qui permet, grâce à un traitement Doppler aidé d'un traitement distance, de réaliser la détection et l'identification d'objets présentant un caractère de danger pour le véhicule porteur du système ou permettant le contrôle de sa vitesse. En corollaire, ce procédé rejette tous les objets inutiles aux fonctions précédentes.

Le procédé est caractérisé en ce que l'inventaire complet des objets se situant à l'avant du véhicule, porteur du radar, est réalisé à l'aide d'une analyse fine de la vitesse Doppler et d'un classement de la position des objets par classes de distances.

Le procédé est caractérisé en ce que l'inventaire des objets étant complet, la discrimination, le choix ou le rejet des différents objets se réalisent par un simple tri dans le domaine des fréquences Doppler.

Les représentations illustrées sur les figures de 5 à 11 donnent les fonctions nécessaires aux rejets mentionnés ci-dessus pour différents cas. Elles constituent le fondement du rejet rapide de tous les objets inutiles que l'on appelle également fausses alarmes. Elles permettent de visualiser également la méthode de détermination de la vitesse propre du véhicule nécessaire à l'élimination des dites fausses alarmes.

– La figure 5 illustre le calcul de la vitesse propre du véhicule. La notion de 3 filtres apparaît sur ce schéma. Le point important est la détermination de la limite des filtres 2 et 3 qui dépend essentiellement de la qualité de la restitution de la vitesse du véhicule. Les zones 1 et 3 permettent de rejeter des cibles indésirables. La zone 2 est la zone des cibles à contrôler et surveiller dans le domaine Distance-Doppler.

Le spectre en grisé montre la répartition Doppler des échos fixes dans l'environnement du véhicule. Dans la première case distance (à partir du véhicule), les échos seront dus à l'énergie provenant du clutter et éventuellement à des objets ponctuels immobiles. L'énergie du sol et

- des côtés de la route remplit partiellement les filtres Doppler correspondants à des vitesses s'échelonnant de 0 à  $-V_v$  (-Vitesse du véhicule). Le filtre Doppler qui correspond à  $-V_v$  reçoit le maximum d'énergie. Il peut alors être contrôlé en permanence durant les mouvements du véhicule. A droite de ce filtre Doppler (pour les fréquences supérieures), il n'y a plus aucun écho fixe, ce qui permet de localiser le véhicule avec précision. Ce filtre étant parfaitement localisé, la vitesse du véhicule sera parfaitement connue.
- 5
- La figure 6 illustre la détection d'un écho fixe dans le lobe de l'antenne radar. Si un écho fixe, sur le bord de la route par exemple, apparaît dans une case distance éloignée du véhicule, porteur du radar, il sera observé rigoureusement dans le filtre Doppler  $-V_v$ . Une sommation incohérente et éventuellement une comparaison des spectres Doppler des différentes cases distance permettront de confirmer la position du
- 10
- 15 filtre  $-V_v$ .
  - La figure 7 illustre la position du filtre Doppler excité par l'écho provenant d'un véhicule roulant dans le sens inverse du véhicule, porteur du radar. L'élimination de ce véhicule, ne présentant aucun danger pour le véhicule, porteur du radar, est simple et naturelle après l'extraction du
- 20
- 25 filtre  $-V_v$ .
  - La figure 8 illustre la présence d'une cible à prendre en considération. Cette cible se déplace dans le même sens que le véhicule, porteur du radar, de 0 à 150 m de celui-ci, à une vitesse inférieure à celui-ci. Plus le filtre Doppler excité sera proche du filtre  $-V_v$  de l'analyse spectrale, plus le danger, en fonction de la classe de distance où se trouve l'objet, sera grand. Les décisions se prendront essentiellement sur ce signal.
- La figure 9 illustre l'effet d'une cible se déplaçant à une vitesse légèrement supérieure à celle du véhicule, porteur du radar, dans le même

sens entre 0 et 150 m. Ce véhicule ne présente pas de danger puisqu'il s'éloigne, son filtrage sera réalisé facilement. Cette information pourra être utilisée si l'on désire mettre un asservissement de la vitesse du véhicule, porteur du radar, en fonctionnement.

- 5 – La figure 10 illustre le positionnement dans le spectre Doppler d'un véhicule de vitesse supérieure à celle du véhicule, porteur du radar. Il ne présente aucune gêne ni danger, il sera éliminé très simplement.
- La figure 11 présente le calibre du filtre Doppler à adopter pour entrer dans une boucle d'asservissement de la vitesse du véhicule, porteur du radar, à la vitesse d'un véhicule. Fonction appelée AICC (Autonomous Intelligent Cruise Control) dans la littérature internationale. La distance évaluée avec précision par comparaison des amplitudes du signal provenant du véhicule suivi dans deux portes distance successives permettra de durcir l'information d'écartométrie qui corrigera la vitesse du véhicule. L'unique filtre à conserver est celui qui définit la bande passante de la boucle d'asservissement. Pour cette application, la fréquence de référence est la fréquence 0 qui correspond à la vitesse du véhicule. Les portes distance dans lesquelles peut se trouver la cible suivie seront contrôlées pour rejeter d'éventuelles fausses alarmes qui seront furtives ou à des niveaux différents.
- 10
- 15
- 20

Le choix des paramètres de l'antenne est partie intégrante de l'invention. La possibilité de capter de l'énergie provenant d'échos fixes comme le clutter de sol (asphalte par exemple) ou les objets disséminés le long de la route (panneaux, rails de sécurité, arbres, bornes, immeubles) est primordiale pour déterminer la vitesse propre du véhicule. La figure 12 donne une idée de la configuration radar vue de dessus.

25

L'énergie provenant du clutter et des objets fixes entrera par les lobes secondaires. L'accès à la vitesse propre du véhicule, porteur du radar, étant impératif pour la bonne exécution du procédé, objet de

l'invention, le niveau énergétique doit être conséquent afin de réaliser une bonne mesure. Dans ces conditions, la qualité de l'antenne requise en terme de lobes secondaires n'a pas à être élevée. Des lobes secondaires de -12 à -15 dB sont recommandés.

5 En résumé, le procédé est caractérisé en ce que la vitesse propre du véhicule, porteur du radar, est nécessaire à la discrimination, le choix ou le rejet des différents objets. Elle est obtenue par une mesure directe provenant de l'analyse Doppler.

10 La précision de la vitesse est choisie à 1 m/s. Dans le plan horizontal comme dans le plan vertical, l'angle  $\alpha$  caractérise les distances à partir desquelles les cibles fixes et le clutter ont une vitesse apparente égale à l'opposé de celle du véhicule pour une précision de 1 m/s. La figure 13 présente la projection des vitesses vues sous un angle  $\alpha$ .

15 La vitesse apparente d'un écho fixe vu du véhicule est égale à  $V_v \cos \alpha$ , dans tous les cas,  $\delta V = V_v (1 - \cos \alpha) \rightarrow$  si  $\delta V = 1$ ,  $\alpha = \arccos (1 - 1/V_v)$ . Le tableau ci-dessous présente les valeurs des angles  $\alpha$  pour différentes vitesses (V) du véhicule, porteur du radar.

20

V m/s	10	25	36	60
V km/h	36	90	130	216
$\alpha^\circ$	25,8	16,3	13,5	10,5

25

Dans le plan horizontal, tout écho fixe, à n'importe quelle distance, est intercepté et présente une vitesse apparente de  $V_v$  à 1 m/s près à l'intérieur d'un angle  $2\alpha$ .

Dans le plan vertical, les structures type pont ou tunnel donnent des échos dans les mêmes conditions que précédemment, cependant c'est le clutter de la route qui donne en permanence l'effet le plus fort.

La hauteur du radar par rapport au sol est déterminante pour le bilan de puissance sur ce clutter (la majorité de l'énergie rentre par les lobes secondaires de l'antenne). La figure 14 modélise sur un croquis les paramètres  $D_m$ ,  $h$  et  $\alpha$  dans le plan vertical où  $D_m$  est la distance minimum du radar par rapport au sol,  $h$  est la hauteur du radar par rapport au sol,  $\alpha$  l'angle sous lequel le Doppler de l'écho de sol est encore assimilable à l'opposé de la vitesse absolue du véhicule, porteur du radar.

La distance  $D_m$  est égale à  $h/\sin\alpha$ . Le tableau ci-dessous indique les distances  $D_m$  en fonction de la hauteur de pose du radar et de la vitesse du véhicule.

$\alpha^\circ$	25,8	16,3	13,5	10,5	Position du radar
Hauteurs					
30 cm	0,7 m	1,1 m	1,3 m	1,6 m	Dessous pare-chocs
40 cm	0,9 m	1,4 m	1,7 m	2,2 m	Pare-chocs
50 cm	1,1 m	1,8 m	2,1 m	2,7 m	Calandre
60 cm	1,4 m	2,1 m	2,6 m	3,3 m	Optiques, calandre

Le bilan de puissance S/B sur un clutter de réflectivité moyenne  $\sigma_0 = -25 \text{ dBm}^2/\text{m}^2$ , une surface moyenne éclairée estimée de  $4 \text{ m}^2$ , une distance de 2m, des lobes secondaires de l'antenne à -20 dB (plus défavorable que les -12 à -15 dB précisés ci-dessus) du lobe principal, enfin, dans une porte distance restreinte (3,75 m), est de 19 dB. Ce chiffre est

très favorable à la mesure de la vitesse propre du véhicule, porteur du radar.

Pour la mesure de la vitesse propre du véhicule, il est important d'avoir de l'énergie qui entre par les lobes secondaires à une distance  
5 proche du véhicule (cf **figure 15**, les échos de sol sont mesurés à vitesse Doppler égale, en relatif, à l'opposé de la vitesse du véhicule sous des angles d'observation situés entre 0 et 10,5 à 25,8 °, selon la vitesse du véhicule).

Les échos fixes présentent un autre avantage si les lobes secondaires de l'antenne ne sont pas trop faibles. En effet, dans ce cas, ils apparaissent dans la même case Doppler que les échos de sol et permettent  
10 ainsi une meilleure appréciation de la vitesse  $V_v$  du véhicule.

La sommation incohérente de l'énergie entrant dans les filtres Doppler permet également d'améliorer la mesure de la vitesse  $V_v$  du véhicule.  
15 hicule.

Dans chaque porte Distance, une comparaison des filtres où apparaissent simultanément un écho représente une possibilité supplémentaire pour garantir la mesure de la vitesse propre du véhicule.

La présence simultanée d'échos d'amplitudes similaires dans des  
20 portes distances consécutives apporte des indications sur la présence d'une courbure de la voie (virage).

Lorsqu'un objet est pisté par son Doppler, le fait de se désaxer n'est pas un handicap si le signal reste d'un niveau correct. Des lobes secondaires de mauvaise qualité améliorent cette poursuite.  
25

Le procédé est caractérisé en ce que les objets analysés, peuvent être pistés dans le lobe principal et dans les lobes secondaires de l'antenne, évitant leur perte, par exemple dans un virage.



Pour les tabliers de pont, la détection est faite dans le lobe principal. Ensuite, au passage du pont dans les lobes secondaires, le signal est analysé et comparé en amplitude (avec correction de la distance).

Pour une antenne de 7 cm de diamètre, le tableau ci-dessous présente les longueurs transversales interceptées dans le lobe de l'antenne à 3 dB (3,34°), correspondant à l'aller et retour de l'onde émise.

5

$\theta^\circ$	D m	22,5	45	67,5	89,5	112	134,5
2,4	3 dB 2 tr.	0,94	1,89	2,84	3,77	4,72	5,66
3,34	6 dB 2 tr.	1,32	2,64	3,96	5,25	6,56	7,88

10

15

Cette antenne présente un gain théorique de 35 dB, que l'on ramènera à 30 dB pour donner une marge bénéficiaire suffisante lors de la réalisation (faible prix de revient).

Dans le procédé, objet de l'invention, les spécifications de l'antenne pourront être : un gain G de 30 dB, une ouverture à 3 dB de 3,34° et des lobes secondaires de -15 à -12 dB.

20

Le critère de centrage d'un objet sur la trajectoire du véhicule, porteur du radar, est résolu par des critères d'amplitude de l'évolution du signal reçu au cours du temps.

25

Après la correction classique en  $D^4$ , le signal garde une valeur moyenne à peu près constante (légère diminution lorsque le faisceau résout l'objet) si l'objet est axé sur le faisceau principal. En revanche, s'il se trouve sur une autre bande de roulage, on détecte une rupture rapide du niveau qui est d'environ deux fois le niveau des lobes secondaires (par exemple 2 x 15 dB).

30

En conséquence, pour la discrimination angulaire des cibles, le procédé, objet de l'invention, consiste à n'utiliser qu'un faisceau et à éta-

blir des critères sur la variation de l'amplitude du signal (toujours après traitement Doppler). Les objets situés dans le faisceau verront l'amplitude du signal rester pratiquement constante (après correction en  $D^4$ ). Les objets en dehors du faisceau principal, donc en dehors de l'axe du véhicule, présenteront une décroissance brutale de leur signal reçu lorsqu'ils se rapprocheront du véhicule, porteur du radar.

Pour les échos provenant d'objets suffisamment éloignés de l'axe de roulage du véhicule, le pistage Doppler de la cible (effet de la projection de la vitesse relative de l'objet sur la droite objet-véhicule) permettra d'apporter un élément complémentaire de rejet de cet objet.

Le procédé est caractérisé en ce que la discrimination des objets se situant dans ou en dehors du faisceau radar est réalisée par la comparaison en amplitude de l'évolution temporelle des signaux provenant d'un objet donné.

Pour un système à alarme précoce et asservissement de vitesse, une antenne à large lobe est choisie, par exemple  $3,34^\circ$ . Elle correspond à une antenne de 7 cm d'ouverture. Pour un système à asservissement de la vitesse uniquement, une antenne à faisceau plus étroit est choisie, par exemple  $2,34^\circ$  à 3 dB. Elle correspond à une ouverture de 10 cm d'ouverture.

En résumé, le procédé est caractérisé en ce que l'antenne est mono-faisceau, de petite ouverture et à lobes secondaires élevés.

La distance est un paramètre capital pour un système à alarme précoce ou anticollision. Dans le procédé, objet de l'invention, la distance est exploitée avec une résolution faible. L'inventaire des objets est fait par le Doppler et non par la Distance. L'intérêt est de mettre en oeuvre des grandes classes de distances qui représentent des classes de dangers. Dans ce cas, il est inutile d'essayer de résoudre à quelques mètres près. Ce point est capital dans le procédé, objet de l'invention. Il l'est

d'autant plus que, du point de vue économique, la résolution distance est coûteuse à réaliser, autant sur la partie radar que sur la partie traitement. La résolution choisie dans l'exemple décrit dans le procédé, objet de l'invention, est de 22,5 m; le nombre de portes est de 6 et la profondeur d'analyse est de 134,5 m.

En résumé, le procédé est caractérisé en ce que la distance des différents objets représentant un intérêt pour le véhicule, porteur du radar, est déterminée par des classes de distances qui correspondent à des classes de dangers ou, qui déterminent l'enclenchement d'un asservissement de la vitesse du véhicule, porteur du radar, sur la vitesse d'un objet le précédant.

Grâce aux paramètres radar choisis, le bilan de puissance du radar est très élevé sur des objets standards comme peuvent l'être d'autres véhicules. Les amplitudes des signaux sont comparées afin d'obtenir, pour certaines applications, une grande précision sur la distance. Cette précision est obtenue par comparaison de deux cases distances consécutives. Le signal provenant d'un objet détecté et isolé au préalable par l'analyse Doppler se retrouve obligatoirement dans deux cases distances consécutives sauf lorsque l'objet observé est parfaitement centré dans une des cases distance. En fonction du bilan de puissance obtenu sur un objet, une amélioration d'un facteur 10 de la précision par rapport à la résolution est possible. Grâce au procédé, objet de l'invention, la position relative d'un objet par rapport au véhicule, porteur du radar, peut être connu à 2,25 m près, voire mieux.

En résumé, le procédé est caractérisé en ce qu'une grande précision sur la distance d'un objet au véhicule, porteur du radar, est possible grâce au fort bilan de puissance obtenu sur cet objet. La comparaison des niveaux d'énergie recueillis dans deux portes distances consécutives permet d'obtenir cet affinage de la distance.

La figure 15 résume le processus déroulant du procédé, objet de l'invention, pour l'application d'un système d'alarme rustique. Après pré-traitement analogique, les signaux issus de deux portes distance (jusqu'à quatre), sont soumis à une FFT (Fast Fourier Transform) de 128 points complexes. La vitesse du véhicule est extraite des spectres Doppler obtenus. Le filtrage suivant élimine les véhicules roulant à une vitesse supérieure, et dans le même sens que le véhicule, porteur du radar, et, les véhicules roulant dans un sens opposé, ne se présentant pas frontalement. Le premier objet fixe ou en mouvement qui entre dans la case distance sélectionnée, parmi deux consécutives, crée un signal qui sera envoyé sur un indicateur à l'usage du conducteur. Simultanément, ce même objet sera repéré dans la seconde case distance et l'information de sa présence sera envoyée sur l'indicateur. Un comparateur analysera l'amplitude relative des deux signaux et déterminera si cet objet représente ou non un danger. Il enverra ou non sur l'indicateur un signal précisant le danger. Pour cette application rustique, les portes distance pourront être nettement supérieures à 20 m. Elles pourront également être de taille variable, par exemple 50 m pour la porte la plus éloignée, 40 m pour une porte de surveillance médiane et 30 m pour la porte la plus proche. Ces portes pourront être jointives ou non.

La figure 16 résume le processus déroulant du procédé, objet de l'invention, pour l'application d'un système réalisant les fonctions alarme précoce multi-objets et/ou l'asservissement de la vitesse du véhicule. Après prétraitement numérique, les signaux correspondant à chacune des n portes distances retenues (de 4 à 10 par exemple), sont soumis à une FFT de 128 points complexes. De la porte la plus proche du véhicule en priorité, par sommation et comparaison des spectres des autres portes distance pour confirmation ou redondance, la vitesse du véhicule, porteur du radar, est extraite avec précision. En parallèle, deux voies sont alors

possibles; la voie AICC conduisant à l'asservissement de la vitesse du véhicule, porteur du radar, sur un autre véhicule et la voie détection d'objets présentant un danger. Dans la voie AICC, un filtrage est réalisé autour de la fréquence 0 de l'analyse Doppler. Cette fréquence Doppler correspond à la vitesse du véhicule. La raie captée provenant d'un véhicule choisi par le conducteur (à partir d'une logique d'accrochage), est poursuivie et ramenée à un écart nul avec la raie spectrale 0. En même temps, une comparaison des niveaux de deux portes successives est réalisée sur ce signal, de manière à éviter une divergence de l'asservissement. Un signal d'erreur est envoyé sur l'électronique de commande/contrôle de la vitesse (Cruise Control). Dans la voie détection d'objet présentant un danger, le filtrage qui suit élimine les véhicules roulant, dans le même sens, à une vitesse supérieure au véhicule, porteur du radar, et, les véhicules roulant dans un sens opposé, ne se présentant pas frontalement. Ce filtrage est réalisé dans chacune des quelques portes distance. Une correction distance est appliquée en fonction du numéro de la porte distance. Une poursuite Doppler est engagée sur les 2 à 5 pistes d'objets ayant éventuellement passés le filtrage précédent. L'évolution en amplitude de ces pistes est contrôlée. La comparaison de ces pistes dans 2 ou plusieurs portes successives est également contrôlée. Une décision est alors prise de « danger » ou « non danger ». Celle-ci prend en compte la position du ou des objets dans des cases distance consécutives et l'évolution de l'amplitude du ou des signaux considérés. Une correction de distance affinée peut être réalisée en comparant les signaux d'un même objet dans deux portes distance consécutives. Cette décision est envoyée sur un indicateur dans le cas où un objet est considéré comme présentant un danger.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé permettant d'assurer totalement et sans ambiguïté les fonctions alerte, anticollision et asservissement de la vitesse pour un véhicule ayant des objets fixes ou en mouvement dans un volume s'étendant en avant de celui-ci, volume défini par une distance de quelques mètres à 150 m et plus dans un angle solide de quelques dizaines de degrés, caractérisé :

- en ce que la distance des différents objets représentant un intérêt pour ledit véhicule, porteur d'un radar, est déterminée par des classes de distances correspondant à des classes de dangers ou à l'enclenchement d'un asservissement de la vitesse dudit véhicule sur la vitesse d'un objet le précédant ; et
- en ce que l'inventaire complet des objets se situant à l'avant du véhicule, porteur du radar, est réalisé à l'aide d'une analyse fine de la vitesse Doppler à l'intérieur desdites classes de distances.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la discrimination, le choix ou le rejet des différents objets se réalisent par un simple tri dans le domaine des fréquences Doppler.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le traitement du signal radar est réalisé en analogique pour aboutir à un système d'alarme rustique.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le traitement du signal radar est réalisé en numérique pour aboutir à un système réalisant les fonctions anticollision et/ou asservissement de la vitesse du véhicule.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la précision sur la distance d'un objet au véhicule, porteur du radar, est obtenue par la comparaison des niveaux d'énergie recueillis dans deux portes de distances consécutives.

5 6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse propre du véhicule, porteur du radar, est obtenue par une mesure directe provenant de l'analyse Doppler.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on met en oeuvre une antenne mono-faisceau, de  
10 petite ouverture et à lobes secondaires élevés.

8. Procédé selon les revendications 1 et 7, caractérisé en ce que la discrimination des objets se situant dans ou en dehors du faisceau radar est réalisée, dans le temps, par l'analyse de l'amplitude des signaux provenant d'un objet donné, ainsi que par l'ana-  
15 lyse de la vitesse relative de cet objet.

9. Procédé selon les revendications 1 et 7, caractérisé en ce que les objets analysés peuvent être pistés dans le lobe principal et dans les lobes secondaires de l'antenne, évitant ainsi leur perte.

1/8

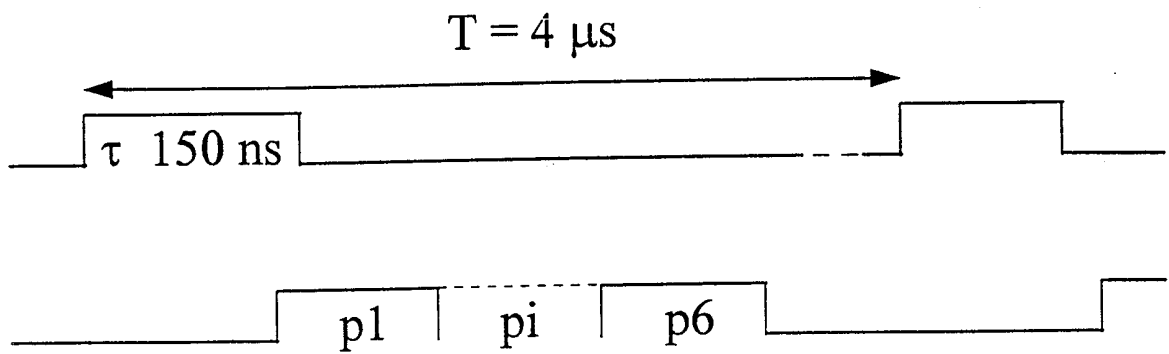


FIG.1

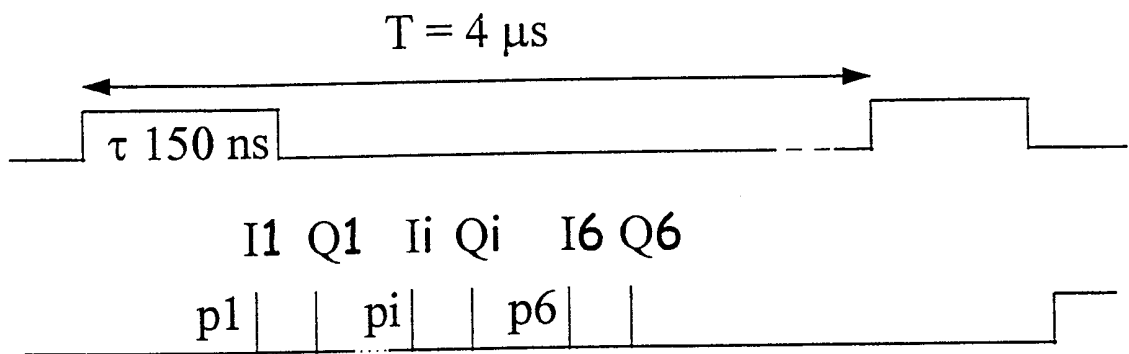


FIG.2



2/8

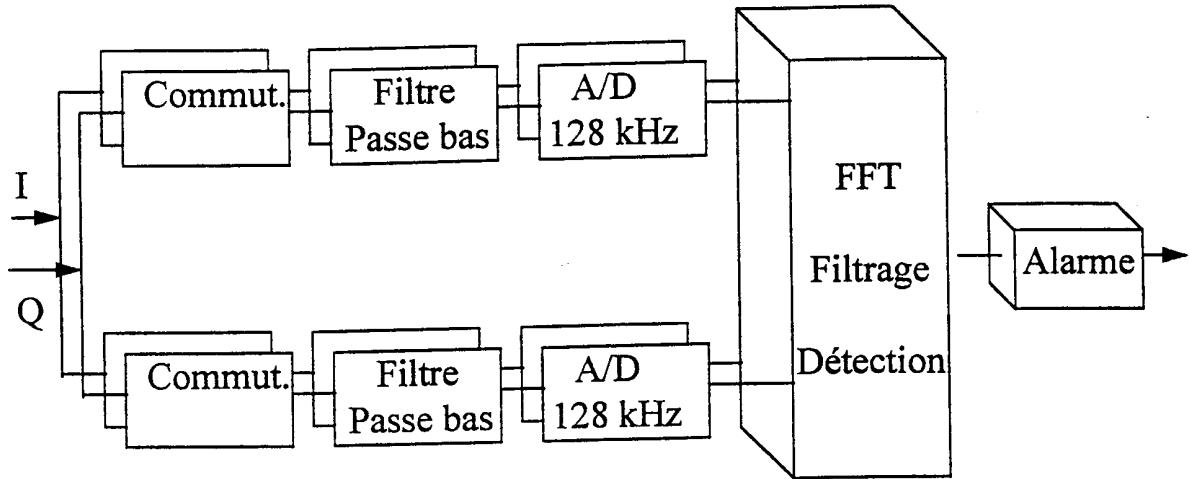


FIG.3

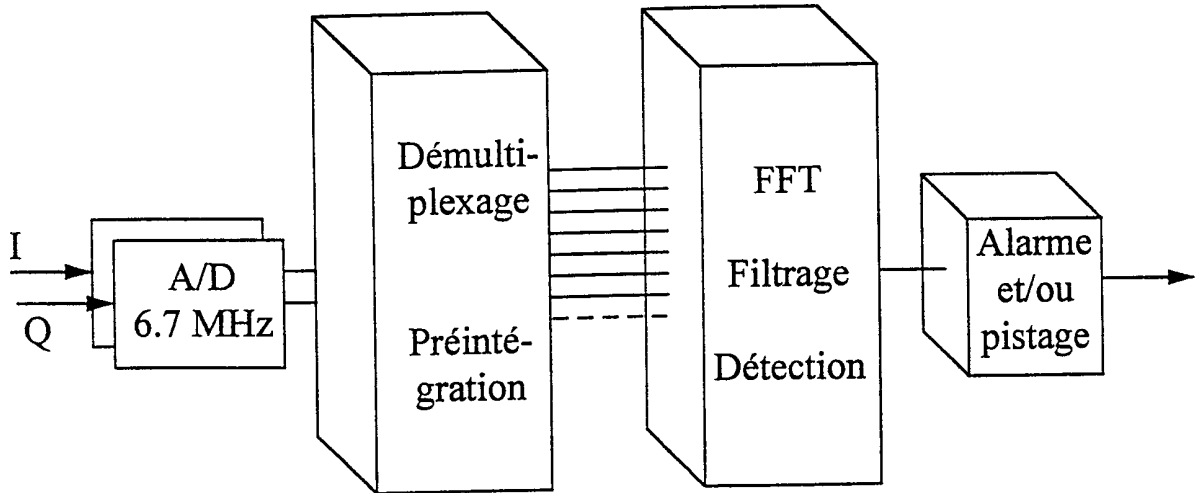


FIG.4

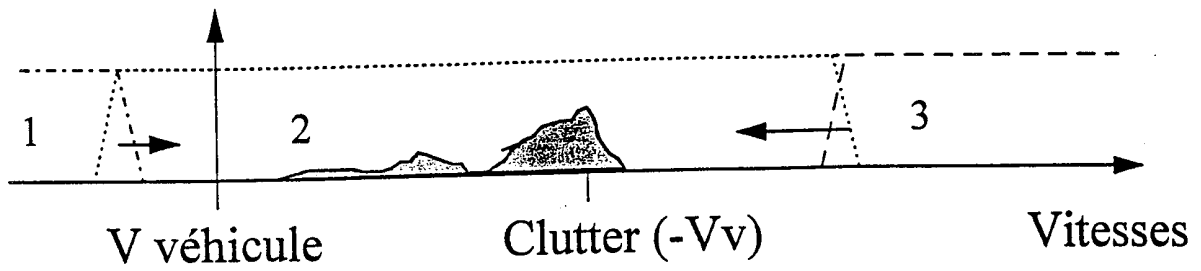


FIG. 5

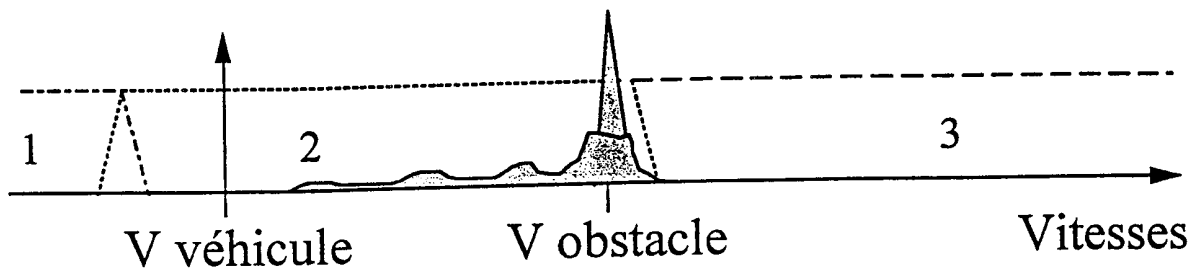


FIG. 6

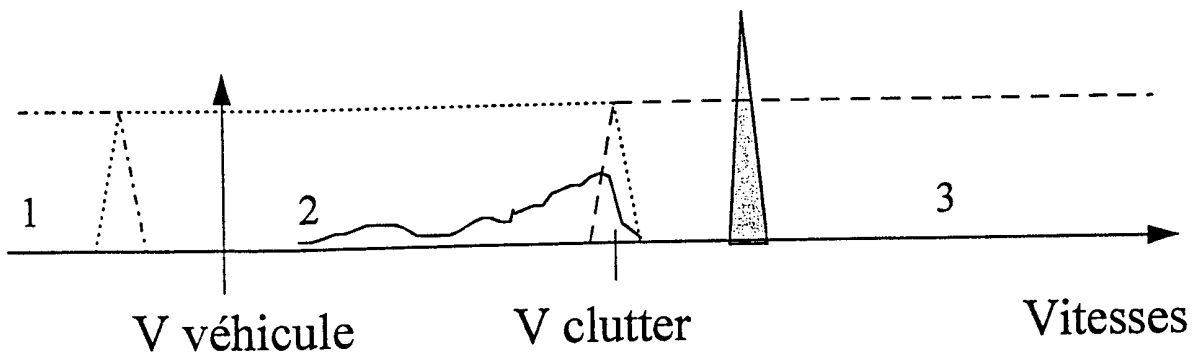


FIG. 7

4/8

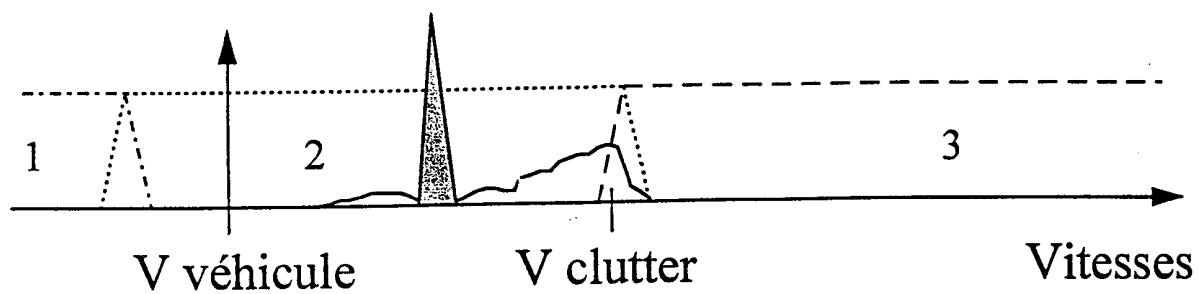


FIG. 8

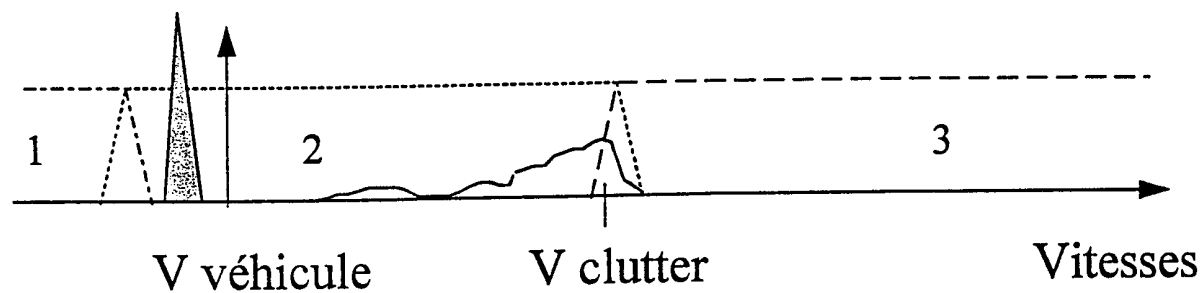


FIG. 9

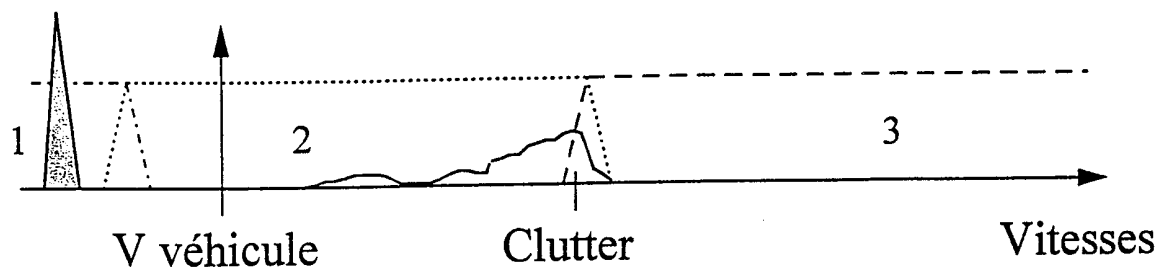


FIG. 10

5/8

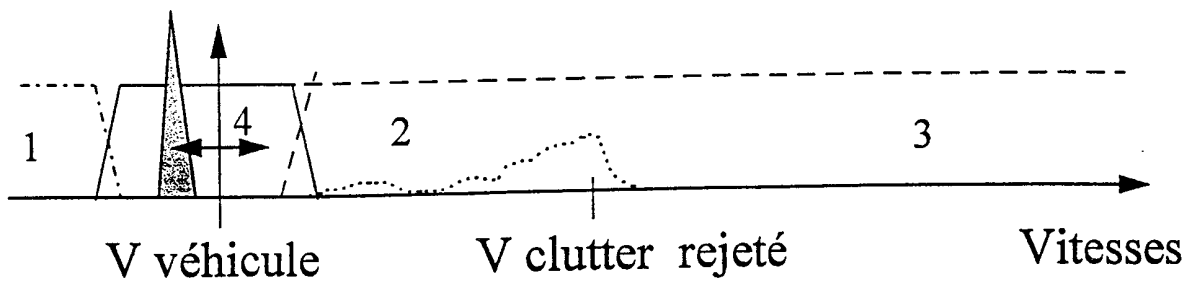


FIG.11

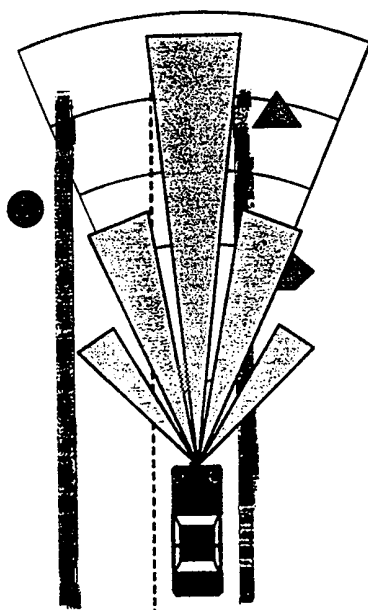


FIG.12

6/8

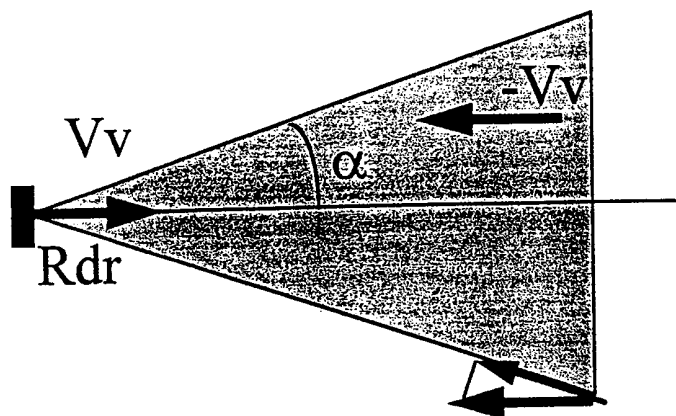


FIG.13

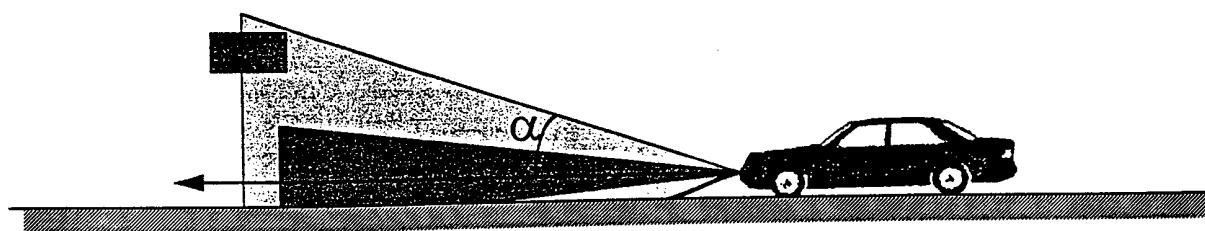


FIG.14

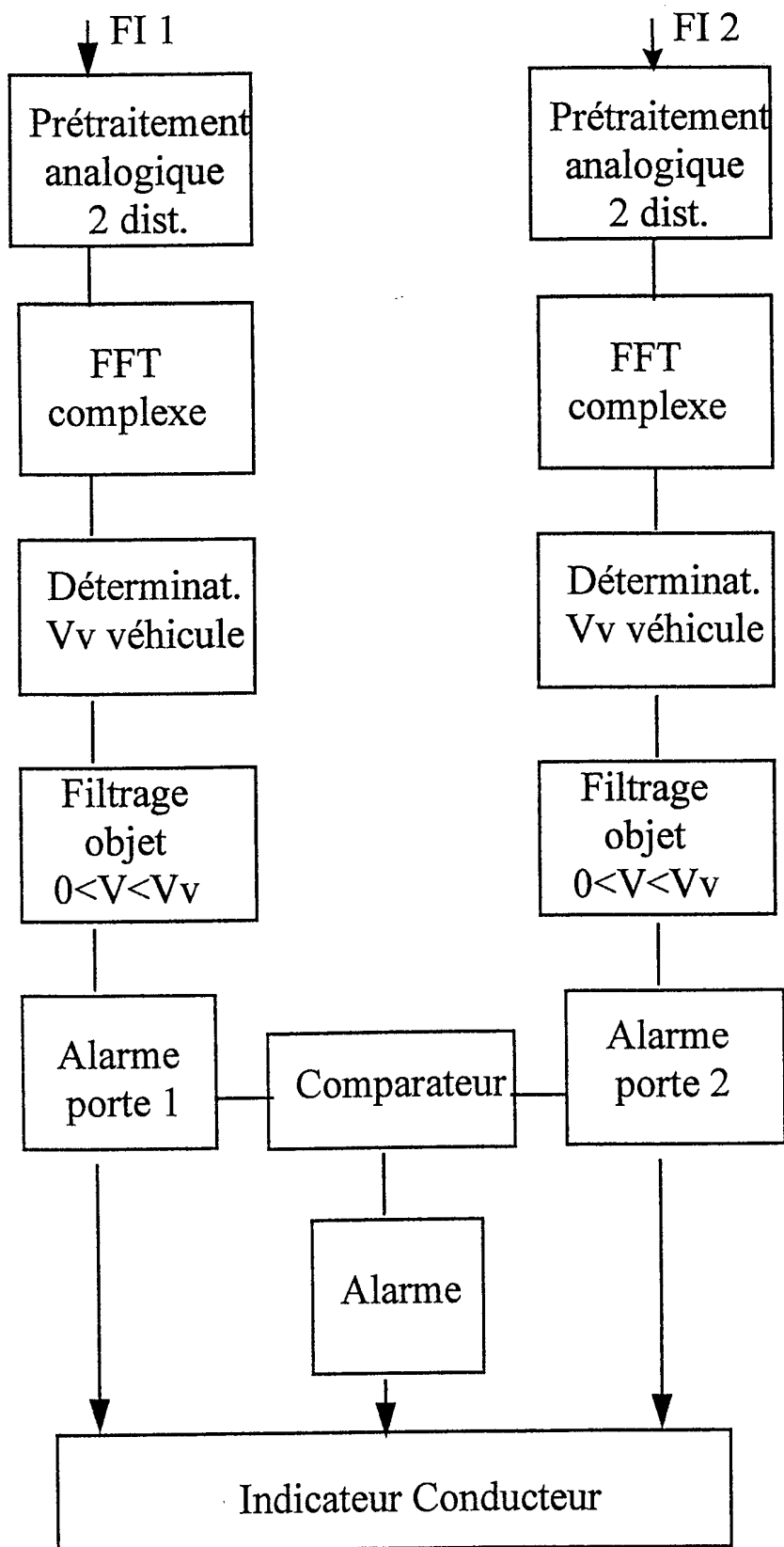


FIG.15

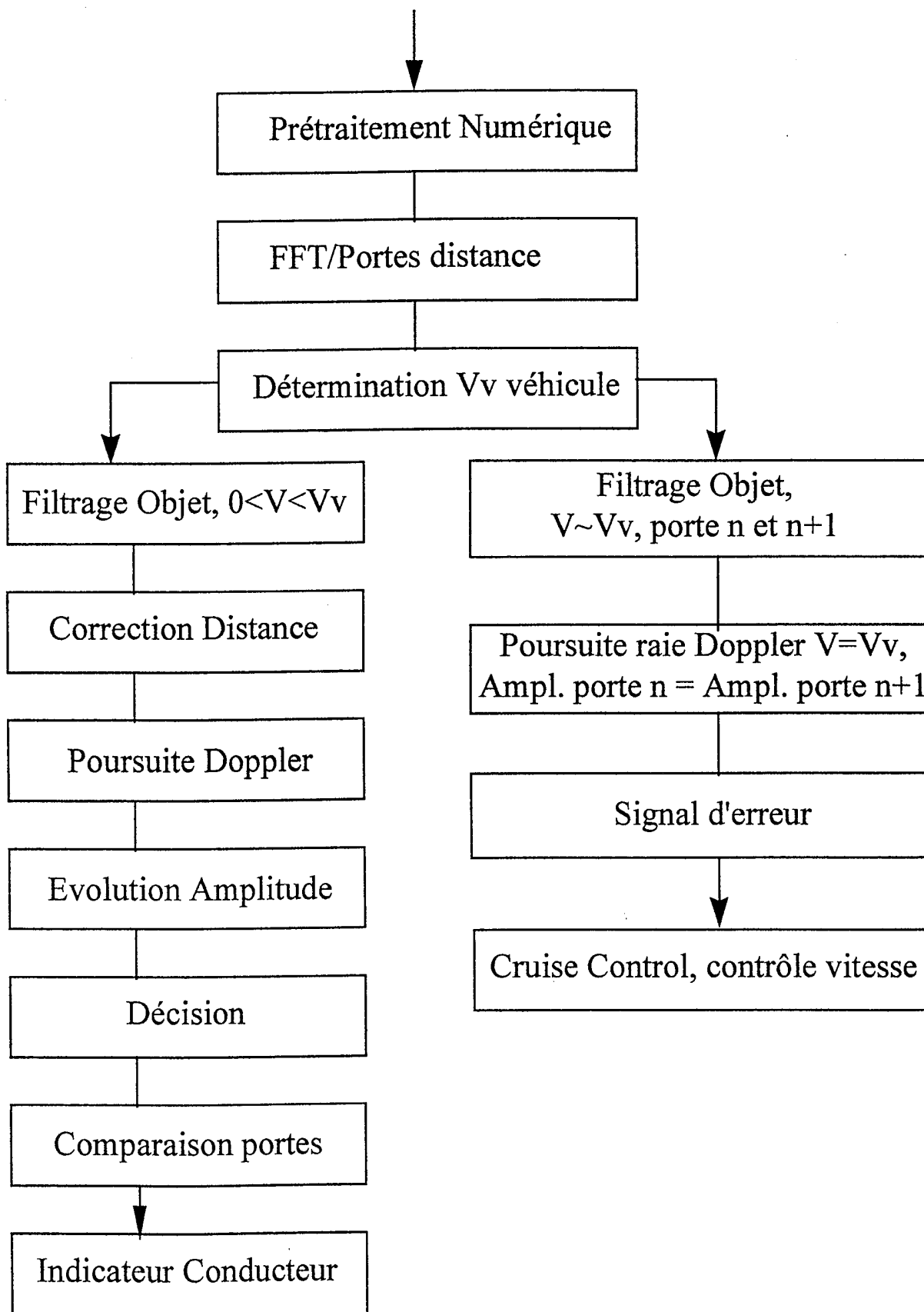


FIG.16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 98/01202

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G01S13/93

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 348 675 A (SENZAKI TAKAYA ET AL) 7 September 1982	1-3,5-9
Y	see column 1, line 13 - column 3, line 35 see column 4, line 59 - column 5, line 40; figures 2,3	4
Y	---	
Y	EP 0 699 924 A (DELCO ELECTRONICS CORP) 6 March 1996 see page 3, line 18 - page 5, line 27; figures 3B-4	4
X	---	
X	US 4 308 536 A (FLANNERY JOHN B ET AL) 29 December 1981 see column 2, line 40 - column 2, line 68 see column 6, line 49 - column 9, line 2; figures 1,2	1-9
	---	
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 February 1999

Date of mailing of the international search report

11/02/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Cannard, J-M



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 98/01202

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	FR 2 756 932 A (FRITZ JOEL HENRI LOUIS) 12 June 1998 document en entier ---	1-9
A	US 3 898 653 A (BAN KAZUHIRO ET AL) 5 August 1975 see column 3, line 14 - column 7, line 68; figures 1,6 ---	1
A	US 4 078 235 A (NODA HIROSHI ET AL) 7 March 1978 see column 3, line 4 - column 3, line 49; figure 1 ---	1
A	WO 94 05525 A (YRON MICHAEL ;BEN LULU DANI (IL)) 17 March 1994 see page 3, line 7 - page 5, line 8; figures 1-3 ---	1
A	DE 32 38 022 A (NISSAN MOTOR) 19 May 1983 see page 15, line 4 - page 17, line 13; figure 5 ---	1
A	DE 40 07 249 A (CONNER JOE SCOTT O) 12 September 1991 see column 4, line 54 - column 7, line 17; figures 1,2 ---	1
A	WO 95 14939 A (SIEMENS AG ;HOESS ALFRED (DE); SCHINDLER WOLFGANG (DE)) 1 June 1995 see page 2, line 19 - page 5, line 11; figures 1,2 ---	1
A	EP 0 557 945 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 1 September 1993 résumé see figure 1 ---	1
A	US 5 508 706 A (CORE MARK T ET AL) 16 April 1996 see column 12, line 52 - column 14, line 53; figures 15,16 -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 98/01202

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4348675 A	07-09-1982	JP 1046836 B	11-10-1989
		JP 1559899 C	31-05-1990
		JP 56164971 A	18-12-1981
		JP 1495233 C	16-05-1989
		JP 56018772 A	21-02-1981
		JP 63043715 B	01-09-1988
		DE 3028076 A	19-02-1981
		FR 2461991 A	06-02-1981
EP 0699924 A	06-03-1996	US 5530447 A	25-06-1996
		JP 2787014 B	13-08-1998
		JP 8083400 A	26-03-1996
US 4308536 A	29-12-1981	AU 5586280 A	04-09-1980
		CA 1135819 A	16-11-1982
		EP 0024430 A	11-03-1981
		JP 56500426 T	02-04-1981
		WO 8001782 A	04-09-1980
FR 2756932 A	12-06-1998	NONE	
US 3898653 A	05-08-1975	JP 48088889 A	21-11-1973
		JP 1086772 C	26-02-1982
		JP 49022897 A	28-02-1974
		JP 56030515 B	15-07-1981
		JP 49066088 A	26-06-1974
		DE 2308812 A	20-09-1973
		FR 2173214 A	05-10-1973
		CA 1002158 A	21-12-1976
US 4078235 A	07-03-1978	JP 1208351 C	29-05-1984
		JP 50120594 A	20-09-1975
		JP 58037512 B	16-08-1983
		JP 50142188 A	15-11-1975
		JP 1154058 C	30-06-1983
		JP 50026238 A	19-03-1975
		JP 57044949 B	24-09-1982
		DE 2433203 A	06-02-1975
WO 9405525 A	17-03-1994	AU 4842193 A	29-03-1994
		EP 0659128 A	28-06-1995
		US 5583495 A	10-12-1996
DE 3238022 A	19-05-1983	US 4549181 A	22-10-1985
DE 4007249 A	12-09-1991	DE 4042494 C	29-10-1998
WO 9514939 A	01-06-1995	EP 0730742 A	11-09-1996
		JP 9506698 T	30-06-1997
		US 5633642 A	27-05-1997
EP 0557945 A	01-09-1993	US 5191337 A	02-03-1993
		CA 2090305 A,C	26-08-1993
		DE 69309335 D	07-05-1997
		DE 69309335 T	06-11-1997
		JP 2642294 B	20-08-1997
		JP 6003443 A	11-01-1994

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 98/01202

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5508706 A	16-04-1996	US 5512901 A	30-04-1996
		US 5315303 A	24-05-1994
		EP 0660135 A	28-06-1995
		JP 7239382 A	12-09-1995
		EP 0642190 A	08-03-1995
		JP 2670422 B	29-10-1997
		JP 7104052 A	21-04-1995
		DE 69222731 D	20-11-1997
		DE 69222731 T	12-02-1998
		EP 0535780 A	07-04-1993
		JP 7234274 A	05-09-1996

---

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den... e Internationale No

PCT/FR 98/01202

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 6 G01S13/93

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 348 675 A (SENZAKI TAKAYA ET AL) 7 septembre 1982	1-3, 5-9
Y	voir colonne 1, ligne 13 - colonne 3, ligne 35 voir colonne 4, ligne 59 - colonne 5, ligne 40; figures 2,3	4
Y	EP 0 699 924 A (DELCO ELECTRONICS CORP) 6 mars 1996 voir page 3, ligne 18 - page 5, ligne 27; figures 3B-4	4
X	US 4 308 536 A (FLANNERY JOHN B ET AL) 29 décembre 1981 voir colonne 2, ligne 40 - colonne 2, ligne 68 voir colonne 6, ligne 49 - colonne 9, ligne 2; figures 1,2	1-9
	-/--	

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 février 1999

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

11/02/1999

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Cannard, J-M

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der:    Internationale No  
PCT/FR 98/01202

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
E	FR 2 756 932 A (FRITZ JOEL HENRI LOUIS) 12 juin 1998 document en entier -----	1-9
A	US 3 898 653 A (BAN KAZUHIRO ET AL) 5 août 1975 voir colonne 3, ligne 14 - colonne 7, ligne 68; figures 1,6 -----	1
A	US 4 078 235 A (NODA HIROSHI ET AL) 7 mars 1978 voir colonne 3, ligne 4 - colonne 3, ligne 49; figure 1 -----	1
A	WO 94 05525 A (YRON MICHAEL ; BEN LULU DANI (IL)) 17 mars 1994 voir page 3, ligne 7 - page 5, ligne 8; figures 1-3 -----	1
A	DE 32 38 022 A (NISSAN MOTOR) 19 mai 1983 voir page 15, ligne 4 - page 17, ligne 13; figure 5 -----	1
A	DE 40 07 249 A (CONNER JOE SCOTT O) 12 septembre 1991 voir colonne 4, ligne 54 - colonne 7, ligne 17; figures 1,2 -----	1
A	WO 95 14939 A (SIEMENS AG ; HOESS ALFRED (DE); SCHINDLER WOLFGANG (DE)) 1 juin 1995 voir page 2, ligne 19 - page 5, ligne 11; figures 1,2 -----	1
A	EP 0 557 945 A (HUGHES AIRCRAFT CO) 1 septembre 1993 résumé voir figure 1 -----	1
A	US 5 508 706 A (CORE MARK T ET AL) 16 avril 1996 voir colonne 12, ligne 52 - colonne 14, ligne 53; figures 15,16 -----	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Den : Internationale No

PCT/FR 98/01202

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4348675 A	07-09-1982	JP 1046836 B	11-10-1989
		JP 1559899 C	31-05-1990
		JP 56164971 A	18-12-1981
		JP 1495233 C	16-05-1989
		JP 56018772 A	21-02-1981
		JP 63043715 B	01-09-1988
		DE 3028076 A	19-02-1981
		FR 2461991 A	06-02-1981
		EP 0699924 A	06-03-1996
JP 2787014 B	13-08-1998		
JP 8083400 A	26-03-1996		
US 4308536 A	29-12-1981	AU 5586280 A	04-09-1980
		CA 1135819 A	16-11-1982
		EP 0024430 A	11-03-1981
		JP 56500426 T	02-04-1981
		WO 8001782 A	04-09-1980
FR 2756932 A	12-06-1998	AUCUN	
US 3898653 A	05-08-1975	JP 48088889 A	21-11-1973
		JP 1086772 C	26-02-1982
		JP 49022897 A	28-02-1974
		JP 56030515 B	15-07-1981
		JP 49066088 A	26-06-1974
		DE 2308812 A	20-09-1973
		FR 2173214 A	05-10-1973
		CA 1002158 A	21-12-1976
		US 4078235 A	07-03-1978
JP 50120594 A	20-09-1975		
JP 58037512 B	16-08-1983		
JP 50142188 A	15-11-1975		
JP 1154058 C	30-06-1983		
JP 50026238 A	19-03-1975		
JP 57044949 B	24-09-1982		
DE 2433203 A	06-02-1975		
WO 9405525 A	17-03-1994	AU 4842193 A	29-03-1994
		EP 0659128 A	28-06-1995
		US 5583495 A	10-12-1996
DE 3238022 A	19-05-1983	US 4549181 A	22-10-1985
DE 4007249 A	12-09-1991	DE 4042494 C	29-10-1998
WO 9514939 A	01-06-1995	EP 0730742 A	11-09-1996
		JP 9506698 T	30-06-1997
		US 5633642 A	27-05-1997
EP 0557945 A	01-09-1993	US 5191337 A	02-03-1993
		CA 2090305 A,C	26-08-1993
		DE 69309335 D	07-05-1997
		DE 69309335 T	06-11-1997
		JP 2642294 B	20-08-1997
		JP 6003443 A	11-01-1994

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Den . . . Internationale No

PCT/FR 98/01202

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5508706 A	16-04-1996	US 5512901 A	30-04-1996
		US 5315303 A	24-05-1994
		EP 0660135 A	28-06-1995
		JP 7239382 A	12-09-1995
		EP 0642190 A	08-03-1995
		JP 2670422 B	29-10-1997
		JP 7104052 A	21-04-1995
		DE 69222731 D	20-11-1997
		DE 69222731 T	12-02-1998
		EP 0535780 A	07-04-1993
		JP 7234274 A	05-09-1996

---