



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

(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01S 13/58	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 97/43663 (43) Date de publication internationale: 20 novembre 1997 (20.11.97)
--	-----------	---

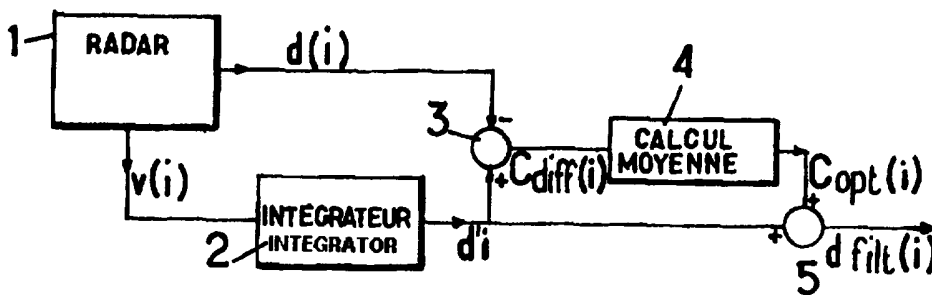
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/EP97/02156 (22) Date de dépôt international: 25 avril 1997 (25.04.97) (30) Données relatives à la priorité: 96/05999 14 mai 1996 (14.05.96) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SIEMENS AUTOMOTIVE S.A. [FR/FR]; Avenue du Mirail, F-31036 Toulouse Cedex (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): KUNERT, Martin [DE/DE]; Mintrachingerstrasse 1, D-93102 Geisling (DE). (74) Mandataire: FUCHS, Franz-Josef; Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).	(81) Etats désignés: JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.
--	--

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE DISTANCE BETWEEN AN OBJECT AND AN APPARATUS FOR MEASURING SAID DISTANCE

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA DISTANCE D'UN OBJET PAR RAPPORT A UN APPAREIL DE MESURE DE CETTE DISTANCE

(57) Abstract

A measurement apparatus (1) providing both a raw measurement $d(i)$ of a distance and a raw measurement $v(i)$ of the relative velocity of an object relative to the apparatus (1) is disclosed. The velocity measurement $v(i)$ is integrated over a predetermined sliding time interval, the difference between the raw distance measurement $d(i)$ and the integral of i of the velocity is determined, a mean



4... CALCULATE MEAN

value (C_{diff}) of said difference over said time interval is calculated, and the calculated means (C_{opt}) is added to the integral of i of the velocity to provide a filtered measurement (d_{filt}) of the distance between the object and the measurement apparatus.

(57) Abrégé

L'appareil de mesure (1) délivre à la fois une mesure brute $d(i)$ de la distance et une mesure brute $v(i)$ de la vitesse relative dudit objet par rapport à l'appareil (1). Suivant l'invention, on intègre ladite mesure de vitesse $v(i)$ sur un intervalle de temps glissant prédéterminé, on forme la différence de la mesure brute $d(i)$ de distance et de l'intégrale $d'(i)$ de la vitesse, on calcule une valeur moyenne (C_{diff}) de ladite différence sur ledit intervalle de temps et on ajoute la moyenne calculée (C_{opt}) à l'intégrale $d'(i)$ de la vitesse pour former une mesure filtrée (d_{filt}) de la distance objet/appareil de mesure.

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
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

Procédé et dispositif de mesure de la distance
d'un objet par rapport à un appareil de mesure
de cette distance

La présente invention est relative à un procédé de mesure de la distance d'un objet par rapport à un appareil de mesure de cette distance et, plus particulièrement, à un tel procédé mis en oeuvre avec un appareil de mesure
5 délivrant à la fois une mesure brute de ladite distance et une mesure brute de la vitesse relative dudit objet par rapport à l'appareil. L'invention est aussi relative à un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.

On connaît, par exemple du livre intitulé
10 "Introduction to radar systems" de M.I. SKOLNIK édité en 1962 aux USA par Mc Graw-Hill, pages 86 et suivantes, un radar à ondes continues modulées en fréquence de manière périodique, plus communément connu sous sa dénomination anglo-saxonne de radar FMCW, pour la mesure de la
15 distance et de la vitesse relative d'un objet. On connaît aussi de la demande de brevet allemand DE-A-40 40 572, l'emploi d'un tel radar pour la mesure des distances et vitesses de véhicules automobiles. Selon le procédé employé dans la technique antérieure, on module une
20 fréquence porteuse par un signal triangulaire par exemple, on émet en continu ce signal modulé et on mélange une fraction de ce signal avec le signal réfléchi par l'objet dont la distance et la vitesse sont à mesurer. On obtient ainsi deux fréquences de battement
25 correspondant respectivement à la rampe montante et à la rampe descendante du signal de modulation du signal émis. A l'issue de chaque période de modulation, on tire la distance et la vitesse de la moyenne et de la différence respectivement, des fréquences de battement.

30 Les valeurs brutes de distance et de vitesse ainsi obtenues sont entachées d'un bruit de fond, quasi gaussien. Ce bruit de fond introduit une erreur dans les

valeurs fournies, de l'ordre du mètre en ce qui concerne les distances par exemple. Une telle erreur ne peut être considérée comme négligeable dans certaines applications, notamment lorsque le radar fait partie d'un dispositif anti-collision équipant un véhicule automobile. Aussi filtre-t-on les mesures de distance délivrées par le radar pour les débarrasser de l'imprécision due au bruit de fond. On réalise préférentiellement le filtrage à l'aide de filtres adaptatifs linéaires du type "Kalman", basés sur les écarts d'un système physique par rapport à un modèle défini par ses variables d'état. De tels filtres sont décrits par exemple dans l'ouvrage intitulé "Le filtrage et ses applications", édition CEPADUES 1987, auteurs : M. Labarrère, J.P. Krief, B. Gimonet. Les filtres de Kalman sont préférés car ils altèrent peu le signal traité. Par contre, ils ont l'inconvénient d'exiger une forte puissance de calcul du fait de leur complexité.

La présente invention a pour but de fournir un procédé et un dispositif de mesure de la distance d'un objet par rapport à un appareil de mesure de cette distance, qui permettent d'obtenir une mesure précise de ladite distance, sans recours à un filtrage complexe, et donc coûteux, du signal brut de distance délivré par le radar.

On atteint ce but de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, avec un procédé de mesure de la distance d'un objet par rapport à un appareil de mesure délivrant à la fois une mesure brute de ladite distance et une mesure brute de la vitesse relative dudit objet par rapport à l'appareil, ce procédé étant remarquable en ce qu'on intègre ladite mesure de vitesse sur un intervalle de temps glissant prédéterminé, on forme la différence de la mesure brute de distance et de la vitesse intégrée, on

calcule la moyenne de ladite différence sur ledit intervalle de temps et on ajoute la moyenne calculée à la vitesse intégrée pour former une mesure filtrée de la distance.

5 Comme on le verra plus loin, l'intégration de la vitesse opérée suivant l'invention assure un filtrage simultané et automatique de la mesure de vitesse délivrée par l'appareil de mesure, alors que le calcul de moyenne assure lui aussi un filtrage, ces deux filtrages
10 intrinsèques permettant de supprimer l'emploi de moyens de filtrage spécifiques coûteux tout en autorisant la délivrance d'une mesure précise de la distance.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la
15 description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est un schéma fonctionnel d'un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, et
- 20 - les figures 2 à 4 sont des graphes utiles à la description du procédé suivant l'invention.

On se réfère à la figure 1 du dessin annexé où le dispositif représenté comprend classiquement, à titre d'exemple illustratif et non limitatif, un appareil de
25 mesure 1 constitué, par exemple, par un radar du type FMCW évoqué ci-dessus. Dans l'application anti-collision également évoquée ci-dessus, la fréquence porteuse d'un tel radar est couramment de 77 GHz. Le radar délivre classiquement des échantillons courant $d(i)$ et $v(i)$ (i
30 étant l'ordre de l'échantillon) de mesures de la distance et de la vitesse relative respectivement, d'un objet en déplacement par rapport au radar, la période T_m d'échantillonnage (ou période de mesure) étant typiquement de l'ordre de 60 ms. Comme on l'a vu plus
35 haut, ces mesures, et notamment la mesure $d(i)$ de

distance, sont affectées d'une forte imprécision due à un bruit d'origine gaussien, au point que cette mesure brute de distance est difficilement utilisable lorsqu'on recherche une précision inférieure au mètre, comme c'est le cas lorsqu'il s'agit d'un radar embarqué sur un véhicule automobile pour empêcher toute collision entre ce véhicule et d'autres véhicules ou autres obstacles présents sur sa trajectoire.

Suivant l'invention, on tire une mesure de la distance, de précision améliorée, d'une intégration de la mesure de vitesse $v(i)$ fournie par le radar et d'une évaluation de la différence entre la valeur de cette intégrale et la mesure brute de distance $d(i)$ fournie par le radar, de manière à estimer la valeur de la constante d'intégration.

Cette constante C apparaît dans l'expression qui relie classiquement la distance d et la vitesse v d'un mobile :

$$d = \int v dt + C$$

Sur la figure 2 où l'on a représenté l'évolution dans le temps (l'unité de temps étant la période de mesure T_m) de la mesure brute $d(i)$ fournie par le radar et l'intégrale $d'(i)$ de la vitesse, cette constante C apparaît comme représentant la distance verticale, à un instant quelconque t , des deux graphes.

On revient à la figure 1 pour décrire le calcul, selon l'invention, de ladite constante d'intégration. Les échantillons $v(i)$ de la mesure de vitesse réalisée par le radar sont fournis à un intégrateur 2 qui fournit un signal de sortie :

$$d'(i) = \sum_{j=0}^k v(j) \cdot \Delta t$$

l'intégration s'opérant alors à chaque instant sur un échantillonnage glissant de k échantillons consécutifs

fournis à la cadence de mesure du radar, de période $\Delta t = T_m$.

On forme en 3 la différence :

$$C_{dif} = d'(i) - d(i)$$

5 du signal $d'(i)$ et du signal $d(i)$ délivré par le radar à la même cadence de mesure.

On calcule la moyenne de cette différence sur k échantillons dans un bloc 4 qui délivre une valeur échantillonnée et optimisée de la constante recherchée
10 telle que :

$$C_{opt}(i) = \frac{1}{k+1} \sum_{i=0}^k C_{dif}(i)$$

et cette valeur est ajoutée en 5 au signal $d'(i)$ délivré par l'intégrateur 2 pour former le signal de mesure de la distance filtrée d_{filt} recherchée :

15
$$d_{filt}(i) = d'(i) + C_{opt}(i)$$

On constate que, dans ces opérations, le bruit de fond quasi gaussien affectant le signal de mesure $v(i)$ de la vitesse fournie par le radar est filtré lors de son traitement dans l'intégrateur 2, du fait de la valeur
20 moyenne nulle de ce bruit gaussien. Ce bruit est visualisé à la figure 3 du dessin annexé où le graphe représenté est celui de la différence D (en mètres) entre la vitesse intégrée additionnée à la constante C_{opt} , et la distance brute mesurée par le radar, affectée par ce
25 bruit, d'une variance de 80 cm² environ.

De même le bruit affectant le signal de mesure $d(i)$ est éliminé dans la constante $C_{opt}(i)$ par l'effet de la moyenne réalisée dans le bloc 4. Ainsi, suivant l'invention, toutes les composantes du signal $d_{filt}(i)$ délivré par le
30 dispositif de la figure 1 subissent un filtrage intrinsèque propre à les débarrasser des composantes de bruit qui affectent la précision des mesures brutes

délivrées par le radar. Le signal $d_{\text{filt}}(i)$ donne ainsi une mesure filtrée de la distance objet/radar. Ce filtrage apparaît sur la figure 4 où l'on a représenté une portion des graphes de $d(i)$ et de $d_{\text{filt}}(i)$ avec une amplification
5 de l'échelle des distances. La précision de d_{filt} en est améliorée, et ceci sans recours à des moyens de filtrage spécifiques coûteux.

Bien entendu l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté qui n'a été donné
10 qu'à titre d'exemple. C'est ainsi que l'appareil de mesure utilisé peut être aussi constitué par un radar Doppler à impulsions et, plus généralement, par tout appareil susceptible de fournir des mesures de la distance et de la vitesse relative d'un objet.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mesure de la distance (d_{filt}) d'un objet par rapport à un appareil de mesure (1) délivrant à la fois une mesure brute $d(i)$ de ladite distance et une mesure brute $v(i)$ de la vitesse relative dudit objet par rapport à l'appareil (1), caractérisé en ce qu'on intègre ladite mesure de vitesse $v(i)$ sur un intervalle de temps glissant prédéterminé, on forme la différence de la mesure brute $d(i)$ de distance et de l'intégrale $d'(i)$ de la vitesse, on calcule une valeur moyenne (C_{dif}) de ladite différence sur ledit intervalle de temps et on ajoute la moyenne calculée (C_{opt}) à l'intégrale $d'(i)$ de la vitesse pour former une mesure filtrée (d_{filt}) de la distance objet/appareil de mesure.

2. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend a) un appareil de mesure (1) délivrant à la fois une mesure brute $d(i)$ de la distance objet/appareil et une mesure brute $v(i)$ de la vitesse relative de l'objet par rapport à l'appareil, b) un intégrateur (2) alimenté par le signal de vitesse brute $v(i)$ délivré par l'appareil (1), c) un bloc (4) de calcul de la moyenne $C_{opt}(i)$ de la différence entre la mesure brute de distance $d(i)$ et la sortie $d'(i)$ de l'intégrateur (2), et d) des moyens (5) pour former une mesure filtrée (d_{filt}) de la distance objet/appareil par addition de la moyenne $C_{opt}(i)$ à la sortie de l'intégrateur (2).

3. Dispositif conforme à la revendication 2, caractérisé en ce que l'appareil de mesure (1) est un radar à ondes continues modulées en fréquence (FMCW).

4. Dispositif conforme à la revendication 2, caractérisé en ce que l'appareil de mesure (1) est constitué par un radar Doppler à impulsions.

5. Utilisation du dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 2 à 4 dans un véhicule automobile, pour mesurer la distance séparant le véhicule d'un obstacle éventuel placé sur sa trajectoire.

FIG.:1

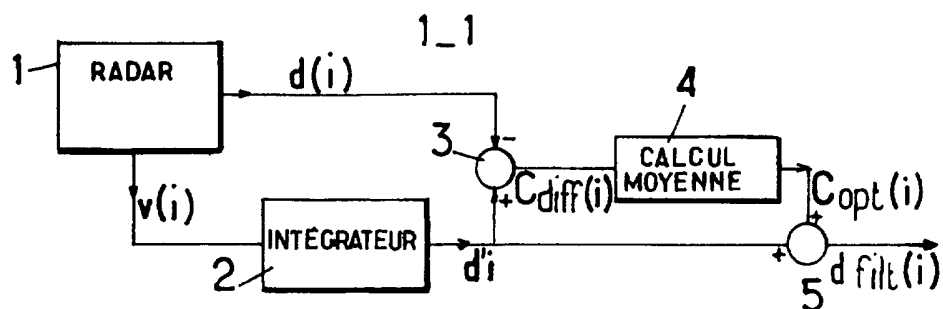


FIG.:2

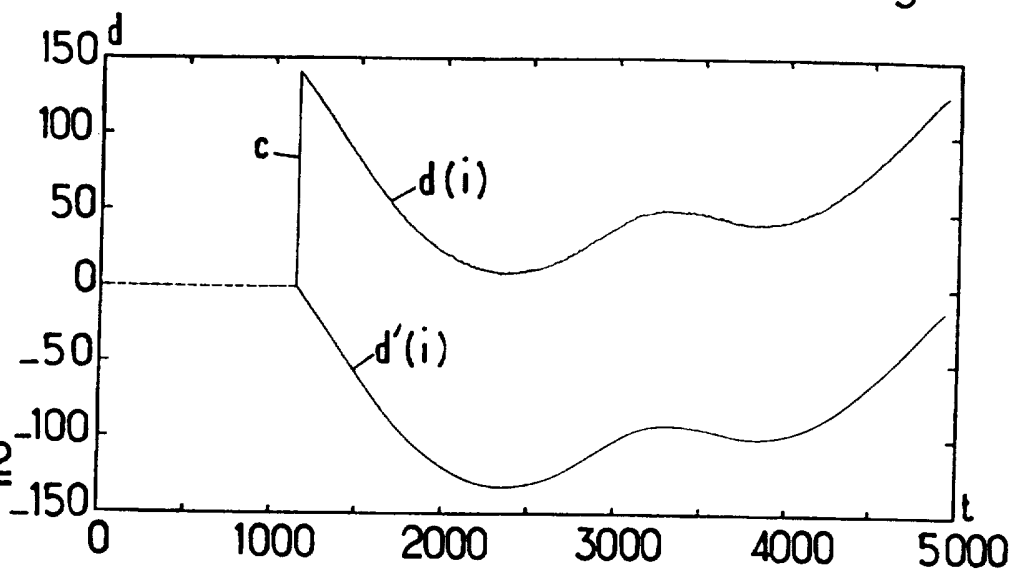


FIG.:3

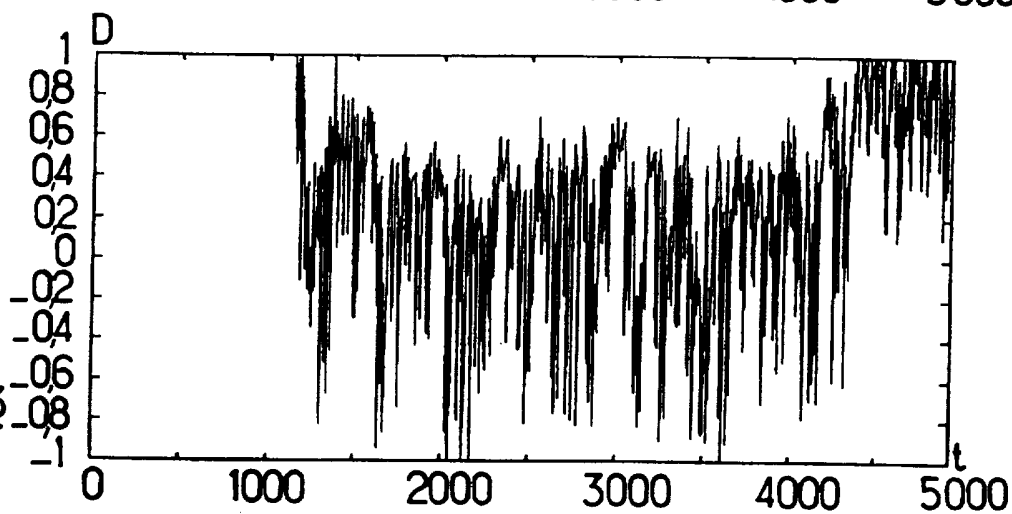
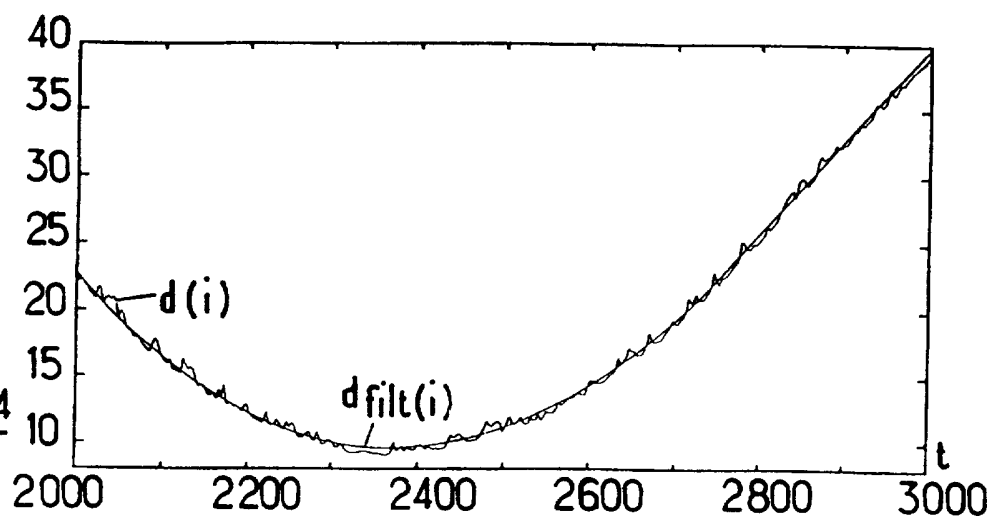


FIG.:4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 97/02156

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01S13/58

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.
A	DE 44 03 190 C (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT) 27 July 1995 see abstract see page 5, line 28 - page 6, line 20 ---	1
A	DE 39 17 794 A (ASEA BROWN BOVERI) 11 October 1990 see column 1 - column 2 -----	1

☐ 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

31 July 1997

Date of mailing of the international search report

07.08.97

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

Zaccà, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/02156

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4403190 C	27-07-95	FR 2715724 A US 5590044 A	04-08-95 31-12-96
DE 3917794 A	11-10-90	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De l'Organisation Internationale No
PCT/EP 97/02156

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 6 G01S13/58		
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 cela est 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
A	DE 44 03 190 C (DEUTSCHE FORSCH LUFT RAUMFAHRT) 27 Juillet 1995 voir abrégé voir page 5, ligne 28 - page 6, ligne 20 ---	1
A	DE 39 17 794 A (ASEA BROWN BOVERI) 11 Octobre 1990 voir colonne 1 - colonne 2 -----	1
☐ 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 31 Juillet 1997		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 07.08.97
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 Zaccà, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Den. : Internationale No

PCT/EP 97/02156

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4403190 C	27-07-95	FR 2715724 A US 5590044 A	04-08-95 31-12-96
DE 3917794 A	11-10-90	AUCUN	