



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

<p>(51) Classification internationale des brevets ⁶ : G01S 13/92</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 95/28653 (43) Date de publication internationale: 26 octobre 1995 (26.10.95)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR95/00464 (22) Date de dépôt international: 11 avril 1995 (11.04.95) (30) Données relatives à la priorité: 94/04522 15 avril 1994 (15.04.94) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON-CSF [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008 Paris (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): LION, Didier [FR/FR]; Thomson-CSF SCPI, Boîte postale 329, F-92402 Courbevoie Cédex (FR).</p>	<p>(81) Etats désignés: CA, CN, JP, KR, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.</p>	

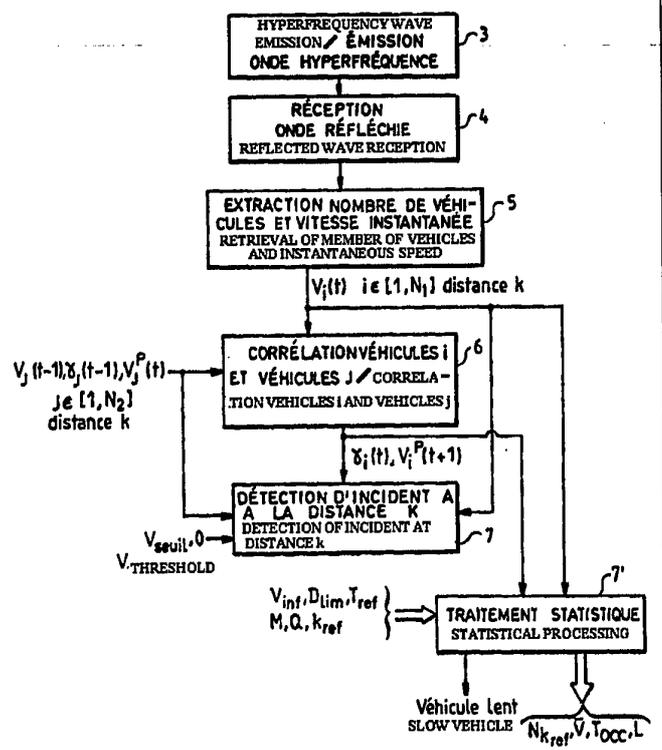
(54) Title: TRAFFIC MONITORING METHOD FOR THE AUTOMATIC DETECTION OF VEHICLE-RELATED INCIDENTS
(54) Titre: PROCÉDE DE SURVEILLANCE DE TRAFIC POUR LA DETECTION AUTOMATIQUE D'INCIDENT DE VÉHICULES

(57) Abstract

The present invention relates to a traffic monitoring method for the automatic detection of vehicle-related incidents, using radar waves in order to detect the vehicles, their instantaneous speed and their distance. The method according to the invention comprises the correlation (6) of information concerning the vehicles in a single distance-box k during two consecutive processing time intervals so as to determine, at each time t, the acceleration of each vehicle $\gamma_i(t)$ and a prediction of its speed $V_i^P(t+1)$, and the detection (7) of an incident in a distance-box k by detecting the passage of the speed of a vehicle i below a given speed $V_{Threshold}$. The advantage of the method according to the invention consists in the rapid detection of incidents on a network of roads or motorways in order to inform rapidly the users.

(57) Abrégé

La présente invention a pour objet un procédé de surveillance de trafic pour la détection automatique d'incident de véhicules utilisant des ondes radar pour détecter les véhicules, leur vitesse instantanée et leur distance. Le procédé selon l'invention consiste à corréler (6) les informations obtenues sur des véhicules dans une même case-distance k pendant deux intervalles de temps de traitement consécutif, de manière à déterminer, à chaque instant t, l'accélération de chaque véhicule $\gamma_i(t)$ et une prédiction sur sa vitesse $V_i^P(t+1)$, puis à détecter (7) un incident dans une case-distance k par détection du passage de la vitesse d'un véhicule i en-deçà d'un seuil de vitesse V_{Seuil} donné. L'avantage du procédé selon l'invention réside dans la détection rapide d'incident sur un réseau routier ou autoroutier, en vue d'informer rapidement les usagers.



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.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

**PROCEDE DE SURVEILLANCE DE TRAFIC
POUR LA DETECTION AUTOMATIQUE
D'INCIDENT DE VEHICULES**

5

La présente invention a pour objet un procédé de surveillance de trafic pour la détection automatique d'incident de véhicules.

L'application plus particulièrement visée par l'invention concerne la surveillance du trafic routier ou autoroutier, classiquement appelée par le
10 nom générique de Détection Automatique d'Incident (D.A.I.).

Dans cette application, on recherche notamment à pouvoir détecter un véhicule s'arrêtant sur les voies de circulation ou sur les bandes d'arrêt d'urgence. D'autres paramètres peuvent être intéressants à fournir, comme la détection de bouchons ou l'état de la circulation.

15

La surveillance du trafic sur route ou autoroute est très importante car elle a pour but d'améliorer la fluidité du trafic et la sécurité des usagers. Il est donc primordial de savoir détecter au plus vite tout incident ou ralentissement, afin de prévenir les usagers par panneaux indicateurs à messages variables, limitant de ce fait les risques de carambolages, et faire
20 intervenir les secours rapidement si nécessaire.

25

La surveillance du trafic routier est à ce jour réalisée par différentes techniques que l'on peut classer en deux catégories, d'une part les techniques fondées sur une analyse ponctuelle d'une section de route ou d'autoroute, et d'autre part, les techniques fondées sur une analyse globale
de cette même section :

30

Dans le premier cas, seuls certains points de la route, situés à des distances prédéterminées les uns par rapport aux autres, sont observés. L'analyse de paramètres de trafic en ces différents points, tels que la vitesse moyenne des véhicules ou le débit, permet de détecter, par application
d'algorithmes de calcul particuliers, les conséquences d'un incident éventuel
entre ces points.

35

Une première technologie très largement utilisée consiste à placer, sous la route, des boucles à induction. La variation du champ induit dans de telles boucles permet de savoir si un véhicule est passé ou non.
L'avantage principal de cette technologie réside dans le fait que les boucles

à induction fonctionnent quelles que soient les conditions climatiques, de jour comme de nuit. Cependant, l'implantation de ces boucles est lourde et coûteuse à mettre en oeuvre, et il est difficile, voire impossible, de procéder à des entretiens ou à des échanges de boucles en cas de panne.

5 Une seconde technologie consiste à utiliser des caméras vidéo situées aux différents points que l'on souhaite analyser sur une section donnée, chaque caméra étant associée à un traitement d'images automatique. L'implantation des caméras vidéo est très simple, mais les performances sont peu concluantes car elles dépendent fortement des
10 conditions climatiques et des conditions de luminosité. En outre, les algorithmes utilisés dans le traitement d'images sont complexes, et nécessitent une puissance de calcul importante.

Pour pallier le problème des conditions climatiques, une troisième technologie connue, mettant toujours en oeuvre une technique d'analyse
15 ponctuelle d'une section de route ou d'autoroute, fait appel à un radar, soit fixe à onde continue, soit Doppler à impulsions. Une technique utilisant un radar fixe à onde continue pour extraire différents paramètres, tels que la vitesse ou la longueur, est par exemple décrite dans le document US-A-4.985.705. Par ailleurs, on se reportera au document FR 2.695.742
20 déposé par la Demanderesse pour la description d'un radar Doppler à impulsions, dont le positionnement particulier et l'algorithme associé permettent d'extraire différents paramètres (notamment le nombre de véhicules par voie de circulation, la vitesse des véhicules, la longueur des véhicules).

25 L'inconvénient majeur des trois technologies précédentes, fondées sur une analyse ponctuelle d'une section de route, est que la détection d'incident n'est pas immédiate. En effet, un incident survenant à proximité d'un point d'analyse n'est pas détecté, et seules les conséquences ultérieures de cet incident au point de mesure sont détectées. Le délai de
30 détection peut être très long, de l'ordre de plusieurs minutes.

Comme nous l'avons dit précédemment, une deuxième technique d'analyse connue à ce jour consiste à réaliser une analyse globale d'une section de route ou d'autoroute, en surveillant cette section sur une zone de plusieurs centaines de mètres, et ce, de manière à détecter les incidents
35 quasi-instantanément. Une seule technologie, encore au stade de

développement, met en oeuvre cette technique en utilisant une caméra vidéo associée à un traitement d'images spécifique pour la D.A.I. Les inconvénients sont une portée de détection, donc une zone de surveillance, limitée à quelques centaines de mètres, et qui peut être fortement diminuée
5 en cas de mauvaises conditions météorologiques (pluie, neige, brouillard), ou de luminosité, c'est-à-dire lorsque les risques d'incident sont les plus importants.

L'idée de la présente invention consiste à associer les avantages apportés par une technique d'analyse globale (rapidité de détection
10 d'incident) aux avantages procurés par l'utilisation d'un radar (notamment, fonctionnement tout temps, nuit et jour, avec les mêmes performances).

Plus précisément, la présente invention a pour objet un procédé de surveillance du trafic de véhicules pouvant circuler sur au moins deux voies, du type consistant à émettre une onde hyperfréquence de forme
15 prédéterminée selon un diagramme de rayonnement prédéfini, à recevoir des signaux réfléchis par les véhicules pendant une durée d'acquisition T_A donnée, et à traiter les signaux reçus de manière à détecter les véhicules et à calculer, pour chaque distance, le nombre de véhicules i détectés ainsi que la vitesse instantanée $V_i(t)$ à un instant t donné de chaque véhicule, le
20 procédé étant caractérisé en ce que, le diagramme de rayonnement ayant un axe de visée sensiblement parallèle à la direction des voies, et les étapes d'acquisition et de traitement des signaux étant répétées sur des intervalles de temps (T) consécutifs, il comporte en outre une phase de détection automatique d'incident consistant à effectuer les étapes itératives
25 suivantes :

- Une première étape de calcul de paramètres consistant à :
 - rechercher, à chaque instant t , si un véhicule i détecté dans l'intervalle de temps courant, correspond à un véhicule j détecté à un instant $[t - 1]$ de l'intervalle de temps précédent ;
 - 30 - pour tous les véhicules i correspondant à un véhicule j , calculer, à l'instant t , leur accélération $\gamma_i(t)$ par application de la relation

$$\gamma_i(t) = \frac{|V_i(t)| - |V_j(t-1)|}{\Delta t}$$

dans laquelle Δt représente la durée entre les instants $[t - 1]$ et t , ainsi qu'une prédiction $V_i^P(t + 1)$ de leur vitesse à un temps $[t + 1]$ de l'intervalle de temps suivant, par application de la relation

$$5 \quad V_i^P(t + 1) = \gamma_i(t) \times \Delta t + V_i(t)$$

- pour les autres véhicules i , initialiser leur accélération $\gamma_i(t)$ à la valeur nulle ;

- éliminer du traitement tous les autres véhicules j ne correspondant à aucun véhicule i .

• Une deuxième étape de détection d'incident à partir des paramètres calculés lors de la première étape, par détection du passage de la vitesse d'un véhicule i en-deçà d'un premier seuil de vitesse V_{Seuil} prédéterminé.

L'invention sera mieux comprise au vu de la description ci-après, faite en référence aux figures annexées :

- Les figures 1a et 1b illustrent un exemple de diagramme de rayonnement, respectivement en élévation et en site, d'un système radar mettant en oeuvre le procédé selon l'invention ;

- La figure 2 illustre les étapes principales du procédé selon l'invention ;

- La figure 3 détaille l'étape 6 de calcul de paramètres de la figure 2 ;

- La figure 4 illustre des étapes possibles de calcul de paramètres supplémentaires selon l'invention ;

- La figure 5 illustre le traitement de détection automatique à partir des paramètres calculés à l'étape 6 de la figure 2 ;

- La figure 6 représente un synoptique d'un système radar possible pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

La solution proposée pour résoudre le problème de la détection automatique d'incident consiste à prévoir un système radar qui puisse utiliser l'effet Doppler de manière à pouvoir extraire la vitesse instantanée des véhicules détectés, et qui possède également une capacité de

discrimination en distance. Nous décrivons par la suite un exemple de système radar possible pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Le diagramme de rayonnement utilisé à l'émission et à la réception doit être tel que son axe de visée soit sensiblement parallèle aux
5 voies que l'on souhaite observer.

De manière préférentielle, le système radar est positionné à une hauteur h choisie selon la zone à observer, typiquement d'environ 10 mètres si l'on souhaite observer une zone sur plusieurs centaines de mètres, et ce, de manière à limiter les risques de masquage d'un véhicule par un autre.
10 Par ailleurs, le système radar est placé de préférence au milieu des voies de circulation, la circulation sur ces voies ne s'effectuant pas forcément dans le même sens. Moyennant un choix adéquat du rayonnement du système radar, ce dernier sera capable d'observer toutes les voies de circulation ainsi que les deux bandes d'arrêt d'urgence, dans les deux sens de
15 circulation, sur une longueur dépendant de la portée du radar. Le rayonnement peut être avantageusement en cosécante carrée symétrique en azimut et en cosécante carrée en élévation, de manière à ce que tous les signaux reçus par le radar soient sensiblement à la même puissance, et ce, quelle que soit la position du véhicule détecté dans la zone d'observation du
20 radar.

Les figures 1a et 1b illustrent, à titre d'exemple non limitatif, ce type de rayonnement respectivement en élévation (courbe A) et en azimut (courbe B), à partir d'un système radar 1 situé à une hauteur h par rapport à la route 2. L'antenne rayonnante est ici schématiquement représentée par la
25 référence 10. Sur la figure 2b, on note que la zone observée est une portion d'autoroute constituée de deux voies 20 de circulation opposée, séparées par un terre-plein central 21, et de deux bandes d'arrêt d'urgence 22.

Les étapes principales du procédé de surveillance selon l'invention sont représentées schématiquement sur la figure 2, pour une
30 case-distance donnée :

Suite à l'émission en 3 d'une onde hyperfréquence de forme prédéterminée et selon le diagramme de rayonnement décrit précédemment, on reçoit en 4 les signaux réfléchis par les véhicules présents dans la zone observée, pendant une durée d'acquisition T_A prédéterminée, de l'ordre de
35 quelques centaines de millisecondes. Le radar utilisé est de préférence un

radar à impulsions, de sorte que l'onde émise est constituée d'un train d'impulsions, de fréquence porteuse comprise entre 3 et 100 GHz. L'utilisation d'un tel radar permet d'obtenir directement une discrimination en distance sur les véhicules détectés. Il reste néanmoins possible d'utiliser un
5 radar à onde continue modulée linéairement en fréquence dont la chaîne de traitement comporte un traitement adapté par transformée de Fourier pour retrouver l'information distance.

L'étape suivante, référencée 5, est une étape classique de traitement de signal radar consistant à détecter, pour chaque distance ou
10 case-distance k , les véhicules i présents et à extraire le nombre de véhicules i détectés ainsi que leur vitesse instantanée $V_i(t)$. Dans le cas où le radar utilisé est un radar Doppler à impulsions, l'étape 5 peut être réalisée classiquement de la façon suivante, pour chaque case-distance k :

- On réalise un échantillonnage des signaux reçus sur la durée
15 d'acquisition sur un nombre N de valeurs des signaux dépendant de la précision vitesse que l'on souhaite.

- On réalise une transformée de Fourier rapide sur les N échantillons obtenus de manière à obtenir un spectre de raies.

- On recherche les maxima locaux supérieurs à un seuil
20 déterminé en fonction de la portée du radar, les raies correspondantes étant relatives aux véhicules détectés, et l'indice des raies donnant directement la fréquence Doppler, donc, la vitesse instantanée du véhicule.

Le traitement précédent peut être affiné en appliquant, avant de réaliser la transformée de Fourier rapide, une fenêtre de pondération sur les
25 échantillons de signaux obtenus, de manière à diminuer l'amplitude des lobes secondaires des raies d'analyse spectrale. La fenêtre de pondération est de préférence de type Hanning ou Hamming. En outre, si l'on souhaite être capable de déterminer le sens de circulation des véhicules détectés, la transformée de Fourier sur les N échantillons doit être complexe, c'est-à-dire
30 qu'elle doit utiliser des échantillons provenant des voies en phase et en quadrature du radar. Il est alors nécessaire d'ajouter une étape de calcul du module carré des signaux issus de la transformée de Fourier rapide avant de faire la recherche des maxima locaux.

Les étapes précédentes 3, 4 et 5 mettent en oeuvre des techniques bien connues des radaristes et ne nécessitent pas, pour la compréhension de l'invention, de description plus détaillée.

Le procédé selon l'invention effectue les trois étapes précédentes de manière itératives, sur des intervalles de temps T prédéterminés. A l'issue de chaque intervalle de temps T , on dispose, pour chaque case-distance k , du nombre de véhicules détectés et de la vitesse instantanée de ces véhicules.

Le traitement de détection automatique d'incident selon l'invention part du principe qu'un incident est défini comme un véhicule qui s'arrête. Pour détecter un incident à une distance k , le procédé selon l'invention propose de détecter le passage d'un véhicule en-dessous d'un seuil vitesse. Pour ce faire, il est nécessaire de surveiller les véhicules dans chaque case-distance sur plusieurs intervalles de temps T et de déterminer l'évolution de leur vitesse d'un intervalle de temps à l'autre. Sur la figure 2, on a considéré, à titre d'exemple, que l'étape 5 fournissait, sur l'intervalle de temps courant, un nombre N_1 de véhicules i situés à la distance k et possédant une vitesse instantanée $V_i(t)$. Par ailleurs, l'itération précédente, faite sur un intervalle de temps précédent, a permis de trouver un nombre N_2 de véhicules j situés également à la distance k , et possédant une vitesse instantanée $V_j(t)$.

A partir de ces données, le procédé selon l'invention effectue une première étape 6 de calcul de certains paramètres tels que l'accélération $\gamma_i(t)$ de chaque véhicule i et une prédiction $V_i^P(t+1)$ sur la vitesse qu'aura ce véhicule à un instant suivant. Cette première étape étant effectuée à chaque intervalle de temps, on dispose également, à l'instant t , des accélérations $\gamma_j(t-1)$ et des prédictions de vitesses $V_j^P(t)$ relatives aux véhicules j traités sur l'intervalle de temps précédent. A l'issue de la première étape 6 de calcul des paramètres, le procédé selon l'invention réalise une seconde étape 7 de détection d'incident.

La première étape 6 de la phase de détection d'incident selon l'invention va maintenant être décrite en référence à la figure 3, laquelle illustre les différents calculs et tests effectués lors de cette étape 6 : le principe de cette étape consiste à rechercher si certains véhicules i détectés

à l'instant t , font partie des véhicules j détectés à l'instant $t-1$, ce qui revient à faire une sorte de corrélation pour une même distance k entre certains des paramètres calculés à l'instant $t-1$, à savoir le nombre N_2 de véhicules j , leur vitesse instantanée $V_j(t-1)$, et la prédiction sur leur vitesse $V_j^P(t)$, et les

5 paramètres dont on dispose à l'instant t , à savoir le nombre N_1 de véhicules i , et leur vitesse instantanée $V_i(t)$.

Comme indiqué sur la figure 3 par un test 60, la recherche de correspondance entre un véhicule i et un véhicule j consiste à calculer, pour chaque véhicule i et pour chaque véhicule j , l'écart entre la prédiction

10 $V_j^P(t)$ sur la vitesse du véhicule j et la vitesse instantanée $V_i(t)$ du véhicule i , puis à comparer la valeur absolue dudit écart à une valeur seuil V_{MAX} prédéterminée. Trois cas sont possibles à l'issue de ce test 60 :

- Si la valeur absolue de l'écart est bien inférieure à la valeur seuil, on peut considérer que le véhicule i et le véhicule j correspondent à un

15 même véhicule. On calcule alors en 61, l'accélération $\gamma_i(t)$ de ce véhicule par application de la relation

$$\gamma_i(t) = \frac{|V_i(t)| - |V_j(t-1)|}{\Delta t}$$

20 dans laquelle Δt représente la durée entre les deux instants t et $t-1$.

Puis on calcule en 62 la prédiction sur la vitesse de ce véhicule à l'instant $t+1$ par l'application de la relation

$$V_j^P(t+1) = \gamma_i(t) \times \Delta t + V_i(t)$$

25

- Si un véhicule i détecté à l'instant t ne peut être associé à aucun véhicule j (test 60 négatif), il doit être considéré comme étant un nouveau véhicule ayant pénétré dans la case-distance k . Dans ce cas, on initialise en 63 la valeur de son accélération $\gamma_i(t)$ à la valeur nulle, et on fait

30 correspondre en 64 sa vitesse instantanée $V_i(t)$ à sa prédiction $V_i^P(t+1)$.

- Si un véhicule j détecté à l'instant $t-1$ ne peut être associé à aucun véhicule i (test 60 également négatif), il faut considérer que ce

véhicule est sorti de la case-distance k. On peut alors mettre en 65 tous les paramètres relatifs à ce véhicule j à la valeur nulle, pour ne plus en tenir compte dans la suite du traitement.

5 A l'issue de la première étape 6 de calcul de paramètres, on dispose donc, pour chaque véhicule i détecté, de sa vitesse instantanée, de son accélération, de la prédiction sur sa vitesse future, et, dans certains cas, de sa correspondance avec un véhicule j détecté pendant l'intervalle de temps précédent, avec les paramètres qui lui sont associés.

10 Comme nous l'avons dit précédemment, la détection d'un incident à une distance k consiste à détecter le passage de la vitesse d'un véhicule i en-deçà d'un premier seuil de vitesse V_{Seuil} prédéterminé. Pour ce faire, la seconde étape 7 de la phase de détection du procédé selon l'invention (voir figure 2) peut effectuer deux sortes de comparaisons possibles :

15 Dans un premier cas de figure, on considère qu'il y a incident provoqué par un véhicule i à la distance k lorsque les deux conditions suivantes sont réunies :

$$\begin{cases} V_i(t) < V_{seuil} \\ \gamma_i(t) < 0 \end{cases}$$

20 Une autre variante possible consiste à considérer qu'un incident est provoqué par un véhicule i à la distance k lorsque les deux conditions suivantes sont réunies :

$$\begin{cases} V_i(t) > V_{seuil} \\ V_i^P(t+1) < V_{seuil} \end{cases}$$

25 D'autres fonctionnalités peuvent être avantageusement ajoutées au procédé selon l'invention : Comme le montre la figure 4, il peut être notamment intéressant de prévoir une étape 8 de calcul de la vitesse moyenne des véhicules détectés sur plusieurs intervalles de temps, ou plus généralement sur une durée D prédéterminée, et ce, pour chaque case-distance k, ainsi qu'une étape 9 de calcul permettant d'extraire les vitesses maximales et minimales calculées sur cette durée D pour une case-distance k donnée. Sur la figure 4, on a supposé que la durée D correspondait à m
30 intervalles de temps successifs, un intervalle de temps j, pour j variant de 1

à m , permettant de détecter un nombre N_j de véhicules pour une distance k donnée, et de délivrer, à un instant t_j , la vitesse instantanée $V_{jk}(t_j)$ de chaque véhicule.

La figure 4 montre également une étape 8a de calcul de l'écart-type de la vitesse moyenne $V_{moy}(k)$ pour une case-distance k donnée.

L'information de vitesse moyenne par case-distance peut être avantageusement utilisée, selon le procédé de l'invention, pour effectuer un traitement de détection automatique de bouchon ou ralentissement.

Un tel traitement est représenté sous forme de synoptique simplifié sur la figure 5 :

Il consiste à analyser les vitesses moyennes fournies à l'étape 8 (figure 4) pour deux cases-distance successives k et $k + 1$ en les comparant en 11 à un second seuil de vitesse V_{mseuil} défini au préalable.

L'interprétation du résultat de la comparaison faite en 11 dépend du sens de circulation des véhicules :

Pour des véhicules s'éloignant par rapport au système radar, on détecte en 11a un début de ralentissement lorsque

$$V_{moy}(k) > V_{mseuil} \text{ et } V_{moy}(k + 1) < V_{mseuil}$$

et, en 11b une fin de ralentissement lorsque

$$V_{moy}(k) < V_{mseuil} \text{ et } V_{moy}(k + 1) > V_{mseuil}$$

Les conclusions précédentes doivent être inversées lorsqu'on s'intéresse à des véhicules se rapprochant du radar.

Le traitement de détection automatique de bouchon ou ralentissement peut être avantageusement utilisé pour inhiber la phase de détection d'incident. En effet, dans le cas d'un bouchon, le nombre d'incidents détectés en appliquant le procédé selon l'invention risque d'être important, et il peut être utile de réaliser un filtrage des incidents afin d'en limiter le volume.

Toujours dans le but de réduire le volume de traitement lors de la phase de détection automatique d'incident, on peut restreindre l'analyse aux

véhicules possédant une vitesse modérée, par exemple de 40 km/h, ces derniers ayant une plus grande probabilité de générer un incident.

Le procédé selon l'invention peut en outre être amélioré par un traitement statistique représenté schématiquement en 7' sur la figure 2 :

5 Tout d'abord, la notion d'incident potentiel peut être étendue, selon une variante du procédé selon l'invention, à tout véhicule circulant à une vitesse anormalement faible par rapport au trafic de voies de circulation.

Pour indiquer la présence d'un véhicule lent dans une case-
distance donnée, on cherche à détecter tout véhicule qui circule à une
10 vitesse inférieure à une vitesse seuil prédéfinie V_{inf} , et ce pendant une durée supérieure à une durée limite D_{lim} .

La phase de détection automatique d'incident appliquée à ce
véhicule particulier est alors complétée, selon l'invention, par une étape lors
de laquelle on vérifie, au bout de la durée limite D_{lim} , si le véhicule de
15 vitesse instantanée inférieure à V_{inf} est toujours détecté dans la case-vitesse considérée. Dans ce cas, on génère une alarme indiquant la présence d'un véhicule lent.

Par ailleurs, il peut être intéressant, à partir du procédé de
détection automatique d'incident objet de l'invention, d'extraire, pour une
20 case-distance k_{ref} prédéterminée de référence et par sens de circulation, certains paramètres représentatifs de l'état du trafic dans la zone surveillée, tels que le comptage précis de véhicules circulant, durant une période d'analyse T_{ref} particulière, dans la case-distance k_{ref} , la vitesse moyenne de ces véhicules, le taux d'occupation des chaussées par sens de
25 circulation, ou encore le taux de poids lourds. Nous détaillons ci-après les étapes du procédé selon l'invention permettant l'obtention des paramètres précédents, ces étapes étant schématisées en 7' sur la figure 2 :

En ce qui concerne le comptage des véhicules dans la case-
distance k_{ref} , sur la durée T_{ref} , la première étape du procédé selon
30 l'invention permet, comme nous l'avons vu précédemment, de détecter, à un instant t , l'apparition de nouveaux véhicules, c'est-à-dire ceux pour lesquels on a initialisé l'accélération à la valeur nulle (étape 63, figure 3), et de détecter la disparition de véhicules, c'est-à-dire ceux que l'on a éliminé du traitement (étape 65, figure 3).

Ainsi, à partir d'une pluralité de phases 6, 7 de détection automatique, on peut effectuer un comptage du nombre N_{ref} de véhicules étant passés dans la case-distance k_{ref} pendant la période d'analyse T_{ref} en utilisant les résultats obtenus lors de la première étape des phases.

- 5 Préférentiellement, chaque véhicule est comptabilisé à partir du moment où la première étape 6 de calcul de paramètre l'élimine du traitement.

On peut alors déduire la vitesse moyenne \bar{V} sur la case-distance k_{ref} par application de la relation :

10
$$\bar{V} = \left(\frac{1}{N_{k_{ref}}} \sum_{i=1}^{N_{k_{ref}}} \frac{1}{V_i} \right)^{-1}$$

dans laquelle V_i est la vitesse instantanée de chaque véhiculé comptabilisé.

- Le taux d'occupation pour la case-distance k_{ref} est défini par le taux de présence d'un véhicule dans la case-distance k_{ref} pendant la période d'analyse T_{ref} . Dans une variante du procédé selon l'invention, une étape supplémentaire de calcul permet de fournir ce taux d'occupation T_{occ} par application de la relation :
- 15

$$T_{occ} = \frac{N_i}{M \cdot Q}$$

- 20 dans laquelle :

- N_i est le nombre de détections par sens de circulation obtenu selon le procédé de l'invention pendant la période d'analyse T_{ref} ,

- M est le nombre de phases de détection automatique d'incident réalisées pendant T_{ref} ,

- 25
 - Q est le nombre de voies du sens de circulation.

Enfin, on peut déduire de l'étape de comptage de véhicule précédemment décrite le temps de présence T_p de chaque véhicule dans la case-distance T_{ref} , et par suite la longueur L de ces véhicules par

- 30 application de la relation :

$$L = V T_p$$

où V est la vitesse instantanée de ces véhicules. Cela peut permettre d'effectuer une classification des véhicules selon leur longueur en distinguant entre les véhicules poids lourds, qui ont une longueur supérieure à une longueur prédéfinie L_{seuil} , et véhicules légers.

5 L'extraction de ces paramètres peut être utilisée pour calculer notamment le taux de poids lourds dans la case-distance k_{ref} pendant la période d'analyse.

La figure 6 illustre un exemple de système radar pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention, sous forme de synoptique simplifié :

10 Le radar utilisé est ici un radar à impulsions de fréquence porteuse choisie entre 3 et 100 GHz. Plus la fréquence sera élevée, plus l'antenne 10, utilisée pour l'émission et la réception, sera compacte. Un générateur d'impulsions 11 met en forme les impulsions qui sont amplifiées par l'émetteur 12. Une synchronisation 13 permet un fonctionnement alterné
15 entre l'émetteur et le récepteur 14, lequel reçoit et amplifie les signaux reçus par l'antenne 10 via un circulateur 15. Les signaux analogiques issus du récepteur sont classiquement numérisés dans un module de codage 16, les échantillons étant traités dans un module de traitement de signal 17 de façon à détecter les véhicules, leurs vitesses et leurs distances par rapport
20 au radar. Un module de traitement de l'information 18 permet de mettre en oeuvre les phases de détection automatique d'incident et de ralentissement du procédé selon l'invention. Une interface 19 permet ensuite de transmettre les informations (ralentissement ou incident) vers un centre de gestion des informations.

25 A titre d'exemple non limitatif, un tel système radar peut avoir une résolution distance d'environ 10 mètres, compatible des dimensions des véhicules, un domaine de vitesse non ambiguë de ± 200 km/h, et une résolution vitesse d'environ 3 km/h.

30 Le système radar décrit précédemment peut être utilisé en tout endroit où l'on souhaite une connaissance rapide des incidents y survenant ou de l'état du trafic. Les informations fournies par le module 18 peuvent être exploitées automatiquement par des systèmes de gestion de trafic, notamment dans le but d'informer directement les usagers de la route, par l'intermédiaire de panneaux indicateurs à messages variables.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de surveillance du trafic de véhicules pouvant circuler
 5 sur au moins deux voies, du type consistant à émettre (3) une onde hyperfréquence de forme prédéterminée selon un diagramme de rayonnement prédéfini, à recevoir (4) des signaux réfléchis par les véhicules pendant une durée d'acquisition T_A donnée, et à traiter (5) les signaux reçus de manière à détecter les véhicules et à calculer, pour chaque distance, le
 10 nombre de véhicules i détectés ainsi que la vitesse instantanée $V_i(t)$ à un instant t donné de chaque véhicule, le procédé étant caractérisé en ce que, le diagramme de rayonnement ayant un axe de visée sensiblement parallèle à la direction des voies, et les étapes d'acquisition et de traitement des signaux étant réitérées sur des intervalles de temps (T) consécutifs, il
 15 comporte en outre une phase (6, 7) de détection automatique d'incident consistant à effectuer les étapes itératives suivantes :

- Une première étape (6) de calcul de paramètres consistant à :
 - rechercher, à chaque instant t , si un véhicule i détecté dans
 l'intervalle de temps courant, correspond à un véhicule j détecté à un instant
 20 $[t - 1]$ de l'intervalle de temps précédent ;
 - pour tous les véhicules i correspondant à un véhicule j , calculer (61), (62), à l'instant t , leur accélération $\gamma_i(t)$ par application de la relation

$$25 \quad \gamma_i(t) = \frac{|V_i(t)| - |V_j(t-1)|}{\Delta t}$$

dans laquelle Δt représente la durée entre les instants $[t - 1]$ et t , ainsi qu'une prédiction $V_i^P(t+1)$ de leur vitesse à un temps $[t + 1]$ de l'intervalle de temps suivant, par application de la relation

$$30 \quad V_i^P(t+1) = \gamma_i(t) \times \Delta t + V_i(t)$$

- pour les autres véhicules i , initialiser (63) leur accélération $\gamma_i(t)$ à la valeur nulle ;

- éliminer (65) du traitement tous les autres véhicules j ne correspondant à aucun véhicule i .

- 5 • Une deuxième étape (7) de détection d'incident à partir des paramètres calculés lors de la première étape, par détection du passage de la vitesse d'un véhicule i en-deçà d'un premier seuil de vitesse V_{Seuil} prédéterminé.

10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la recherche de correspondance entre un véhicule i et un véhicule j consiste à calculer (60), pour chaque véhicule i et pour chaque véhicule j , l'écart entre la prédiction $V_j^P(t)$ sur la vitesse du véhicule j et la vitesse instantanée $V_i(t)$ du véhicule i , puis à comparer la valeur absolue de l'écart à une valeur
15 seuil V_{max} prédéterminée au-delà de laquelle les véhicules i et j sont considérés comme distincts.

 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications
20 précédentes, caractérisé en ce que la deuxième étape (7) de détection d'incident consiste à comparer, pour chaque véhicule i , la vitesse $V_i(t)$ audit premier seuil de vitesse V_{Seuil} , et l'accélération $\gamma_i(t)$ à la valeur nulle, et à détecter un incident lorsque la vitesse $V_i(t)$ et l'accélération sont inférieures respectivement au premier seuil de vitesse V_{Seuil} et à la valeur nulle.

25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la deuxième étape (7) de détection d'incident consiste à comparer, pour chaque véhicule i , la vitesse $V_i(t)$ et la prédiction $V_i^P(t+1)$ sur la vitesse par rapport audit premier seuil de vitesse V_{Seuil} donné, et à détecter un incident lorsque la vitesse $V_i(t)$ et la prédiction
30 $V_i^P(t+1)$ sont respectivement supérieure et inférieure au premier seuil de vitesse V_{Seuil} .

 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape (8) de

calcul de la vitesse moyenne de tous les véhicules détectés, à une distance k donnée, pendant une durée D prédéterminée.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il
5 comporte en outre une étape (9) d'extraction des vitesses maximale et minimale calculées sur les véhicules détectés à une distance donnée pendant la durée D .

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 et 6,
10 caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape (8a) de calcul de l'écart-type de la vitesse sur la durée D .

8. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il
comporte en outre une étape (11, 11a, 11b) de détection de bouchon ou de
15 ralentissement consistant à :

- effectuer (11) une comparaison des vitesses moyennes $V_{moy}(k)$ et $V_{moy}(k+1)$ calculées pour deux distances $k, k+1$ successives, par rapport à un second seuil de vitesse V_{mseuil} .

- détecter un début de ralentissement (11a) ou une fin de
20 ralentissement (11b) à partir du résultat de la comparaison.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'étape
de détection de bouchon inhibe la phase de détection automatique
d'incident lorsqu'un ralentissement a été détecté.

25

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisé en ce que la phase de détection automatique
d'incident est appliquée à tout véhicule dont la vitesse instantanée est
inférieure à une vitesse seuil prédéfinie V_{inf} , et en ce qu'il comporte en
30 outre une étape lors de laquelle on vérifie si un véhicule est toujours détecté
au bout d'une durée supérieure à une durée limite D_{lim} .

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs phases (6, 7)
35 successives de détection automatique d'incidents, et en ce que la première

étape desdites phases est utilisée en outre pour réaliser un comptage des véhicules passant dans une case-distance k_{ref} de référence pendant une période d'analyse T_{ref} prédéfinie.

5 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul de la vitesse moyenne \bar{V} des véhicules sur la case-distance k_{ref} pendant la période d'analyse T_{ref} .

10 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 et 12, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul du taux d'occupation T_{occ} de la case-distance k_{ref} pendant la période d'analyse T_{ref} par application de la relation :

$$T_{occ} = \frac{N_i}{M \cdot Q}$$

15

dans laquelle :

- N_i est le nombre de détections par sens de circulation obtenu selon le procédé de l'invention pendant la période d'analyse T_{ref} ,
- M est le nombre de phases de détection automatique d'incident
20 réalisées pendant T_{ref} ,
- Q est le nombre de voies du sens de circulation.

14. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de calcul du temps de présence T_p d'un véhicule dans
25 la case-distance k_{ref} , et de sa longueur.

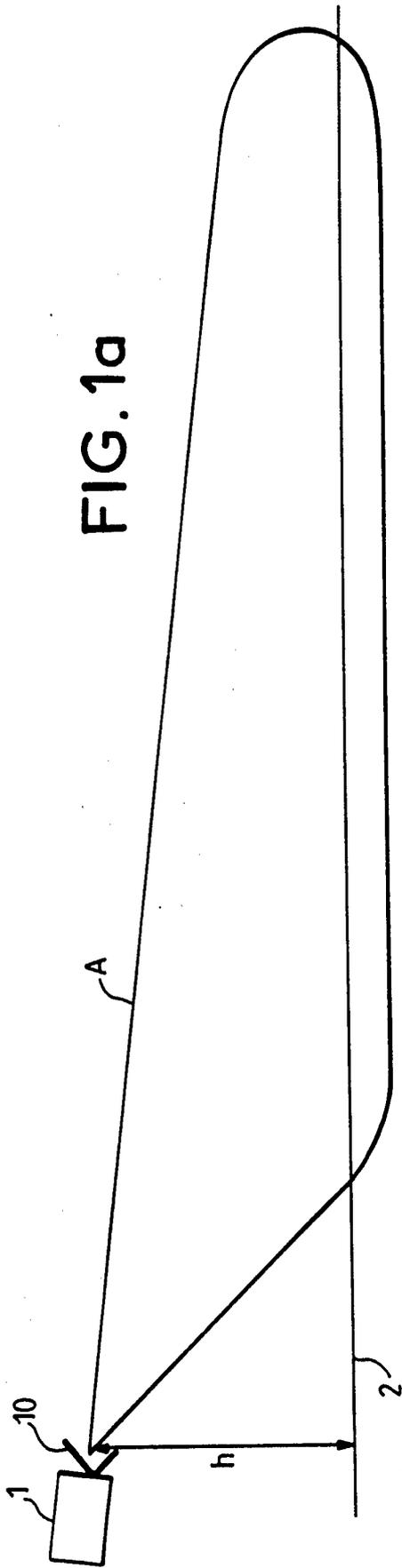


FIG. 1a

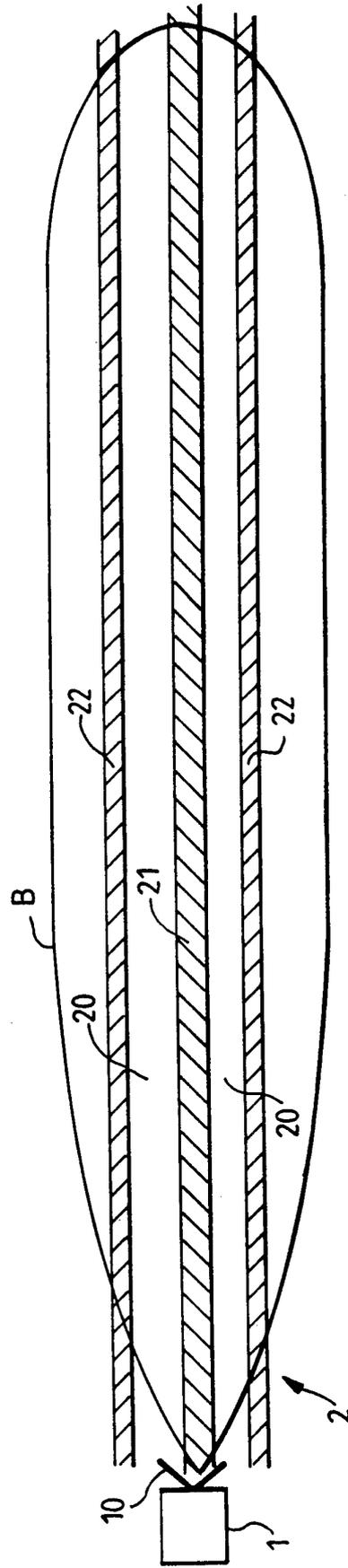
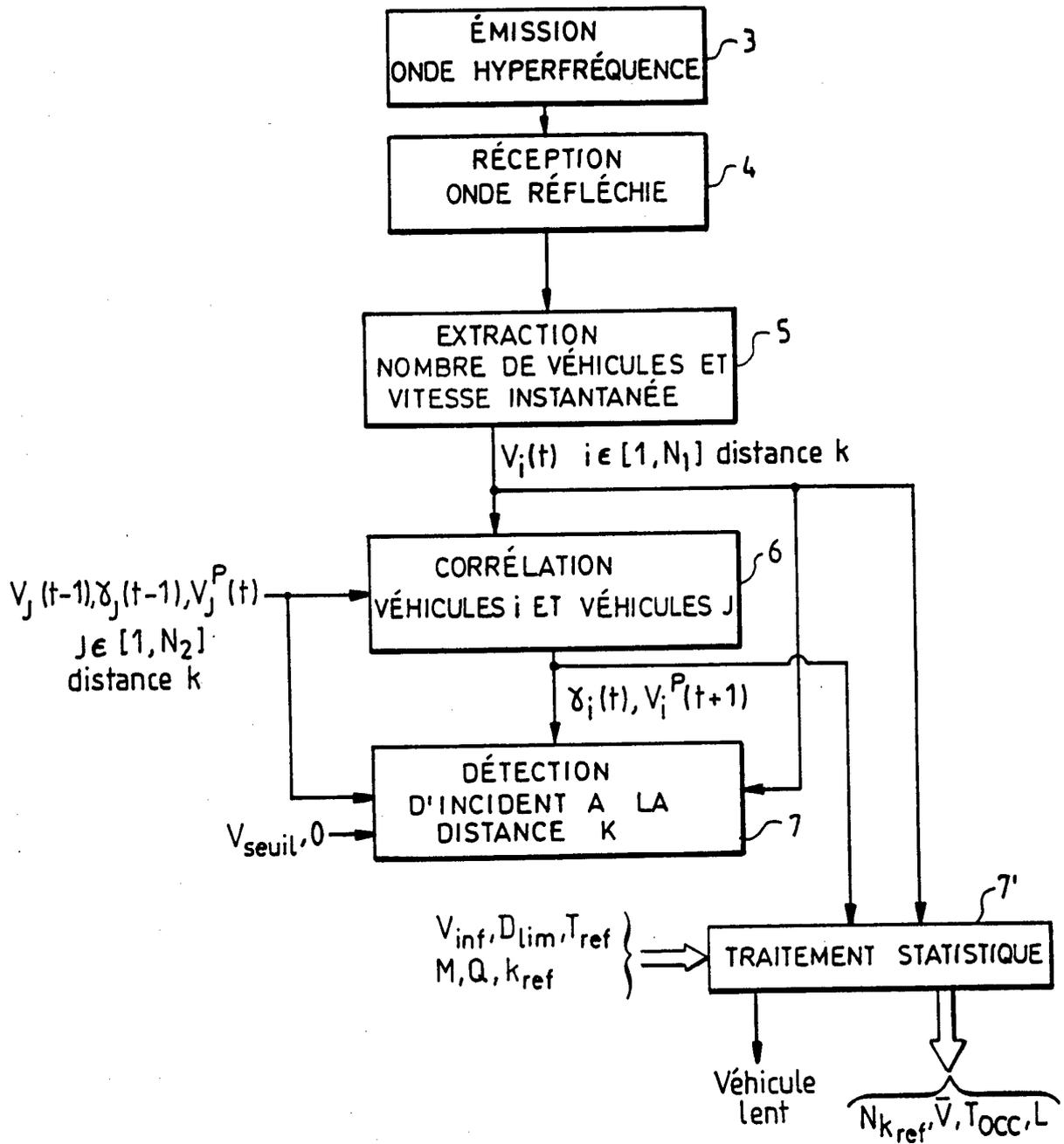


FIG. 1b



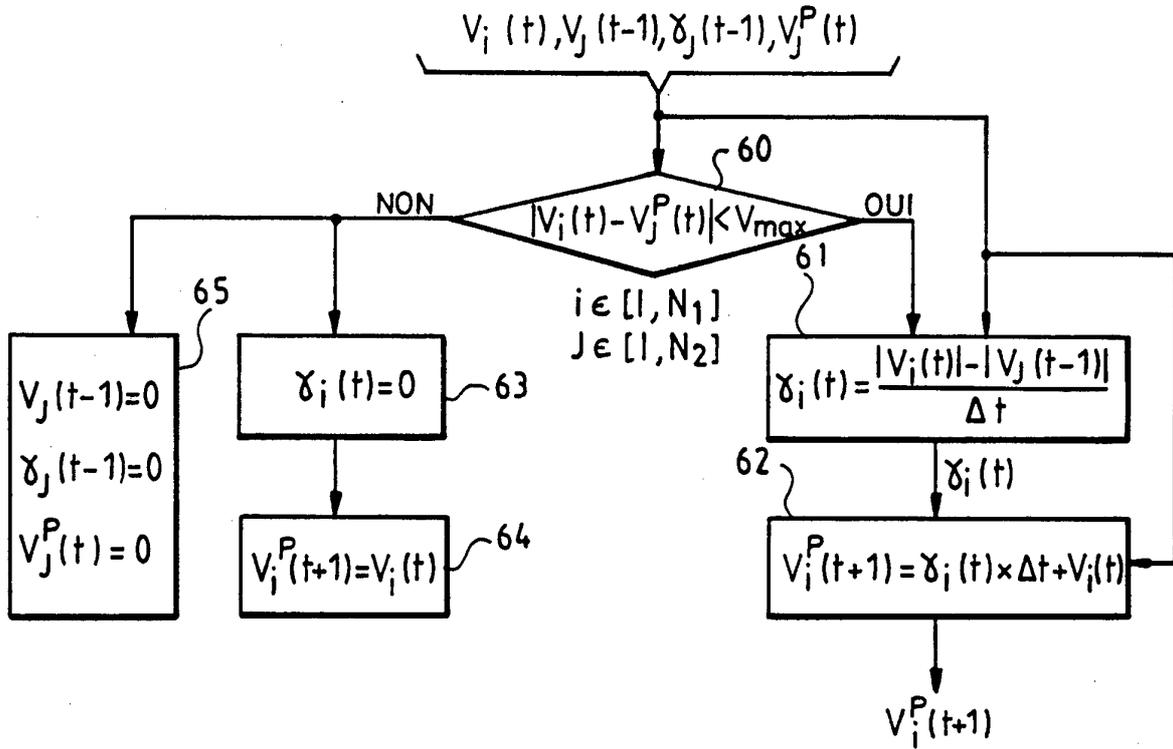


FIG.3

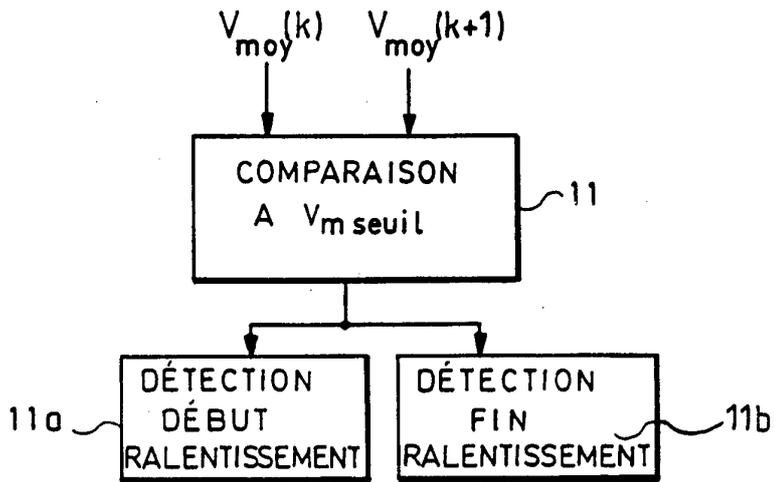


FIG.5

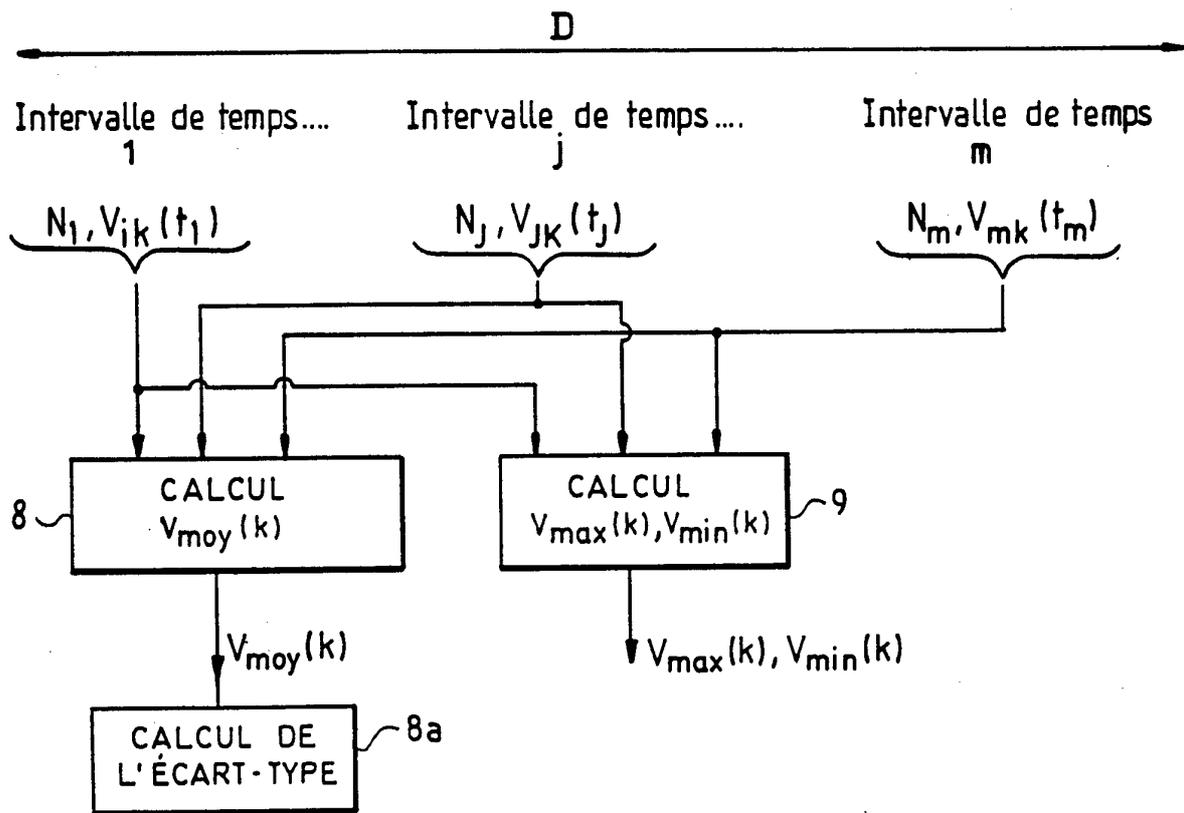


FIG.4

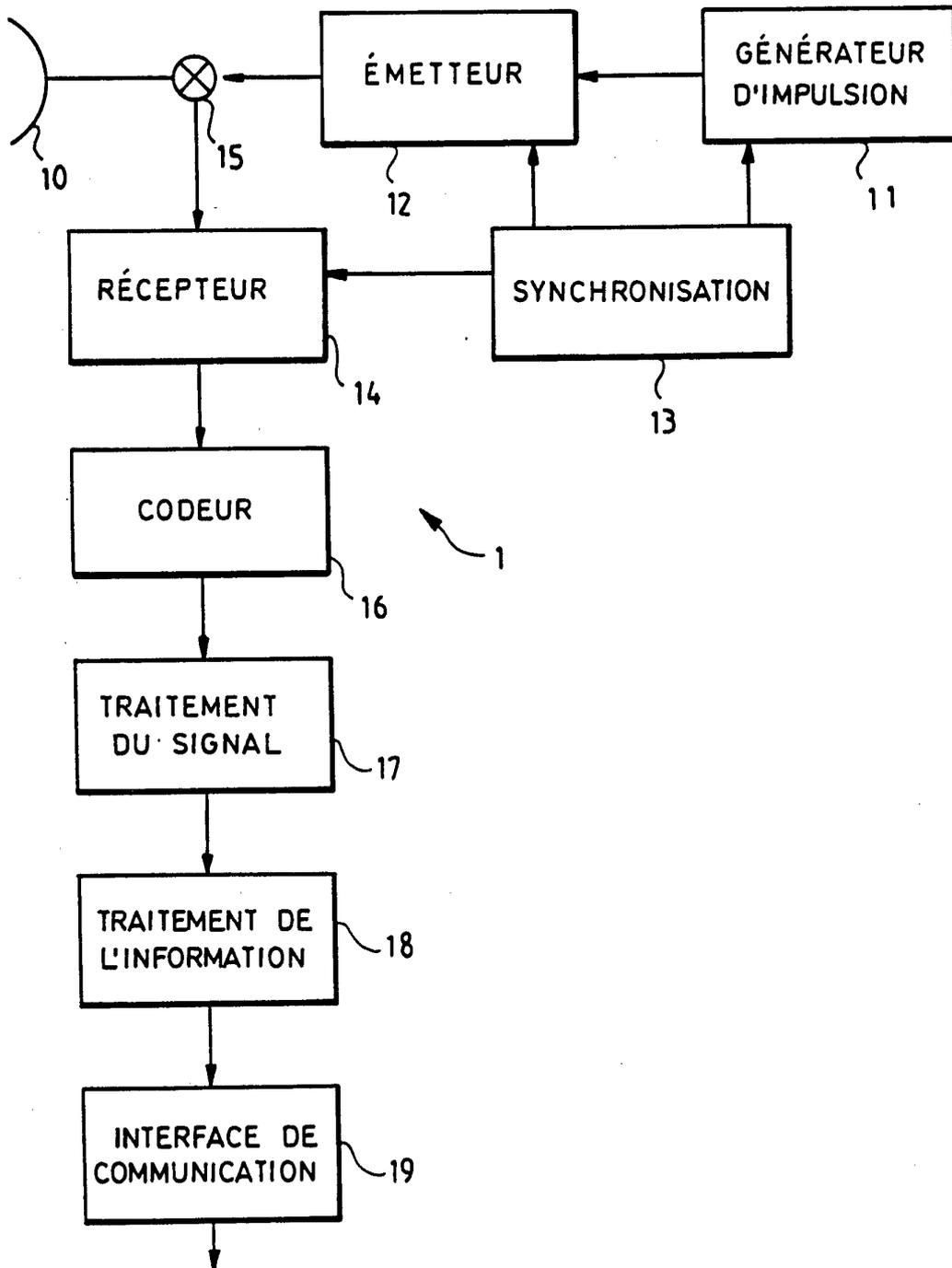


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 95/00464

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01S13/92

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	EP,A,0 188 694 (ZELLWEGER USTER AG) 30 July 1986 see abstract see page 5, line 1 - page 14, line 7; figures 1-5 ---	1
A	EP,A,0 335 009 (TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK GMBH) 4 October 1989 cited in the application see abstract see page 2, line 34 - page 8, line 55; figures 1-7 ---	1
A	EP,A,0 308 324 (S. F. I. M.) 22 March 1989 see abstract see page 2, column 2, line 49 - page 3, column 4, line 15; figures 1,5 see page 5, column 7, line 43 - line 62 --- -/--	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

30 June 1995

Date of mailing of the international search report

18.07.95

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

Blondel, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 95/00464

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 286 910 (ROBOT FOTO & ELECTRONIC GMBH & CO KG) 19 October 1988 see abstract; figure 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. onal Application No

PCT/FR 95/00464

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0188694	30-07-86	CH-A- 662660	15-10-87
		AU-B- 585275	15-06-89
		AU-A- 4943485	05-06-86
		US-A- 4717915	05-01-88

EP-A-0335009	04-10-89	DE-A- 3810357	05-10-89
		JP-A- 1285000	16-11-89
		US-A- 4985705	15-01-91

EP-A-0308324	22-03-89	FR-A- 2620535	17-03-89
		DE-D- 3883672	07-10-93
		DE-T- 3883672	21-04-94

EP-A-0286910	19-10-88	DE-A- 3712314	20-10-88
		DE-A- 3869174	23-04-92
		US-A- 4866438	12-09-89

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De. de Internationale No

PCT/FR 95/00464

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 G01S13/92

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	EP,A,0 188 694 (ZELLWEGER USTER AG) 30 Juillet 1986 voir abrégé voir page 5, ligne 1 - page 14, ligne 7; figures 1-5 ---	1
A	EP,A,0 335 009 (TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK GMBH) 4 Octobre 1989 cité dans la demande voir abrégé voir page 2, ligne 34 - page 8, ligne 55; figures 1-7 --- -/--	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

- | | |
|---|--|
| <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*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)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> | <p>*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</p> <p>*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</p> <p>*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</p> <p>*&* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> |
|---|--|

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
30 Juin 1995	1 8. 07. 95

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
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	Blondel, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De. le Internationale No
PCT/FR 95/00464

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP,A,0 308 324 (S. F. I. M.) 22 Mars 1989 voir abrégé voir page 2, colonne 2, ligne 49 - page 3, colonne 4, ligne 15; figures 1,5 voir page 5, colonne 7, ligne 43 - ligne 62	1
A	--- EP,A,0 286 910 (ROBOT FOTO & ELECTRONIC GMBH & CO KG) 19 Octobre 1988 voir abrégé; figure 1 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

De: Je Internationale No

PCT/FR 95/00464

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A-0188694	30-07-86	CH-A- 662660	15-10-87
		AU-B- 585275	15-06-89
		AU-A- 4943485	05-06-86
		US-A- 4717915	05-01-88

EP-A-0335009	04-10-89	DE-A- 3810357	05-10-89
		JP-A- 1285000	16-11-89
		US-A- 4985705	15-01-91

EP-A-0308324	22-03-89	FR-A- 2620535	17-03-89
		DE-D- 3883672	07-10-93
		DE-T- 3883672	21-04-94

EP-A-0286910	19-10-88	DE-A- 3712314	20-10-88
		DE-A- 3869174	23-04-92
		US-A- 4866438	12-09-89
