(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 645 310**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **89 04249**

(51) Int Cl[5] : G 08 G 1/04; G 01 S 17/88.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 31 mars 1989.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 40 du 5 octobre 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *Société dite : ELSYDEL, Société Anonyme.* — FR.

(72) Inventeur(s) : Thierry Deffontaines.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet André Bouju.

(54) Procédé d'identification d'objets en mouvement, notamment de véhicules, et systèmes pour sa mise en œuvre.

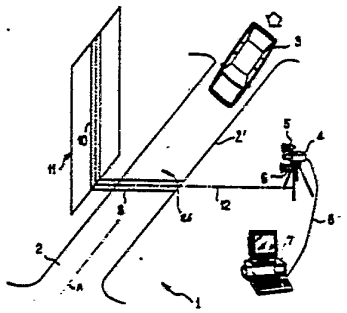
(57) Le procédé d'identification d'un objet en mouvement 3, notamment un véhicule, ledit objet 3 se déplaçant à l'intérieur d'une zone prédéterminée d'identification 2 suivant un axe de déplacement A prédéterminé, comprend :

— des acquisitions périodiques d'images dans un champ de vision prédéterminé 26, sensiblement vertical et de largeur très faible devant sa hauteur, ledit champ de vision 26 coupant la zone d'identification 2 selon un angle prédéterminé d'intersection et définissant un plan d'observation;

— un contrôle de la nature du fond d'image dans le champ de vision 26 pour obtenir des informations de référence de fond en l'absence d'un objet 3 dans le champ de vision 26;

— un traitement des images acquises en combinaison avec les informations de référence de fond, pour en extraire une silhouette d'un objet 3 ayant traversé le champ de vision 26.

Utilisation notamment pour les péages autoroutiers et pour toute application exigeant une identification de véhicules.



FR 2 645 310 - A1

La présente invention concerne un procédé d'identification d'objets en mouvement, notamment de véhicules.

Elle vise également des systèmes pour sa mise en oeuvre.

Les ouvrages routiers, tels que par exemple les ponts, les tunnels, les autoroutes, sont généralement équipés de postes de péage dans lesquels une taxe est collectée auprès des usagers du réseau.Cette taxe peut dépendre de paramètres dimensionnels du véhicule et plus généralement de caractéristiques physiques spécifiques du véhicules qui définissent son appartenance à une catégorie de tarification.

Une définition rigoureuse de catégories de véhicules est établie à l'usage des exploitants d'autoroute. Cette définition peut utiliser, à titre d'exemple, la hauteur du véhicule au-dessus de l'essieu avant, le nombre d'essieux et le type d'une remorque éventuelle.

Elle peut aussi dans certains cas prendre en compte la longueur du véhicule.

Lors du passage d'un véhicule à une gare de péage, la catégorie de celui-ci est actuellement tabulée par un employé affecté à cette tâche.

Cette situation pose le problème de la rigueur de la détermination, qui peut être sujette à une erreur humaine ou à une tabulation fausse à des fins de fraude.

Certains dispositifs ont été conçus pour contrôler partiellement la détermination de catégorie mais actuellement, seule la différenciation entre véhicule léger et poids lourds peut actuellement être faite. En particulier, les sous-catégories concernant les remorques ne sont pas détectables. De plus, ces dispositifs ne peuvent séparer les véhicules et ne sont donc utilisés qu'en sortie de voie de

péage, à titre de "détection automatique de catégorie postérieure" ou post DAC, à des fins de contrôle du personnel.

Le but de l'invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé d'identification d'un objet en mouvement, notamment un véhicule, ledit objet se déplaçant à l'intérieur d'une zone prédéterminée d'identification suivant un axe de déplacement prédéterminé, ce procédé procurant alors une détermination automatique de catégorie antérieure au paiement, désignée par pré DAC, afin d'automatiser complètement le calcul de la facturation de la taxe de péage en fonction de la catégorie détectée.

Suivant l'invention, le procédé d'identification comprend :

- des acquisitions périodiques d'images dans un champ de vision prédéterminé, rectiligne, sensiblement vertical et de largeur très faible devant sa hauteur, ledit champ de vision coupant la zone d'identification selon un angle prédéterminé d'intersection et définissant un plan d'observation,

- un contrôle de la nature du fond d'image dans le champ de vision, pour obtenir des informations de référence de fond en l'absence d'un objet dans le champ de vision, et

- un traitement des images acquises en combinaison avec les informations de référence de fond, pour en extraire une silhouette d'un objet ayant traversé le champ de vision.

Ainsi, à partir de la silhouette extraite, toutes les informations nécessaires à la détermination de catégorie d'un véhicule sont disponibles. Les acquisitions périodiques et le traitement des images sont effectuées alors que l'objet est encore en mouvement, ce qui permet de réaliser une identification du véhicule avant son arrêt pour l'acquittement d'une taxe de péage.

Selon une version préférée de l'invention,

l'étape de traitement des images acquises comprend une étape de détermination de caractéristiques géométriques spécifiques de l'objet à identifier à partir de sa silhouette extraite, suivie d'une étape d'association dudit objet à une catégorie définie par une combinaison prédéterminée de caractéristiques géométriques spécifiques.

Ainsi, le problème de la détermination automatique de catégorie est résolu et, de plus, cette détermination peut s'effectuer quelle que soit la vitesse du véhicule, seule la silhouette de celui-ci étant prise en compte.

Dans une autre version préférée de l'invention, le procédé comprend en outre une succession d'étapes de détection de présence de l'objet dans des plans de détection fixes dans la zone d'identification, sensiblement perpendiculaires à l'axe de déplacement, situés de part et d'autre du champ de vision à des distances respectives prédéterminées dudit champ de vision, pour fournir des informations spatio-temporelles unidimensionnelles sur le déplacement de l'objet dans la zone d'identification, et l'étape de détermination de la longueur de l'objet suivant l'axe de déplacement, à partir de la silhouette extraite et des informations spatio-temporelles obtenues lors des étapes de détection.

On dispose ainsi d'un procédé permettant d'assurer l'optimisation du remplissage d'enceintes, de files d'attente ou d'unités de transport. En effet, la longueur d'un véhicule représente un paramètre essentiel pour déterminer l'emplacement optimum de ce véhicule.

Suivant un autre aspect de l'invention, le système d'identification d'un objet en mouvement, notamment un véhicule, mettant en oeuvre le procédé selon l'invention, ledit objet se déplaçant à l'intérieur d'une zone d'identification prédéterminée suivant un axe de déplacement prédéterminé, comprend :

- des moyens pour acquérir périodiquement des

images dans un champ de vision prédéterminé rectiligne, sensiblement vertical et de largeur très faible devant se hauteur, ledit champ de vision coupant la zone d'identification selon un angle prédéterminé d'intersection et définissant un plan d'observation,

- des moyens pour contrôler la nature du fond d'image dans le champ de vision, en vue d'obtenir des informations de référence de fond, et

- des moyens pour traiter les images acquises en combinaison avec les informations de référence de fond, pour en extraire une silhouette d'un objet ayant traversé le plan d'observation.

Dans une forme de réalisation avantageuse de l'invention, le système d'identification comprend en outre des moyens pour détecter la présence de l'objet à identifier dans de" plans fixes au sein de la zone d'identification, sensiblement perpendiculaires à l'axe de déplacement et situés à des distances respectives prédéterminées dudit plan d'observation, et pour fournir des informations spatio-temporelles unidimensionnelles sur le déplacement de l'objet dans la zone d'identification, et les moyens de traitement sont agencés pour déterminer aussi une estimation de la longueur de l'objet suivant l'axe de déplacement, à partir de la silhouette extraite et des informations spatio-temporelles issues des moyens de détection.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après. Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs :

- la figure 1 est une vue descriptive d'une première version du système d'identification selon l'invention, dans laquelle les moyens d'éclairage sont situés à proximité immédiate de la caméra,

- la figure 2 est une vue descriptive d'une seconde version du système d'identification selon

l'invention, dans laquelle une fenêtre éclairante verticale est prévue ;

- la figure 3 est un schéma synoptique d'un système d'identification selon l'invention ;

- la figure 4 est un schéma synoptique d'un système d'identification et de détermination de longueur selon l'invention ;

- la figure 5 est un organigramme de la partie de capture d'image du procédé d'identification selon l'invention ;

- la figure 6 est un organigramme d'une version particulière du procédé d'identification appliquée à la détermination de catégorie d'un véhicule ;

- la figure 7 représente des relevés expérimentaux d'images du profil d'un véhicule obtenues avec un système d'identification selon l'invention ;

- la figure 8 illustre de façon schématique les différentes déformations d'un profil de véhicule rencontrées dans le procédé d'identification selon l'invention ;

- la figure 9 est une vue descriptive d'un système d'identification et de détermination de longueur selon l'invention ;

- la figure 10 est un organigramme d'un module logiciel de détermination de longueur du procédé selon l'invention ;

- la figure 11A représente un profil théorique de véhicule obtenu avec un système d'identification et de détermination de longueur selon l'invention avec, en superposition, la localisation des détecteurs ;

- la figure 11B représente un troisième profil et un réseau superposé.

On va maintenant décrire un système de détermination de catégorie de véhicule mettant en oeuvre le procédé selon l'invention, en référence aux figures 1 à 4.

Ce système équipe une voie de déplacement 2' au

sein d'une zone d'identification 2, par exemple une voie d'arrivée à un poste de péage. Le système de détermination de catégorie comprend une caméra linéaire 4 présentant un champ de vision sensiblement vertical 26, de largeur très faible devant sa hauteur, en pratique perpendiculaire à la voie 2', et des moyens de traitement numérique 7, tels qu'un micro-ordinateur ou tout autre calculateur, reliés à la caméra 4 par une liaison 8.

Dans une première version du système, le système 1, représenté à la figure 1, comprend des moyens d'éclairage 5, 6 situés au voisinage immédiat de la caméra 4 et la voie de déplacement 2' est munie d'une bande 9, en matière réfléchissant la lumière, placée dans l'axe 12 du champ de vision de la caméra 4. Cette bande se prolonge en 10 de préférence sur un plan de fond 11 vertical placé face à la caméra 4 de l'autre côté de la voie 2' d'axe de déplacement A.

Dans une autre version, le système 20, représenté à la figure 2, comporte un éclairage placé sur le plan de fond 11, constitué à titre d'exemple de deux tubes néons verticaux 21, 23 placés à proximité immédiate de la bande réfléchissante 10 et alimentés à partir du réseau électrique 25 via une liaison 24. Un éclairage d'appoint 28, placé à proximité de la voie 2' est cependant nécessaire pour éclairer la bande 9 de l'intersection du champ de vision de la caméra 4 et de la voie de déplacement 2'.

La caméra linéaire 4 est de préférence équipée de capteurs de type CCD ou à diodes. Elle délivre une image étroite dans le champ de vision précité. Elle est pilotée par une horloge à cadence fixe et c'est le déplacement d'un véhicule qui permet de reconstituer l'image, comme cela sera décrit en détail par la suite.

La caméra linéaire 4 est placée à une hauteur prédéterminée du sol, à titre d'exemple 1,30m, ou à une hauteur prédéterminée au-dessus des essieux avant de référence

actuellement utilisés pour distinguer les catégories de véhicule. Elle est équipée d'un objectif dont la focale est choisie pour couvrir le champ de vision requis avec le recul disponible. Il est à noter que le choix d'une caméra linéaire équipée d'une barrette de capteurs CCD plus grande donnera un champ de vision plus grand.

L'éclairage est essentiellement concentré sur le sol de la voie 2' dans le champ de la caméra 4 au voisinage de la zone de contact des roues du véhicule 3 avec le sol. Une bordure éclairante, non représentée, peut être envisagée. De même, un éclairage complet du champ de vision peut être effectué. Dans tous les cas, l'éclairage peut être soit continu, soit alternatif, synchronisé ou non sur l'horloge de prise de vue de la caméra 4.

Les bandes réfléchissantes 9, 10 peuvent être réalisées avec de la peinture claire, de préférence blanche, ou avec un matériau rétroréfléchissant.

L'ensemble des dispositifs d'éclairage et de réflexion lumineuse assure un contrôle de la nature du fond du champ de vision, contrôle qui est essentiel pour pouvoir extraire une silhouette précise d'un véhicule en mouvement, comme cela sera explicité dans la suite.

La bande réfléchissante verticale 10, peut être remplacée par une bande lumineuse constituée par exemple, d'un réseau de diodes électroluminescentes ou un panneau éclairant à fibres optiques.

L'acquisition et le traitement des images issues de la caméra 4 est assurée par une unité centrale 30, en référence à la figure 3. Cette unité centrale commande la caméra linéaire 4 par un signal d'horloge d'échantillonnage 35 et reçoit en retour de la caméra, des images linéaires numérisées, à plusieurs niveaux de gris ou binarisées. Ces images sont traitées dans l'unité centrale et conduisent à la réalisation d'une silhouette qui est visualisée sur un écran de contrôle 37 et est stockée soit dans la mémoire

centrale 30c de l'unité centrale 30, soit dans une unité de stockage externe 39, telle qu'un disque de stockage magnétique, une cassette, ou tout autre support d'informations, reliée à l'unité centrale 30 par une liaison numérique 38. L'unité centrale 30 peut aussi échanger des informations, résultats d'analyse ou commandes, avec un système hôte via une liaison numérique 30a. Lorsqu'un éclairage d'appoint 32 est prévu pour fonctionner en mode alternatif synchronisé, une source de puissance 31 associée à cet éclairage 30 peut recevoir un signal de synchronisation 34 issu de l'unité centrale 30. D'autres capteurs ou détecteurs,tels que des boucles d'induction magnétiques, des détecteurs à faisceaux optiques ou une autre caméra, matricielle ou linaire, peuvent être associés au système d'identification, et être reliés à l'unité centrale 30 via des lignes d'interface 30b.

La figure 4 illustre précisément une version du système d'identification selon l'invention, dans laquelle un réseau 45 de dispositifs à faisceaux optiques constitués chacun d'un détecteur émetteur récepteur 42, 42.1, ..., 42.N et d'un réflecteur 43, 43.1, ..., 43.N placés de part et d'autre de la voie de déplacement 2', en référence à la figure 9 qui représente un système 90 de détermination de longueur selon l'invention. Les informations délivrées par la batterie de détecteurs 42, lors du passage d'un véhicule 3 dans la zone d'identification 2 sont transmises au micro-ordinateur ou calculateur 7 par une liaison 42a et transitent par un circuit d'interface 40 relié à l'unité centrale 30 par une liaison numérique 41, en référence à la figure 4, l'interface 40, l'unité centrale 40 et l'unité de stockage 39 sont de préférence disposés au sein du calculateur 7.

On va maintenant décrire le fonctionnement des différentes versions du système d'identification selon l'invention en même temps que le procédé selon l'invention,

en référence tout d'abord à la figure 5.

Initialement, en l'absence 50 d'objet ou de véhicule dans le champ de vision de la caméra linéaire 4, une image linéaire du fond 10 est acquise et numérisée 51. On désignera, pour plus de clarté, par le terme de lignes, les images linéaires acquises par la caméra.

La ligne de fond constitue dans le procédé la ligne de référence, qui dépend de la luminosité ambiante et de l'état des surfaces dans le champ de vision.

Au bout d'un laps de temps égal à la période de prise de vue, une capture 52 d'une nouvelle ligne courante est effectuée. La différence 51 entre cette ligne courante et la ligne de référence préalablement acquise est réalisée afin de détecter l'apparition dans le champ de vision de la caméra linéaire d'un objet. Cette différence est préalablement comparée en 55 à un seuil afin d'éliminer des variations de ligne image faibles et inférieures à un seuil de tolérance prédéterminé. Après cette étape de prise en compte du seuil ou seuillage, un test 57 de nullité de la ligne résultante est effectué. Si celle-ci est nulle, cela signifie qu'aucun objet ne se trouve dans le champ de vision, en particulier, cela traduit une absence de véhicule : une étape 56 d'intégration de la ligne courante dans la ligne de référence permet d'actualiser la ligne de référence et est suivie d'un retour à une étape 52 de capture d'une nouvelle ligne courante.

Si, à l'issue du test 57, il est constaté que la ligne résultante n'est pas nulle, un stockage 58 de l'information utile de la ligne après l'opération de seuil précitée est effectuée, et est suivi d'une étape 59 de capture par la caméra 4 d'une nouvelle ligne courante, d'une étape 60 de différence avec la ligne de référence, d'une étape 61 de seuillage, et d'une étape de test 62 de nullité de ligne de résultante. Si la ligne résultante n'est pas nulle, cela signifie que le véhicule ou l'objet est

toujours présent et les étapes précitées 58 à 62, sont réitérées. Si par contre la ligne résultante s'annule, cela signifie que le véhicule a quitté le champ de vision de la caméra linéaire, et une étape 63 de traitement de la silhouette acquise, constituée de la juxtaposition des lignes résultantes stockées, est effectuée. A l'issue de ce traitement, une intégration 54 de la ligne courante dans la ligne de référence est réalisée avant de retourner à l'étape 52 précitée de capture d'une nouvelle ligne courante.

L'organigramme 200, représenté en figure 6, illustre une application pratique du procédé selon l'invention, à la détermination automatique de catégorie, ou encore DAC. Après une phase d'initialisation 160 du système d'identification, une acquisition de silhouette 161 est réalisée, telle que décrite auparavant en référence à l'organigramme de la figure 5.

Cette acquisition de silhouette est effectuée par juxtaposition de lignes images acquises périodiquement, de préférence à une fréquence de l'ordre de 100 Hz, ce qui permet en pratique "d'échantillonner" un véhicule tous les 10 cm lorsque sa vitesse est de 36 km/heure.

A partir de la silhouette acquise, une étape 162 de recherche d'attelage est entreprise. Il s'agit de comparer, pour chaque ligne résultante acquise, les limites inférieure et supérieure de silhouette, dans le but de repérer des lignes pour lesquelles ces limites présentent un écart inférieur à une valeur prédéterminée.

On effectue ensuite une recherche 163 de minima relatifs dans la silhouette acquise qui se sont présentés avant l'attelage sur le bas de la silhouette. Cette recherche permet d'aboutir à une détermination 164 des essieux du véhicule. On effectue alors un test 165 pour déterminer si la hauteur au-dessus de l'essieu avant du véhicule est ou non supérieure à une hauteur prédéterminée, par exemple 1,30 m. Si c'est le cas, un test 167 portant sur

le nombre d'essieux est entrepris. Dans l'hypothèse contraire, un test 166 pour déterminer, à partir de la silhouette acquise, si le véhicule en question est une motocyclette, est effectué. Si c'est effectivement le cas, le véhicule identifié est classé en 168, dans la classe ou catégorie n0 5. Dans le cas contraire, un test 171 portant sur l'absence d'attelage ou de remorque bagagère est effectué à l'issue duquel, le véhicule est classé, en 172, soit dans la catégorie n° 1 (absence), soit en 173, dans la catégorie n° 2 (présence d'attelage ou de remorque).

Le test 167 portant sur le nombre d'essieux du véhicule est suivi, soit d'un classement 169 du véhicule dans la clase ou catégorie n° 3 (deux essieux), soit d'un classement 170 du véhicule identifié dans la classe ou catégorie n° 4 (plus de deux essieux).

A l'issue des étapes de classement, une nouvelle étape 161 d'acquisition de silhouette est entreprise.

Des exemples expérimentaux de capture et de traitement de lignes images sont représentés en figure 7. Les quatre diagrammes 71 à 74 présentent en abscisse, une valeur en niveau de gris pour chaque pixel obtenu par la caméra linéaire, de valeur limite 1024, et en ordonnée, la coordonnée spatiale verticale de chaque pixel de la caméra, le nombre total de pixels étant dans cet exemple égal à 1024. Une luminosité élevée au niveau d'un pixel se traduit par une valeur élevée d'abscisse. A l'opposé, l'absence de réflexion se traduit par une abscisse proche de zéro.

La courbe 71 représente la ligne de fond capturée en l'absence de véhicule dans le champ de vision de la caméra, qui sera utilisée comme ligne de référence. Lors du passage d'un véhicule 70, la ligne capturée 72 subit une modification notable. On observe un décrochement brutal du niveau de gris à l'ordonnée SUP correspondant à la limite supérieure du véhicule dans le champ de vision au moment de l'acquisition de la ligne 72. On observe aussi une

dépression de la courbe 72 au niveau INF, qui correspond sensiblement au bas des roues du véhicule. La ligne résultante 73 obtenue à partir de la valeur absolue de la différence entre les deux lignes précédentes 71, 72 traduit bien le contour de la tranche d'image acquise. Le minimum intermédiaire correspond probablement à une partie du profil du véhicule située immédiatement au-dessus des roues et non obturée.

Après une opération de seuillage prenant en compte un paramètre SEUIL prédéterminé, on aboutit à une ligne "seuillée" 74 à fronts rectangulaires. Les valeurs utiles pour la constitution de la silhouette sont bien sûr les valeurs SUP et INF qui sont stockées pour un traitement ultérieur de la silhouette du véhicule 70.

Bien entendu, le procédé d'identification selon l'invention appliqué à la détermination automatique de catégorie ne fournit pas une image rigoureusement proportionnée du véhicule identifié. En effet, l'information de longueur n'étant pas relevée dans cette version de l'invention, la forme de la silhouette acquise dépend de la vitesse de passage du véhicule dans le champ de vision de la caméra linéaire.

Ainsi, un véhicule dont la silhouette de profil réelle est représentée en 80, en référence à la figure 8, sera visualisé sur l'écran de contrôle des moyens de traitement du système, par une juxtaposition 81 d'images linéaires qui pourra présenter les déformations de silhouette suivantes :

compactée 82, en cas de passage rapide du véhicule,

dilatée 83, en cas de passage lent,

déformée longitudinalement 84, en cas de passage à vitesse variable.

Cependant, ces informations de silhouette n'ont aucune incidence sur le processus de détermination automatique de catégorie dans la mesure où cette

détermination prend en compte uniquement des caractéristiques de forme et de hauteur, et non la longueur effective du véhicule.

On va maintenant décrire le fonctionnement du système de détermination de longueur mettant en oeuvre le procédé conforme à l'invention, en référence aux figures 9 et 10.

Le réseau de capteurs 42, 43, placés dans une suite de plans verticaux perpendiculaires à l'axe de déplacement, est chargé de fournir des informations spatio-temporelles sur le déplacement d'un véhicule, ou plus généralement d'un objet suivant l'axe de déplacement A de la voie 2'. La combinaison de ces informations avec la silhouette acquise par la caméra linéaire 4 permet d'obtenir une image proportionnelle du profil du véhicule et en particulier sa longueur. Des paires détecteur/réflecteur 42, 43 sont placées de préférence de chaque côté du champ de vision de la caméra 4, à une hauteur sensiblement constante et sur une longueur de voie supérieure ou égale à la longueur maximale des véhicules que l'on prévoit de mesurer. L'espacement entre capteurs peut être soit constant, soit variable. Mais dans tous les cas, une connaissance précise des distances entre paires quelconques de capteurs est requise pour la mise en oeuvre du procédé de détermination de longueur.

Suit une liste des paramètres et variables enregistrées par le calculateur 7 au cours d'une mesure :

AVD : indice du dernier capteur du réseau 42, 43 ayant détecté la présence du véhicule 3 avant le début de la détection du véhicule 3 dans le plan d'observation de la caméra linéaire 4,

TAVD : instant du début de la détection du véhicule 3 par le capteur d'indice précédemment cité,

TD : instant du début de la présence du véhicule 3 dans le plan d'observation,

APD :indice du premier capteur du réseau 42, 43 détectant la présence du véhicule après le début de la présence du véhicule dans le plan d'observation (APD = AVD + 1),

TAPD : instant du début de la détection du véhicule par le capteur d'indice précédemment cité,

AVF : indice du dernier capteur du réseau ayant détecté la présence du véhicule avant la fin de la détection de présencedu véhicule dans le plan d'observation,

TAVF :instant du début de la détection du véhicule par le capteur d'indice précédemment cité,

APF : indice du premier capteur du réseau détectant la présence du véhicule après la fin de la présence du véhicule dans le plan (APF = AVF + 1)

TAPF : instant du début de la détection du véhicule par le capteur d'indice précédemment cité.

Soit C_i, le capteur d'indice i, constitué d'une paire détecteur/réflecteur $42._i$, $43._i$, en référence à la figure 9.

Soit d (C_i, C_j) la valeur de la distance séparant les capteurs d'indices i et j du réseau.

Le procédé de détermination de longueur selon l'invention comprend d'une part un traitement de paramètres et variables précités transmis par le réseau de capteurs au calculateur 7, et d'autre part, le traitement des images acquises par la caméra linéaire. Ces deux traitements sont simultanés, en référence à l'organigramme de la figure 10.

Après des étapes d'initialisation 100, 120 des différents dispositifs de détection et d'acquisition, une initialisation 101 d'indice de capteur (i = 0) est effectuée, puis le système se place en attente 102 de détection de passage d'un véhicule par le capteur C_i.

Lorsqu'un véhicule est détecté par le capteur C_i à un instant T_i (étape 103), on affecte aux variables précitées TAVD, TAPO, AVD et APD les valeurs respectives T_{i-1}, T_i, $_{i-1}$ et $_i$. Une étape 104 d'incrémentation de l'indice

i et de décrémentation de l'indice de la variable T_i est alors effectuée. Suit un test 105 pour déterminer si le véhicule 3 est apparu dans le plan d'observation 12 de la caméra 4. Si le véhicule n'est pas encore apparu dans le plan d'observation, la suite des étapes précitées 102 à 105 est réitérée. S'il est effectivement apparu, le système d'identification et de mesure 90 se place en attente 106 de détection par un capteur C_i. Après une détection 107 du véhicule par le capteur C_i à un instant T_i, on affecte aux variables TAVF, TAPD, AVF et APD les valeurs respectives, T_{i-1}, T_i, $i-1$ et i. Puis une étape 102 d'incrémentation d'indice i et de décrémentation d'indice de la variable T_i est effectuée et suivie d'un second test 109 pour déterminer si le véhicule 3 est apparu dans le plan d'observation. S'il n'est pas apparu,il y a itération des étapes 106 à 109.Dans le cas contraire (apparition du véhicule dans le plan d'observation), une étape 110 de calcul de longueur du véhicule est effectuée.

Parallèlement à ce processus, une étape 121 d'attente de présence du véhicule dans le plan d'observation est effectuée et suivie d'une étape 122 de mémorisation de l'instant T_D de début de présence du véhicule, d'une étape 123 d'attente de l'absence de véhicule dans le plan d'observation et enfin d'une étape 124 de l'instant T_F de fin de présence.

A titre d'exemple, si le réseau 42, 43 de capteurs est à espacement constant de valeur E, une expression de la longueur L estimée du véhicule est

$$(1)\quad L = E.\left(|AVF - APD| + \frac{TAPD - TD}{TAPD - TAVF} + \frac{TF - TAVF}{TAPF - TAVF} \right)$$

Il est en outre possible de négliger les termes faisant intervenir le temps pour avoir une valeur par défaut de la longueur. et de donner aux rapports de temps la valeur

1 pour avoir une valeur par excès de ladite longueur. On obtient ainsi l'encadrement suivant, qui simplifie le traitement mais diminue la précision :

(2) $E.|AVF - APD| < L < E.|AVD - APF|$

A titre d'exemple, la figure 11A représente une silhouette 130 acquise, marquée de transitions des détecteurs, référencés par les indices $-2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$.

Avec E, espacement effectif entre les détecteurs, la longueur effective L du véhicule peut être encadrée de la façon suivante :

(3) $5D < L < 7D$

Ceci permet une estimation grossière en mode dégradé de la longueur du véhicule identifié. Une estimation plus fine de cette longueur peut être obtenue de la façon décrite précédemment (cf relation 1).

Il est possible qu'un véhicule soit proche de la longueur maximale mesurable. Dans ce cas, il est probable que le dernier détecteur soit obturé avant la fin de la capture de la silhouette. On utilise dans ce cas des fronts correspondants à la restitution des faisceaux sur les détecteurs pour cadencer la découpe du véhicule en tranches.

On obtient alors un deuxième réseau, en référence à la figure 11B. On recale les deux réseaux en estimant l'écart entre les deux réseaux par approximation d'une vitesse constante durant la tranche. De ce fait, on peut estimer la distance réelle correspondant à l'espace entre l'un des bords de la tranche. Ceci constitue une tranche d'épaisseur différente des autres et qui assure la jonction entre les deux réseaux.

Ainsi, avec T1 et T2, durées entre les instants de

détection correspondant aux transitions de jonction entre les deux réseaux représentés en figure 11B, et la somme T1 + T2 correspondant à un déplacement prédéterminé D, il est aisé de montrer que la longueur L du véhicule 140 peut être encadrée de la façon suivante, dans l'exemple particulier de la figure 11B :

$$(4) \quad D + \frac{T1}{T1 + T2}.D + 3D < L < 3D + \frac{T1}{T1 + T2}.D + 4D$$

En mode de précision supérieur, le système de mesure de longueur selon l'invention peut extrapoler la longueur des tranches incomplètes que constituent les extrémités du véhicule 150, en référence à la figure 11C. Sur la silhouette, on peut mesurer avec la précision de l'échantillonnage le temps de passage de ces extrémitéss devant la caméra linéaire.

Pour une tranche contenant une extrémité du véhicule, on connaît la distance et le temps de passage de la tranche par comptage des échantillons. On en déduit la vitesse moyenne du véhicule 150 pendant cette tranche, puis la longueur des extrémités à partir du produit de la vitesse par les temps T2, T3. On obtient donc une estimation relativement précise de la longueur de chacune des extrémités.

La longueur totale du véhicule peut alors être estimée, dans l'exemple particulier de la figure 11 C,

$$(5) \quad L = D.\left(5 + \frac{T2}{T1 + T2} + \frac{T3}{T3 + T4}\right)$$

Cependant, l'interpolation de la vitesse par le calcul des extrémités n'est pas rigoureusement exacte si le véhicule subit une accélération. On peut alors utiliser comme information supplémentaire, l'accélération maximale (positive ou négative) que peut subir en pratique un véhicule dans la zone d'identification. On pourra de ce fait

attribuer une incertitude à la vitesse estimée et donc au calcul d'extrémité.

On peut aussi utiliser un modèle de mouvement uniformément accéléré et calculer cette accélération sur les tranches qui précèdent ou qui suivent l'extrémité du véhicule. Connaissant cette accélération, on peut calculer la vitesse instantanée de l'extrémité et sa longueur.

Un tel système d'identification et de mesure de longueur assure une parfaite séparation des véhicules à l'aide de la détection de la silhouette par caméra linéaire. La précision du système est adaptable par modification de l'écartement entre les détecteurs optiques. Par ailleurs, le système peut prendre en compte une courbe de vitesse aléatoire du véhicule. Le véhicule peut s'immobiliser ou même effectuer une marche arrière détectable. Dans ce cas, la silhouette continue d'être détectée et des algorithmes peuvent limiter le nombre d'informations à stocker. La non occultation des détecteurs suivants ou la restitution des derniers faisceaux occultés permet de ne pas additionner des longueurs et même de décrémenter le compteur de "tranches" si cela est nécessaire.

En outre, il est possible d'adapter la longueur de la zone des détecteurs en fonction de la nature des véhicules à mesurer. Ainsi, on peut diminuer la longueur du réseau de capteurs, sachant que les plus longs véhicules sont nécessairement en plusieurs parties, telles qu'un tracteur et des remorques, pour lesquels chaque capteur du réseau pourra détecter la discontinuité relative.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.

Ainsi, tout dispositif de détection complémentaire, magnétique ou optique par exemple, peut être associé aux systèmes d'identification qui viennent d'être décrits, afin,

par exemple, de lever toute ambiguité entre un véhicule immobilisé et le fond de prise de vue et de s'affranchir de changements d'éclairage du fond intempestifs.

On peut ainsi ajouter un détecteur d'essieux, pour confirmer le résultat de l'analyse d'image ou même intervenir partiellement dans des algorithmes de localisation.

Par ailleurs, on peut prévoir, dans le cas d'un éloignement important du système d'identification par rapport au poste de péage, un suivi des véhicules en approche, mettant en oeuvre, par exemple, un comptage des traitements, et une mise sur file d'attente des résultats de traitement.

En outre, on peut prévoir des moyens d'acquisition d'image autres qu'une caméra linéaire, tels qu'à titre d'exemple, un ensemble de capteurs optiques par faisceau unique associés de façon à couvrir un plan d'observation ou un capteur optique à balayage de champ. Les détecteurs optiques du système de mesure de longueur tels que décrits précédemment peuvent être remplacés par des détecteurs optiques à faisceau unique, des détecteurs au sol des essieux du véhicule, du type pneumatique ou piézoélectrique, ou encore des détecteurs à ultrasons.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'identification d'un objet en mouvement (3), notamment un véhicule, ledit objet se déplaçant à l'intérieur d'une zone prédéterminée d'identification (2) suivant un axe de déplacement prédéterminé (A), caractérisé en ce qu'il comprend :

- des acquisitions périodiques (52) d'images dans un champ de vision prédéterminé (26), sensiblement vertical et de largeur très faible devant sa hauteur, ledit champ de vision (26) coupant la zône d'identification (2) selon un angle prédéterminé d'intersection et définissant un plan d'observation,

- un contrôle de la nature du fond d'image dans le champ de vision (26), pour obtenir des informations de référence de fond en l'absence d'un objet dans le champ de vision (26), et

- un traitement des images acquises en combinaison avec les informations de référence de fond, pour en extraire une silhouette d'un objet (3) ayant traversé le champ de vision.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le traitement des images comprend, à l'issue de chaque acquisition (52) d'une image, les étapes suivantes de :

- différence (53) entre l'image acquise et l'image de référence, conduisant à une image résultante,

- comparaison (55, 57) de l'image résultante à une image de seuil prédéterminée, conduisant si l'image résultante dépasse l'image de seuil, à une étape de stockage (58) de ladite image résultante, et dans le cas contraire, à l'affectation (56) de l'image résultante comme nouvelle image de référence, indiquant une absence d'objet dans le champ de vision, ladite étape de stockage (58) étant suivie d'une étape d'acquisition (59) d'une nouvelle image et d'étapes de différence (60) et de comparaison (61, 62) ;

la détection d'une image résultante inférieure à l'image de seuil conduisant à une étape de traitement (63) des images résultantes stockées pour en extraire une silhouette d'un objet ayant traversé ledit plan d'observation.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le contrôle de la nature du fond d'image comporte un éclairage de la surface (9) de la zone d'identification (2) comprise dans le champ de vision (26) et de parties prédéterminées du plan d'observation.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit éclairage est synchronisé avec l'acquisition périodique d'images.

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit éclairage est continu.

6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit éclairage est périodique à une fréquence prédéterminée, de préférence, grande devant la fréquence d'acquisitions d'image.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape de traitement des images acquises comprend une étape de détermination (200) de caractéristiques géométriques spécifiques de l'objet à identifier, à partir de sa silhouette extraite, suivie d'une étape d'association dudit objet à une catégorie définie par une combinaison prédéterminée de caractéristiques géométriques spécifiques.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape de détermination (200) comprend une étape (162) pour déterminer si l'objet est constitué d'au moins deux parties distinctes reliées entre elles par une structure de liaion.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'étape de détermination (200) comprend une étape (163) pour rechercher des minima relatifs de la silhouette

de l'objet, correspondant à des parties dudit objet en contact avec la surface de la zone d'identification (2).

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'étape de traitement des images acquises comprend une étape pour déterminer la hauteur de l'objet identifié, à partir de la silhouette extraite et d'informations prédéteminées sur la localisation du champ de vision (26) relativement à la zone d'identification (2).

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de détection de présence d'un objet dans une partie prédéterminée de la zone d'identification.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend une étape pour effectuer une discrimination entre deux silhouettes respectives de deux objets adjacents lors de leur traversée de la zone d'identification.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que le champ de vision est limité de sorte qu'une partie seulement de la silhouette d'un objet est acquise, dans une gamme d'observation verticale prédéteminée.

14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13 et la revendication 2, caractérisé en ce que l'étape de stockage comprend une étape de mémorisation d'uniquement les contours extrêmes de la silhouette de l'objet en identification.

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

une succession d'étapes de détection de présence (103, 107) de l'objet (3) dans des plans de détection fixes dans la zone d'identification (2), sensiblement, perpendiculaires à l'axe de déplacement (A), situés de part et d'autre du champ de vision à des distances respectives prédéterminées dudit champ de vision, pour fournir des informations spatio-temporelles unidimensionnelles sur le

déplacement de l'objet (3) dans la zone d'identification (2),

et en ce que l'étape de traitement des images acquises comprend en outre une étape (300) de détermination de la longueur de l'objet (3) suivant l'axe de déplacement (A), à partir de la silhouette extraite et des informations spatio-temporelles obtenues lors des étapes de détection.

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que les plans de détection sont agencés au sein de la zone d'identification (2) de sorte que les écartements entre deux plans de détection adjacents sont sensiblement égaux.

17. Procédé selon l'une des revendications 15 ou 16, caractérisé en ce que des plans de détection sont situés de part et d'autre du plan d'observation.

18. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que l'étape de détermination de longueur comprend une étape de détermination de la vitesse de l'objet traversant les plans de détection successifs, chaque transition détectée entre deux plans de détection successifs fournissant une information de vitesse correspondante, et une étape d'extrapolation du mouvement dudit objet à un mouvement uniformément accéléré.

19. Système d'identification (1, 20) d'un objet en mouvement (3), notamment un véhicule, mettant en oeuvre le procédé selon l'invention, ledit objet (3) se déplaçant à l'intérieur d'une zone d'identification prédéterminée (2) suivant un axe de déplacement prédéterminé (A), caractérisé en ce qu'il comprend :

- des moyens (4) pour acquérir périodiquement des images dans un champ de vision (26) prédéterminé, sensiblement vertical et de largeur très faible devant sa hauteur, ledit champ de vision coupant la zone d'identification (2) selon un angle prédéterminé d'intersection et définissant un plan d'observation,

- des moyens (5, 6, 9, 10) pour contrôler la nature du fond d'image dans le champ de vision, en vue

d'obtenir des informations de référence de fond, et

- des moyens (7) pour traiter les images acquises en combinaison avec les informations de référence de fond, et en extraire une silhouette d'un objet (3) ayant traversé le plan d'observation.

20. Système (1, 20) selon la revendication 19, caractérisé en ce que les moyens pour contrôler la nature du fond d'image comprennent des moyens d'éclairage (5, 6, 28, 23) de parties prédéterminées du champ de vision.

21. Système (1, 20) selon la revendication 20, caractérisé en ce que les moyens pour contrôler la nature du fond d'image comprennent en outre des moyens (9, 10) pour réfléchir de la lumière issue desdits moyens d'éclairage (5, 6, 28) vers les moyens d'acquisition (4).

22. Système selon la revendication 21, la zone d'identification (2) présentant une voie de déplacement prédéterminée (21), caractérisé en ce que les moyens de réflexion lumineuse comprennent des bandes (9) en matériau réfléchissant placées sur la partie de la voie de déplacement (2') située dans le champ de vision.

23. Système (1, 20) selon la revendication 22, caractérisé en ce que les moyens de réflexion lumineuse comprennent en outre des bandes (10) en matériau réfléchissant placées dans le champ de vision sur un plan de fond (11, 22) prédéterminé opposé aux moyens d'acquisition (4).

24. Système (1) selon l'une des revendications 21 à 23, caractérisé en ce que les moyens d'éclairage (5, 6) sont situés à proximité immédiate des moyens d'acquisition d'image (4).

25. Système selon l'une de revendications 20 à 23, caractérisé en ce que les moyens d'éclairage comprennent des moyens d'éclairage direct (23) placés dans le champ de vision sur un plan de fond prédéterminé (22) opposé aux moyens d'acquisition (4) et des moyens (28) pour éclairer la

partie de la voie de déplacement (2') dans le champ de vision, situés à proximité des moyens d'acquisition (4).

26. Système selon l'une des revendications 20 à 25, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens (31) pour alimenter en énergie lesdits moyens d'éclairage (32).

27. Système selon la revendication 26, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation (31) sont agencés de sorte que les moyens d'éclairage (32) délivrent une lumière périodique à une fréquence prédéterminée.

28. Système selon la revendication 27, caractérisé en ce que les moyens d'alimentation (31) sont agencés de sorte que les moyens d'éclairage (32) sont en synchronisme avec les moyens d'acquisition périodique (4).

29. Système selon l'une des revendications 19 à 28, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent une unité centrale de calcul (30) recevant des informations d'images sous forme numérisée en provenance des moyens d'acquisition (4) et comportant une mémoire (30c), et des moyens (37) pour visualiser les silhouettes extraites.

30. Système (1, 20) selon la revendication 29, caractérisé en ce que les moyens d'acquisition comprennent une caméra linéaire (4), pour délivrer une image prise dans le champ de vision et numérisée, aux moyens de traitement (7).

31. Système selon l'une des revendications 19 à 30, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens complémentaires pour détecter la présence d'un objet (3) dans des parties prédéterminées de la zone d'identification (2) et fournir des informations de détection (30b) aux moyens de traitement (30).

32. Système selon la revendication 31, caractérisé en ce que les moyens complémentaires de détection comprennent au moins une boucle magnétique située sous la voiee de déplacement (2').

33. Système (90) selon l'une des revendications 19

à 32, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens (42, 43) pour détecter la présence de l'objet à identifier dans des plan fixes au sein de la zone d'identification (2), sensiblement perpendiculaires à l'axe de déplacement (A) et situés à des distances respectives prédéterminées du plan d'observation, et pour fournir des informations spatio-temporelles unidirectionnelles sur le déplacement de l'objet (3) dans la zone d'identification (2), et en ce que les moyens de traitement (7, 30) sont agencés pour déterminer une estimation de la longueur de l'objet (3) suivant l'axe de déplacement (A), à partir de la silhouette extraite et des informations spatio-temporelles issues des moyens de détection (42, 43) via des moyens d'interface (40) entre lesdits moyens de traitement (30) et lesdits moyens de détection (42,43).

34. Système (90) selon la revendication 33, caractérisé en ce que les moyens de détection (42, 43) dans les plans comprennent un réseau de dispositifs de détection optique placés dans lesdits plans fixes, chaque dispositif de détection optique comportant un détecteur émetteur/récepteur (42.1, ..., 42.N) pour émettre un faisceau optique situé d'un côté de la voie de déplacement (2') et un dispositif réflecteur (43.1, ..., 43.N) pour réfléchir vers le détecteur (42.1, ..., 42.N) situé de l'autre côté de la voie de déplacement (2'), le faisceau optique, lorsque celui-ci n'est pas obturé.

35. Système selon les revendications 33 ou 34, caractérisé en ce que des moyens de détection sont situés de part et d'autre du plan d'observation.

36. Système selon l'une des revendications 33 à 35, caractérisé en ce que les plans de détection sont équidistants.

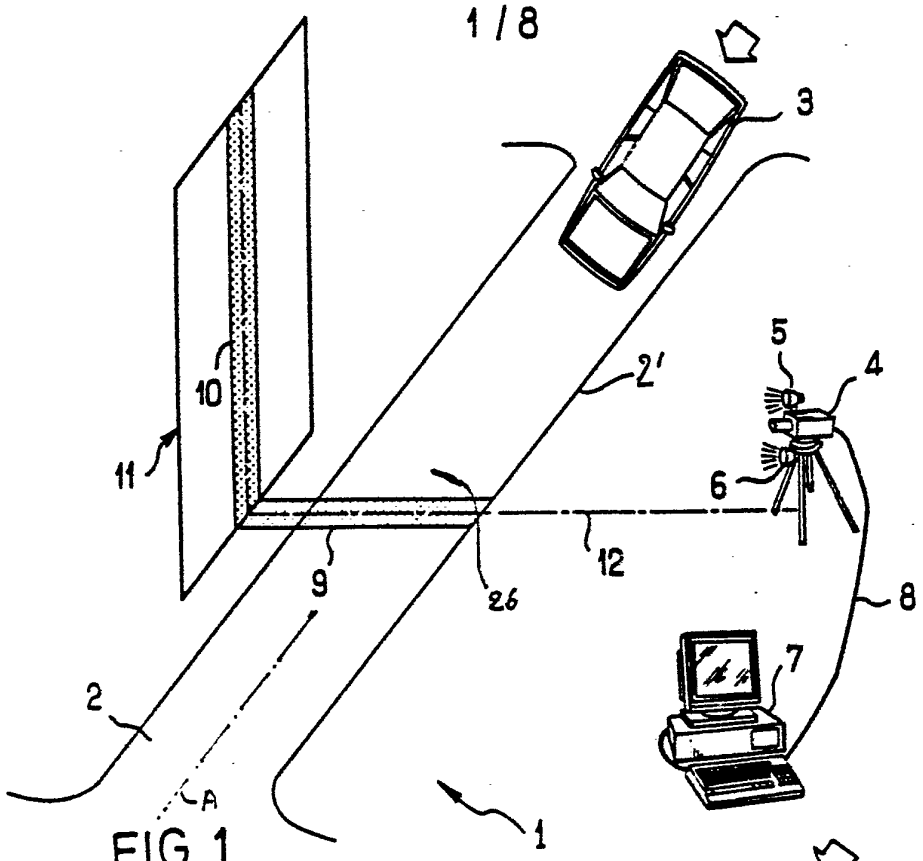


FIG_1

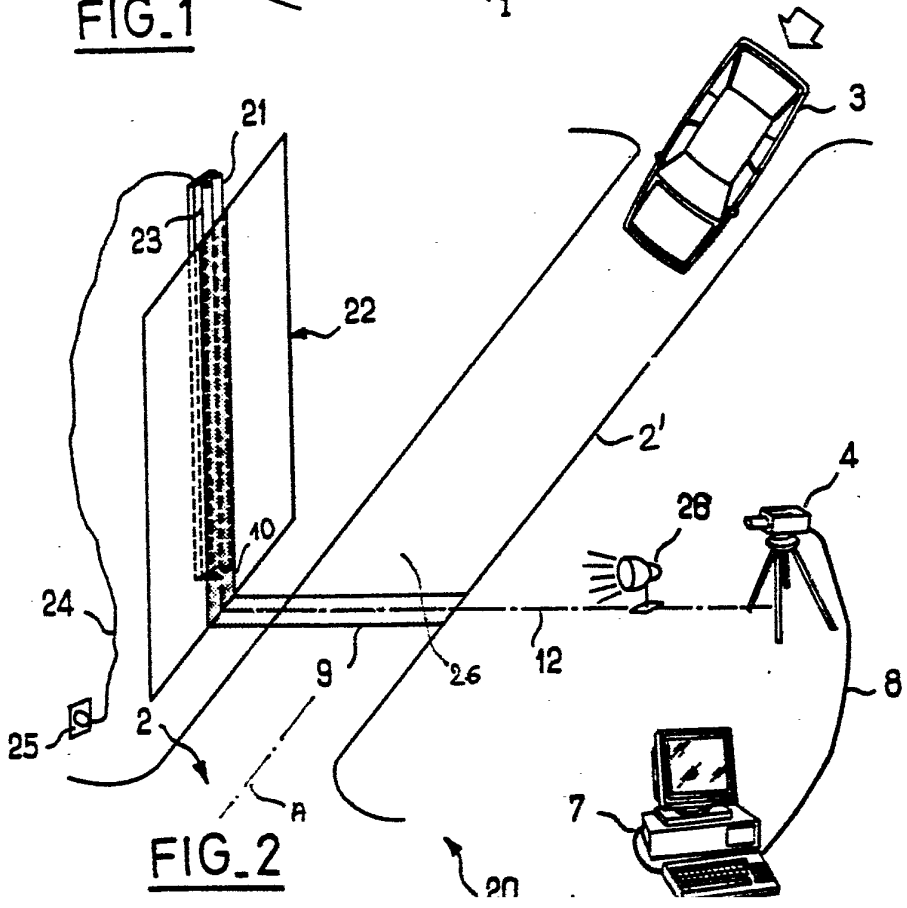


FIG_2

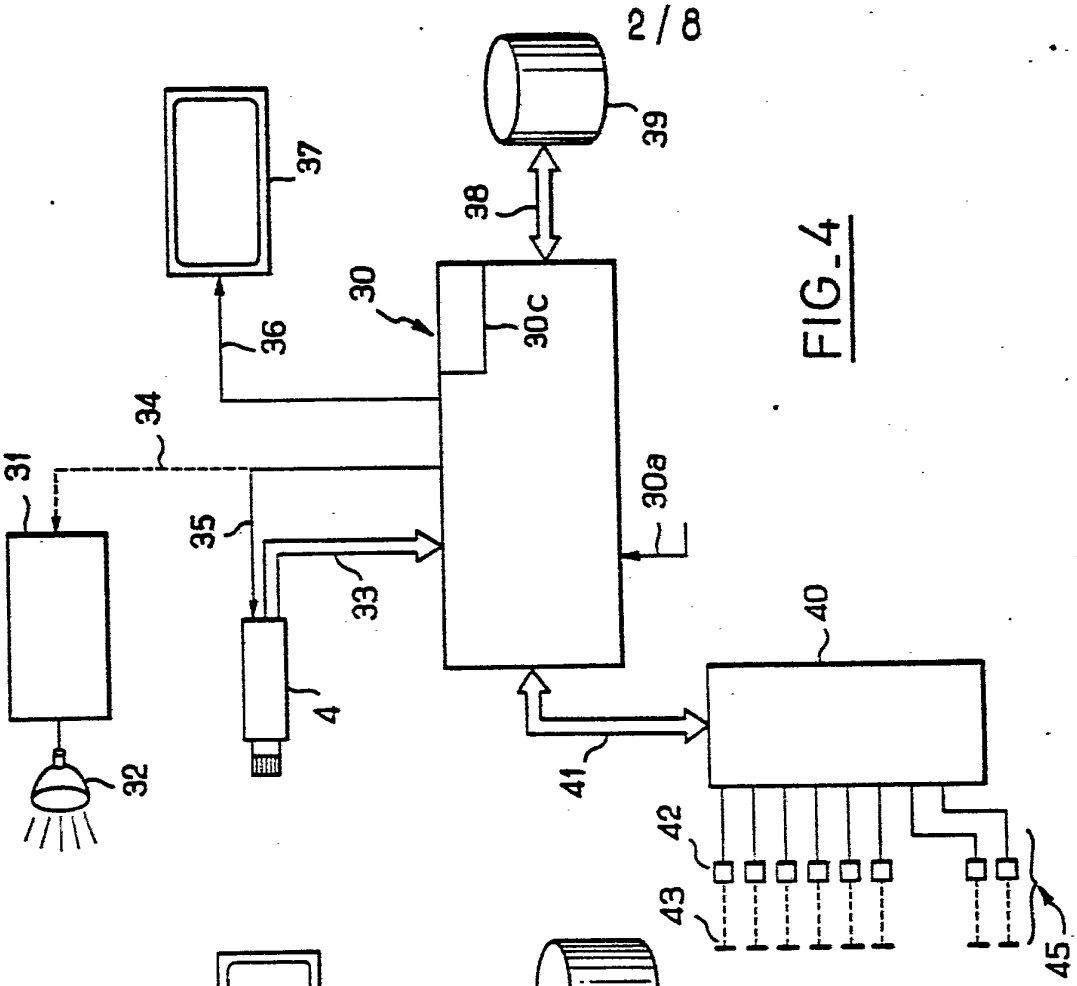

39
38
37
30
30c
36
34
31
35
33
30a
4
32
40
41
42
43
45

FIG_4

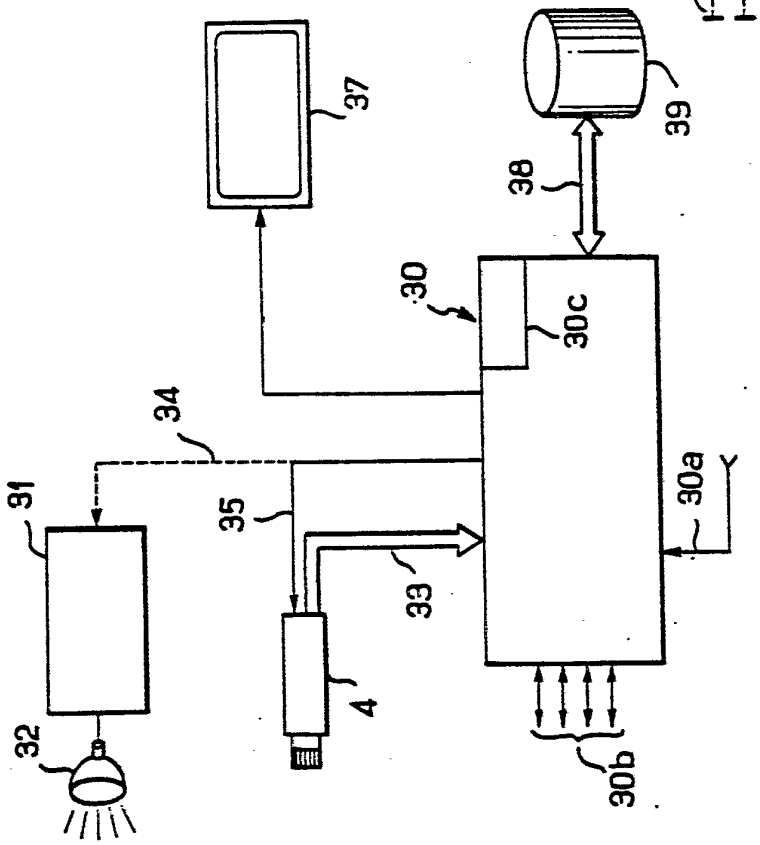

39
38
37
30
30c
34
31
35
33
30a
4
32
30b

FIG_3

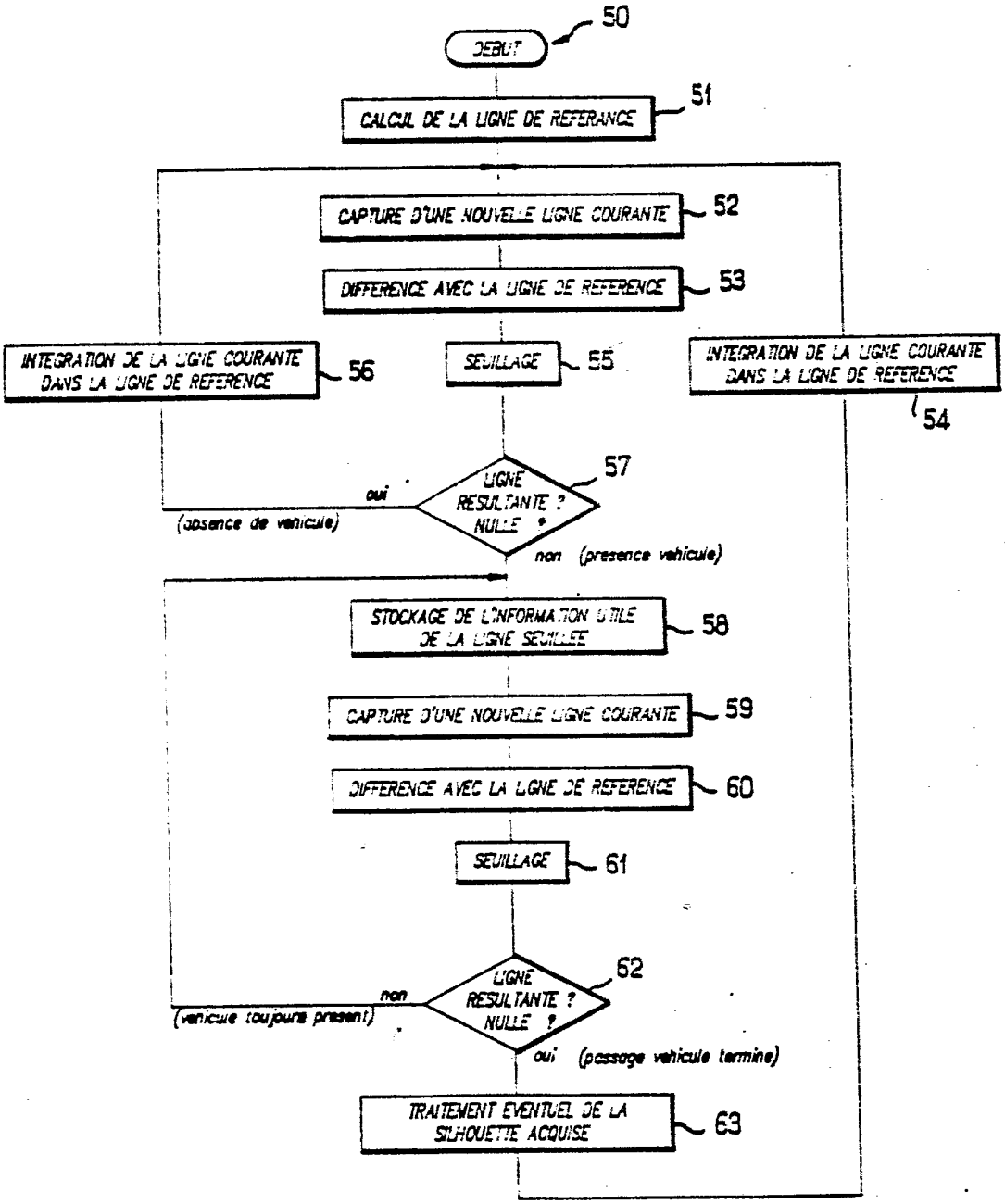
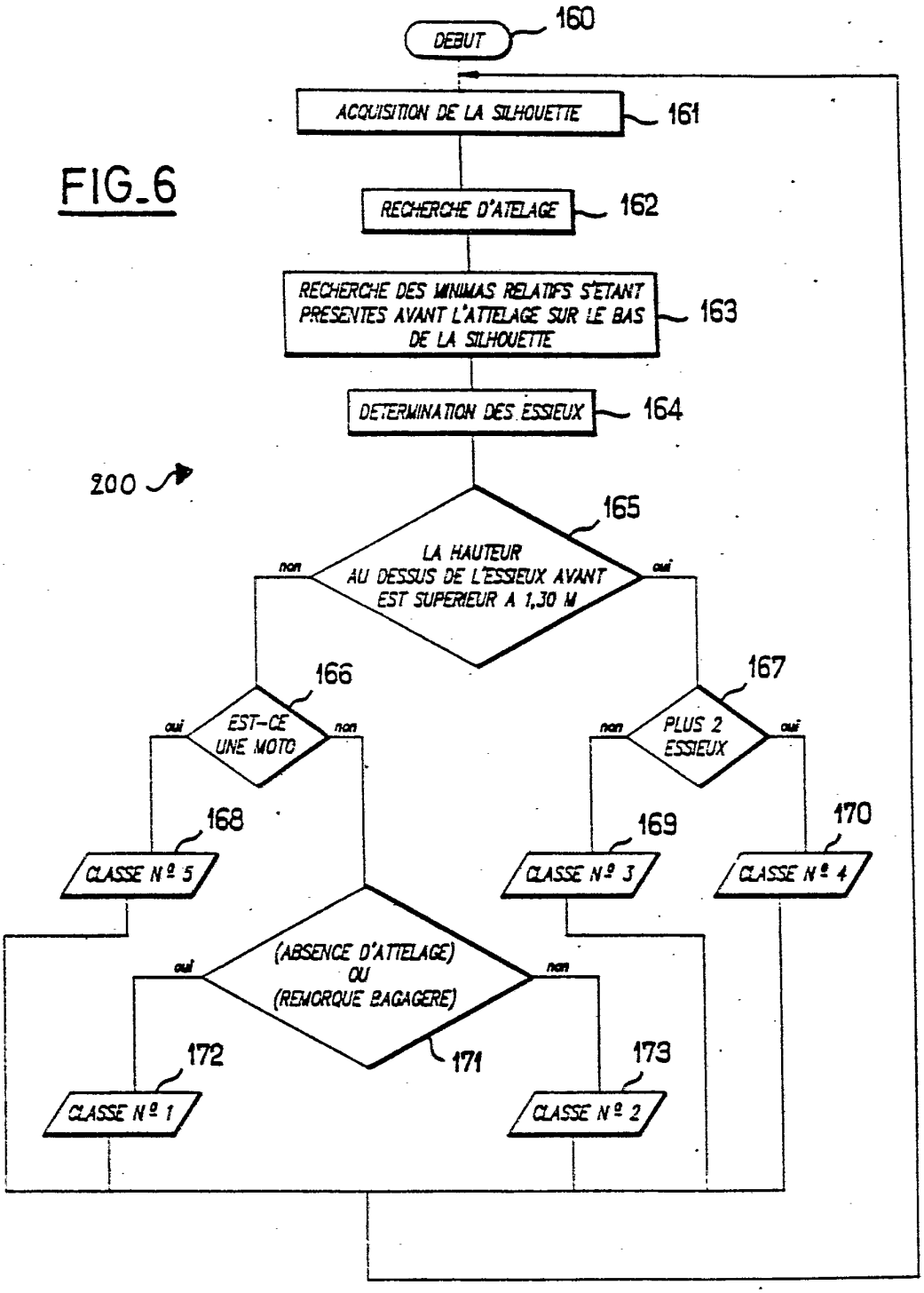

50
DEBUT
51
CALCUL DE LA LIGNE DE REFERANCE
52
CAPTURE D'UNE NOUVELLE LIGNE COURANTE
53
DIFFERENCE AVEC LA LIGNE DE REFERENCE
56
INTEGRATION DE LA LIGNE COURANTE DANS LA LIGNE DE REFERENCE
55
SEUILLAGE
54
INTEGRATION DE LA LIGNE COURANTE DANS LA LIGNE DE REFERENCE
57
LIGNE RESULTANTE ? NULLE ?
oui
(absence de vehicule)
non (presence vehicule)
58
STOCKAGE DE L'INFORMATION UTILE DE LA LIGNE SEUILLEE
59
CAPTURE D'UNE NOUVELLE LIGNE COURANTE
60
DIFFERENCE AVEC LA LIGNE DE REFERENCE
61
SEUILLAGE
62
LIGNE RESULTANTE ? NULLE ?
non
(vehicule toujours present)
oui (passage vehicule termine)
63
TRAITEMENT EVENTUEL DE LA SILHOUETTE ACQUISE

FIG_5

FIG_6


DEBUT
160
ACQUISITION DE LA SILHOUETTE
161
RECHERCHE D'ATELAGE
162
RECHERCHE DES MINIMAS RELATIFS S'ETANT PRESENTES AVANT L'ATTELAGE SUR LE BAS DE LA SILHOUETTE
163
DETERMINATION DES ESSIEUX
164
200
LA HAUTEUR AU DESSUS DE L'ESSIEUX AVANT EST SUPERIEUR A 1,30 M
165
non
oui
EST-CE UNE MOTO
166
oui
non
PLUS 2 ESSIEUX
167
non
oui
CLASSE N° 5
168
CLASSE N° 3
169
CLASSE N° 4
170
(ABSENCE D'ATTELAGE) OU (REMORQUE BAGAGERE)
171
oui
non
CLASSE N° 1
172
CLASSE N° 2
173

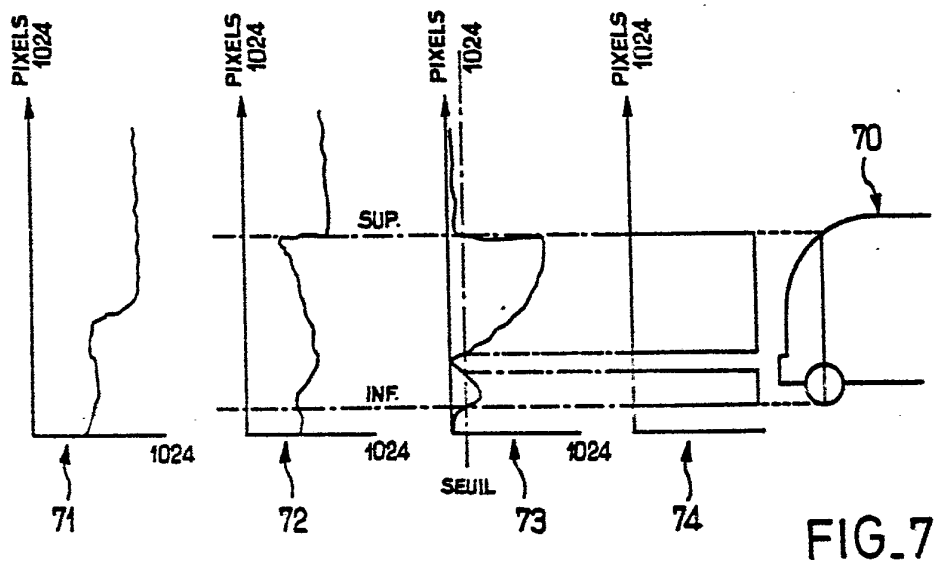

PIXELS 1024
PIXELS 1024
PIXELS 1024
PIXELS 1024
70
SUP.
INF.
1024
1024
1024
SEUIL
71
72
73
74

FIG_7

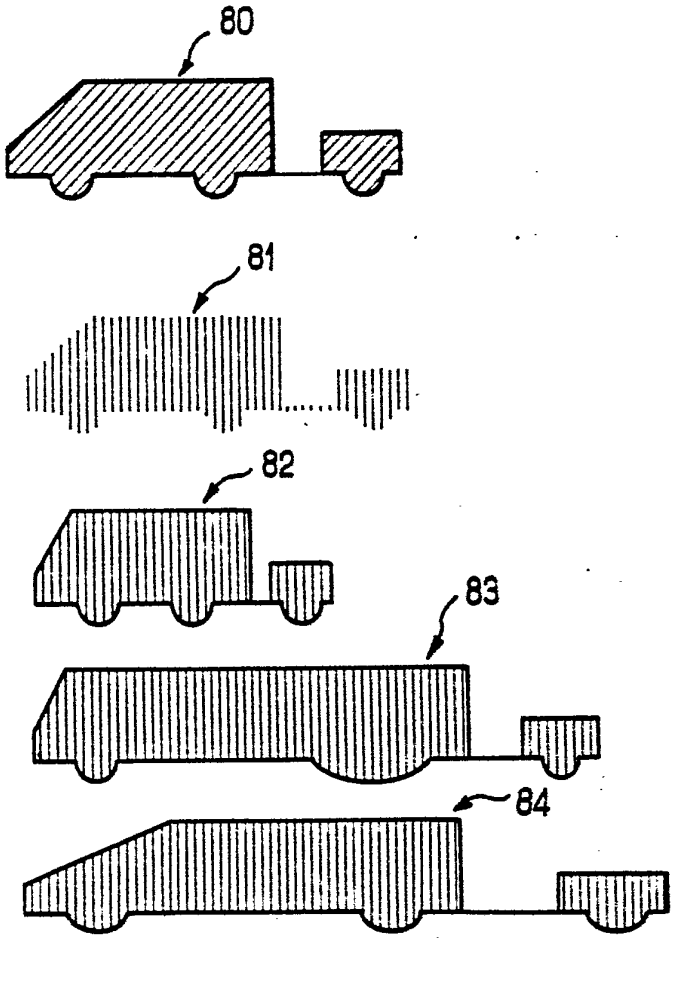

80
81
82
83
84

FIG_8

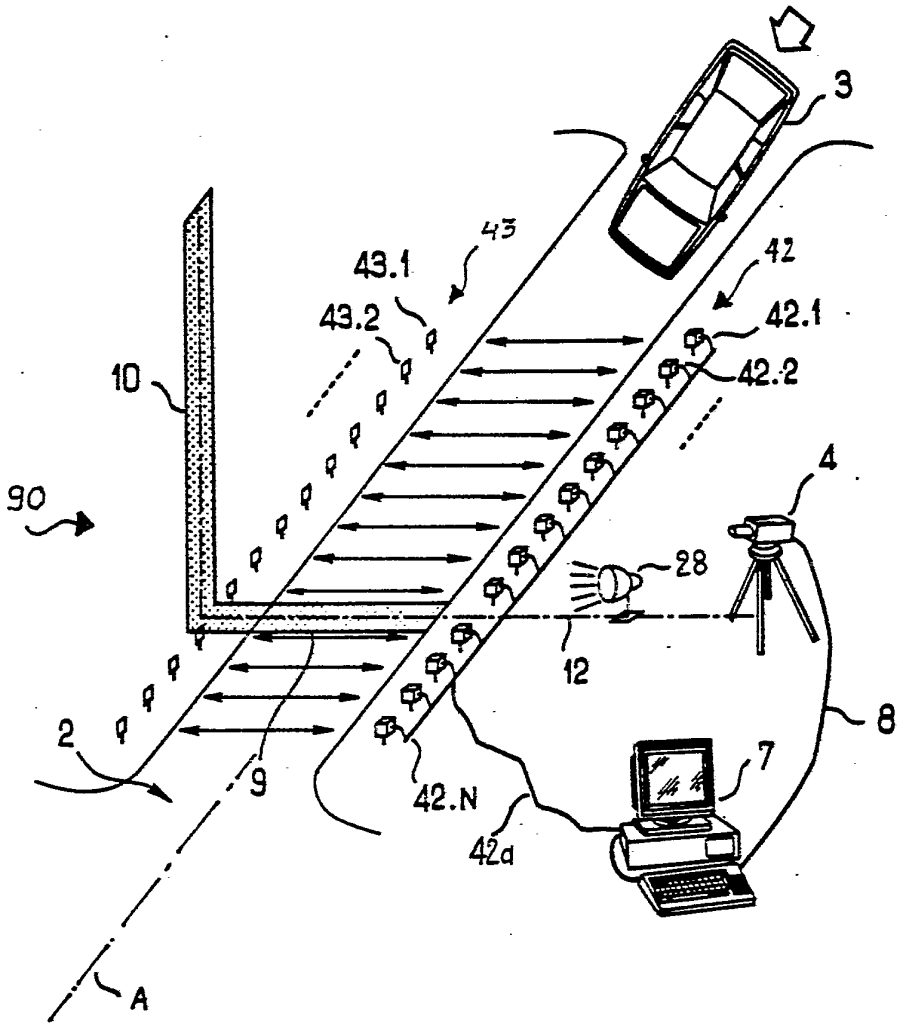


FIG_9

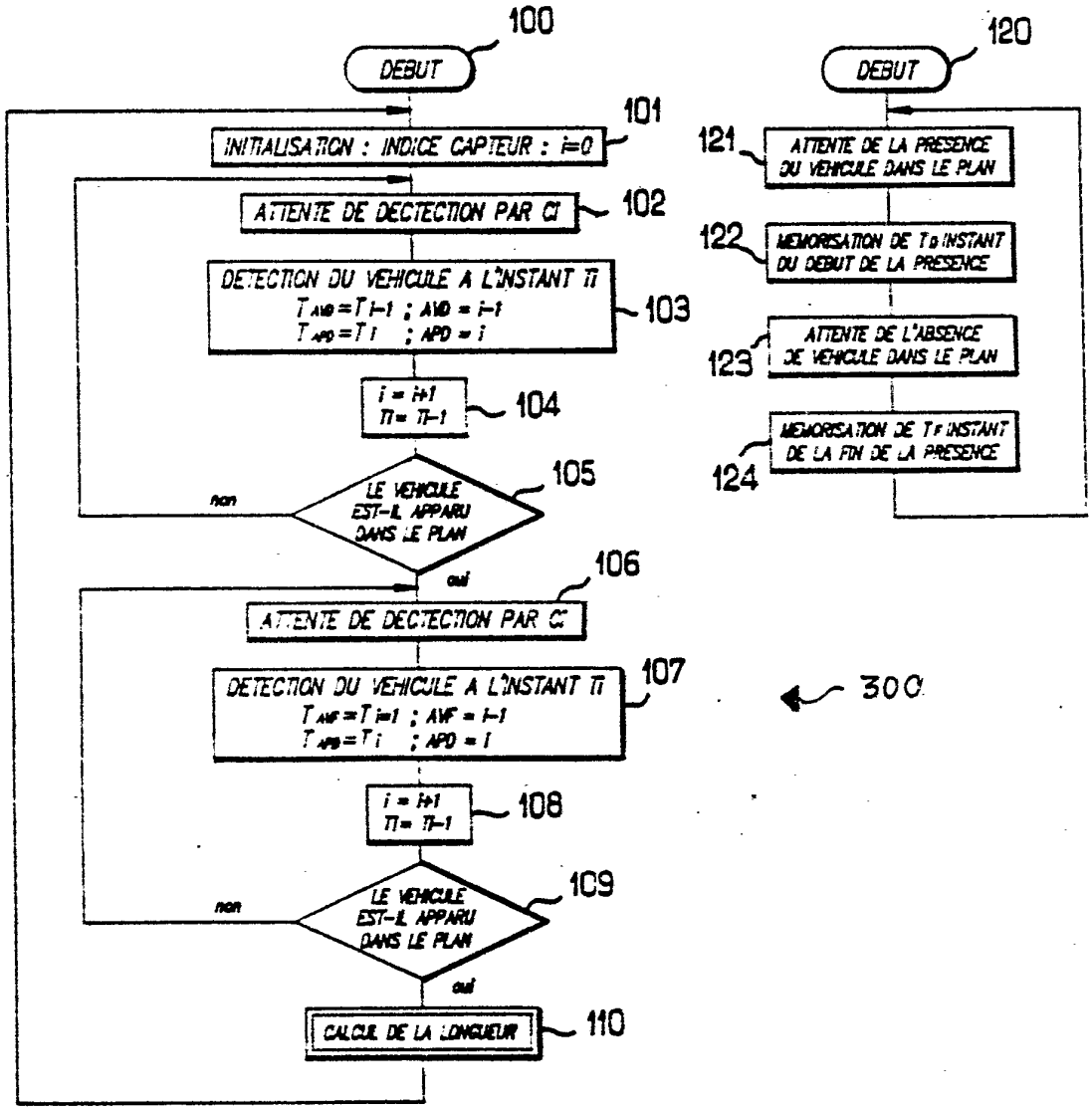

100
DEBUT
101
INITIALISATION : INDICE CAPTEUR : i=0
ATTENTE DE DECTECTION PAR Ci
102
DETECTION DU VEHICULE A L'INSTANT Ti
TAVD=Ti-1 ; AVD = i-1
TAPD=Ti ; APD = i
103
i = i+1
Ti= Ti-1
104
LE VEHICULE EST-IL APPARU DANS LE PLAN
105
non
oui
ATTENTE DE DECTECTION PAR Ci
106
DETECTION DU VEHICULE A L'INSTANT Ti
TAVF=Ti-1 ; AVF = i-1
TAPD=Ti ; APD = i
107
i = i+1
Ti= Ti-1
108
LE VEHICULE EST-IL APPARU DANS LE PLAN
109
non
oui
CALCUL DE LA LONGUEUR
110
120
DEBUT
121
ATTENTE DE LA PRESENCE DU VEHICULE DANS LE PLAN
122
MEMORISATION DE Td INSTANT DU DEBUT DE LA PRESENCE
123
ATTENTE DE L'ABSENCE DE VEHICULE DANS LE PLAN
124
MEMORISATION DE Tf INSTANT DE LA FIN DE LA PRESENCE
300

FIG_10

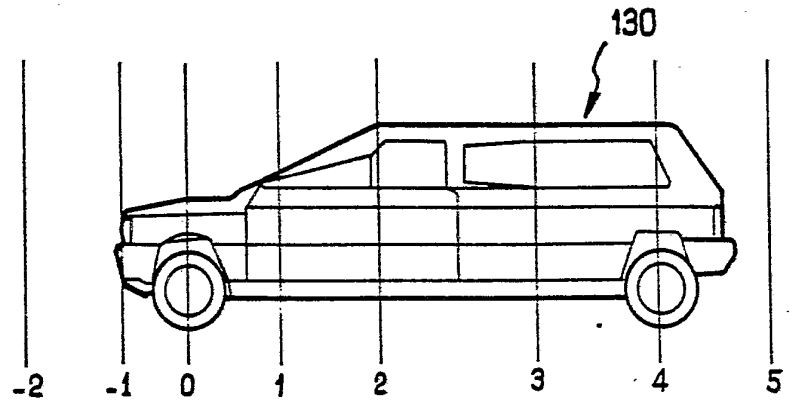


FIG_11A

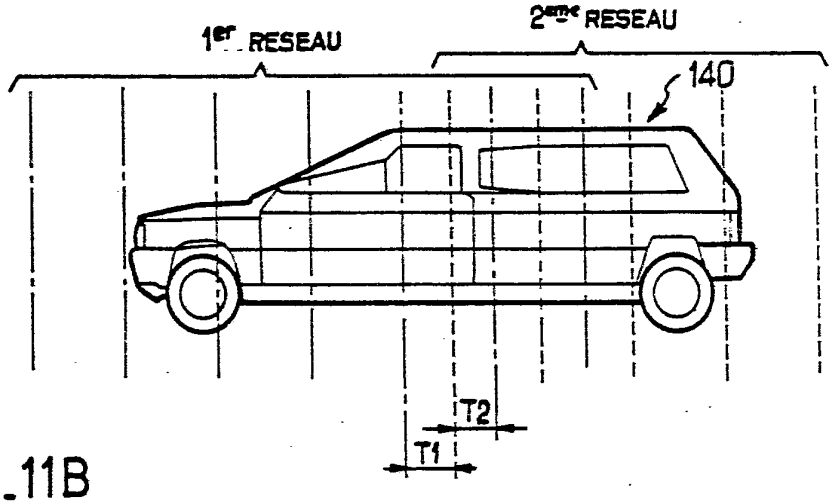


FIG_11B

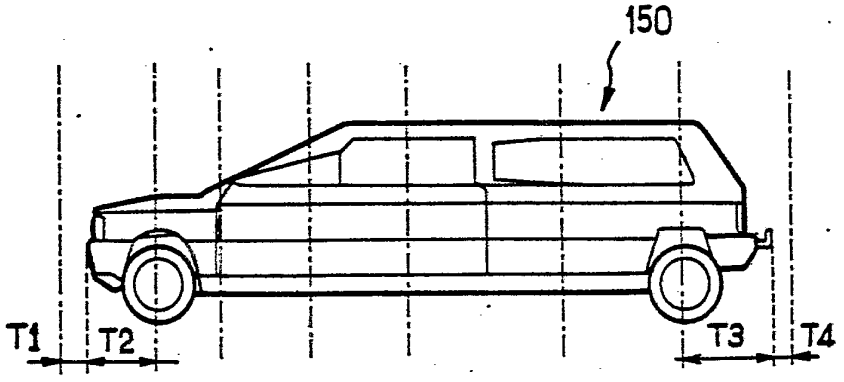


FIG_11C