(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 670 404**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **90 15577**

(51) Int Cl[5] : B 07 C 5/10, 5/34

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 12.12.90.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 19.06.92 Bulletin 92/25.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :** *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

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

(71) **Demandeur(s) :** *DASSAULT ELECTRONIQUE Société Anonyme* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Houdée Michel et Nicole Pierre.

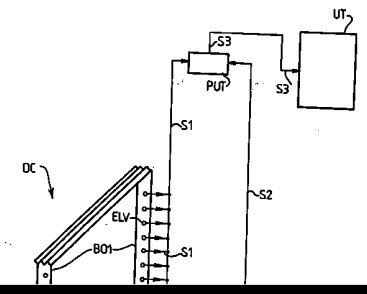
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire :** Cabinet Netter.

(54) Dispositif et procédé de classification automatique à la volée de véhicules autonomes.

(57) Le dispositif comprend un ensemble capteur (CAP) placé en relation prédéterminée par rapport à la chaussée (CH), et comprenant une première barrière optique (BO1) montée en hauteur transversalement au déplacement du véhicule (VA), propre à délivrer de premiers signaux (S1) représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule (VA) qui s'inscrit dans ladite barrière à chaque instant, et de seconds moyens (BO2) qui délivrent de seconds signaux (S2) représentant la vitesse du véhicule (VA) à la traversée de ladite première barrière (BO1).

Des moyens de pré-traitement (PUT) combinent ensuite les premiers (S1) et seconds (S2) signaux pour fournir de troisièmes signaux (S3) représentant l'ombre portée du vé-



A1

Dispositif et procédé de classification automatique à la volée de véhicules autonomes

La présente invention concerne la classification automatique à la volée de véhicules autonomes.

Elle trouve une application dans la classification automatique à la volée de véhicules autonomes aux points de péage d'autoroute.

Généralement, la tarification des véhicules autonomes aux points de péage d'autoroute est fonction de l'appartenance du véhicule en cours à une et une seule catégorie parmi un ensemble préconstitué de catégories possibles par exemple motocyclette, voiture, voiture avec remorque, camionnette, et camion.

Le plus souvent, un tel rangement est facilité par la contrainte imposée aux conducteurs des véhicules eux-mêmes de conduire leur véhicule aux points de péage d'autoroute associés à la catégorie de leur véhicule.

Cependant, pour éviter une fraude éventuelle, il est généralement requis autant de points de péage qu'il y a de catégories et/ou l'intervention d'au moins un opérateur humain qui effectue et/ou contrôle une telle classification.

La Demanderesse s'est posé le problème de fournir un dispositif de classification automatique à la volée de véhicules autonomes permettant de remédier à cet inconvénient.

Ainsi, un premier but de l'invention est de fournir un dispositif de classification automatique à la volée de véhicules autonomes permettant d'établir automatiquement et dynami-

quement la catégorie d'un véhicule autonome lors de son passage devant le dispositif.

Un autre but de l'invention est de fournir un dispositif de classification automatique à la volée de véhicules autonomes permettant d'être opérationnel par tout temps, de nuit comme de jour.

Encore un autre but de l'invention est de fournir un dispositif permettant une classification automatique dynamique avec un temps de réponse très faible.

Enfin, un autre but de l'invention est de fournir un dispositif offrant une classification automatique fiable.

La présente invention porte sur un dispositif de classification automatique à la volée de véhicules autonomes.

Selon une définition générale de l'invention, le dispositif comprend :

- un ensemble capteur placé en relation prédéterminée par rapport à la chaussée, et comprenant au moins :

. de premiers moyens formant une première barrière optique à réseau d'éléments photosensibles, montée en hauteur transversalement au déplacement du véhicule, et propre à délivrer de premiers signaux représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule qui s'inscrit dans ladite barrière à chaque instant, et
. de seconds moyens propres à délivrer de seconds signaux représentant la vitesse du véhicule à la traversée de ladite première barrière,

- des moyens de pré-traitement propres à combiner les pre-

miers et seconds signaux pour fournir de troisièmes signaux représentant l'ombre portée du véhicule dans son ensemble, et

- une unité de traitement recevant les troisièmes signaux et propre, à partir d'informations prédéterminées mises en mémoire, relatives à des critères prédéterminés du groupe comprenant au moins la longueur, la hauteur, le nombre d'essieux, la hauteur au niveau d'au moins un essieu, à ranger le véhicule en cours dans une et une seule parmi plusieurs catégories prédéterminées.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, les seconds moyens forment une seconde barrière optique à réseau d'éléments photosensibles, montée sensiblement à l'horizontale transversalement au déplacement du véhicule, et propre à délivrer les seconds signaux représentant l'avancement du véhicule par rapport à la première barrière.

En pratique, la seconde barrière optique est placée à une hauteur par rapport à la chaussée de l'ordre de 20 cm.

Avantageusement, la seconde barrière optique se subdivise en une seconde barrière optique de tête placée en amont de la première barrière, et possédant une longueur prédéterminée et en une seconde barrière de queue en aval de la première barrière et possédant une longueur prédéterminée.

Dans le cas d'une application relative à la classification automatique à la volée de véhicules autonomes aux points de péage d'autoroutes, la longueur de la seconde barrière de tête vérifie une condition prédéterminée relative à une distance choisie entre le premier essieu d'un véhicule prédéterminé et l'extrémité avant dudit véhicule d'une part, la longueur de la seconde barrière de queue vérifie une condition prédéterminée relative à une distance choisie

entre le dernier essieu du véhicule prédéterminé et l'extrémité arrière dudit véhicule d'autre part, tandis que la somme des longueurs respectives de la seconde barrière de tête et de la seconde barrière de queue vérifie une condition prédéterminée relative à une distance choisie entre les premier et dernier essieux dudit véhicule prédéterminé.

Selon un aspect de l'invention, les premiers moyens formant une première barrière optique comprennent :

- une première source lumineuse propre à engendrer un premier faisceau lumineux,

- des premiers moyens de focalisation pour focaliser ledit premier faisceau lumineux ainsi engendré dans les entrées d'une première pluralité de fibres optiques,

- un premier pilier monté en hauteur, destiné à supporter les sorties de la première pluralité de fibres optiques respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long dudit premier pilier, et délivrant respectivement des premiers rayonnements lumineux sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement vertical par rapport à la chaussée, et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule,

- un second pilier monté en hauteur, transversalement opposé au premier pilier et destiné à supporter les entrées d'une seconde pluralité de fibres optiques respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long dudit second pilier pour recevoir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées de la seconde pluralité de fibres optiques à chaque instant,

- des premiers moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles reliés aux sorties de la

seconde pluralité de fibres optiques et propres à délivrer les premiers signaux représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule ainsi reçue.

Selon un autre aspect de l'invention, les seconds moyens formant une seconde barrière optique comprennent :

- une seconde source lumineuse propre à engendrer un second faisceau lumineux,

- des seconds moyens de focalisation pour focaliser ledit second faisceau lumineux ainsi engendré dans les entrées d'une troisième pluralité de fibres optiques,

- une première barre montée à l'horizontale et destinée à supporter les sorties de la troisième pluralité de fibres optiques respectivement réparties le long de ladite première barre selon un espacement prédéterminé, et délivrant respectivement des seconds rayonnements lumineux sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement horizontal par rapport à la chaussée et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule,

- une seconde barre montée à l'horizontale, transversalement opposée à la première barre et destinée à supporter les entrées d'une quatrième pluralité de fibres optiques respectivement réparties le long de ladite seconde barre selon un espacement prédéterminé pour recevoir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées de la quatrième pluralité de fibres optiques à chaque instant,

- des seconds moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles reliés aux sorties de la quatrième pluralité de fibres optiques et propres à délivrer

les seconds signaux représentant l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule ainsi reçue, c'est-à-dire l'avancement du véhicule par rapport à la première barrière.

Selon une variante de la présente invention, les premiers moyens formant la première barrière optique comprennent :

- une troisième source lumineuse propre à engendrer un troisième faisceau lumineux,

- des troisièmes moyens de focalisation pour focaliser ledit troisième faisceau lumineux ainsi engendré dans les entrées d'une cinquième pluralité de fibres optiques,

- un troisième pilier monté en hauteur et destiné à supporter les sorties de la cinquième pluralité de fibres optiques respectivement réparties le long dudit troisième pilier selon un espacement prédéterminé, et délivrant respectivement des troisièmes rayonnements lumineux sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement vertical par rapport à la chaussée, et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule,

- un quatrième pilier monté en hauteur, transversalement opposé au troisième pilier et destiné à supporter un premier jeu d'éléments réflecteurs répartis le long dudit quatrième pilier pour réfléchir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule qui se réfléchit dans ledit premier jeu d'éléments réflecteurs à chaque instant,

- un cinquième pilier monté en hauteur transversalement opposé au quatrième pilier et destiné à supporter les entrées d'une sixième pluralité de fibres optiques respectivement réparties le long dudit cinquième pilier selon un espacement prédéterminé pour recevoir l'ombre portée de la tranche ver-

ticale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées de la sixième pluralité de fibres optiques à chaque instant, et

- des quatrièmes moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles reliés aux sorties de la sixième pluralité de fibres optiques et propres à délivrer les premiers signaux représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule ainsi reçue.

Avantageusement, les cinquième et sixième pluralités de fibres optiques constituent une et une seule septième pluralité de fibres optiques dont les sorties sont supportées par un et un seul sixième pilier monté en hauteur et opposé transversalement par rapport au quatrième pilier, et il est prévu de disposer entre les troisièmes moyens de focalisation et les entrées de la septième pluralité de fibres optiques des premiers moyens optiques séparateurs propres sur commande à transmettre le troisième faisceau lumineux dans les entrées de la septième pluralité de fibres optiques et à transmettre l'ombre portée inscrite dans les sorties de la septième pluralité de fibres optiques vers les quatrièmes moyens de réception opto-électroniques.

Selon une variante de l'invention, les seconds moyens formant une seconde barrière optique comprennent :

- une quatrième source lumineuse propre à engendrer un quatrième faisceau lumineux,

- des quatrièmes moyens de focalisation pour focaliser ledit quatrième faisceau lumineux ainsi engendré dans les entrées d'une huitième pluralité de fibres optiques,

- une troisième barre montée à l'horizontale et destiné à supporter les sorties de la huitième pluralité de fibres

optiques respectivement réparties le long de ladite troisième barre selon un espacement prédéterminé, et délivrant respectivement des quatrièmes rayonnements lumineux sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement horizontal par rapport à la chaussée, et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule,

- une quatrième barre montée à l'horizontale, transversalement opposée à la troisième barre et destinée à supporter une second jeu d'éléments réflecteurs répartis le long de ladite quatrième barre selon un espacement prédéterminé pour réfléchir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui se réfléchit dans ledit second jeu d'éléments réflecteurs à chaque instant,

- une cinquième barre montée à l'horizontale, transversalement opposée à la quatrième barre et destinée à supporter les entrées d'une neuvième pluralité de fibres optiques respectivement réparties le long de ladite cinquième barre selon un espacement prédéterminé pour recevoir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées de la neuvième pluralité de fibres optiques à chaque instant,

- des cinquièmes moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles reliés aux sorties de la neuvième pluralité de fibres optiques et propres à délivrer les seconds signaux représentant l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule ainsi reçue.

En pratique, les huitième et neuvième pluralités de fibres optiques constituent une et une seule dixième pluralité de fibres optiques dont les sorties sont supportées par une seule et unique sixième barre montée à l'horizontale et opposée transversalement par rapport à la quatrième barre, et

il est prévu de disposer entre les quatrièmes moyens de focalisation et les entrées de la dixième pluralité de fibres optiques des seconds moyens optiques séparateurs propres sur commande à transmettre le quatrième faisceau lumineux dans les entrées de la dixième pluralité de fibres optiques et à transmettre l'ombre portée inscrite dans les sorties de ladite dixième pluralité de fibres optiques vers les cinquièmes moyens de réception opto-électroniques.

Avantageusement, au moins l'une des première à quatrième sources lumineuses est constituée d'une diode électroluminescente ayant une longueur d'onde de l'ordre de 600 à 800 nanomètres.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les éléments photosensibles sont du type à transfert de charge.

Selon une autre caractéristique importante de l'invention, les troisièmes signaux représentant l'ombre portée du véhicule dans son ensemble sont stockés dans une mémoire matricielle de pixels répartis en N lignes et P colonnes, et l'unité de traitement comprend des moyens de traitement d'images de ladite mémoire matricielle propres à en extraire au moins une composante vectorielle représentative d'au moins une caractéristique essentielle et distinctive de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble en vue de la classification automatique dudit véhicule dans une et une seule parmi plusieurs catégories prédéterminées.

En pratique, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des premiers moyens pour découper la mémoire matricielle en un nombre choisi de bandes horizontales possédant chacune un nombre choisi de lignes,

- des moyens premiers de calcul propres à calculer le nombre

de pixels à l'état excité (valeur 1) pour chaque bande horizontale et

- des premiers moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une première composante vectorielle représentative de la répartition verticale de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Selon un autre aspect de l'invention, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des seconds moyens pour découper la mémoire matricielle en un nombre choisi de bandes verticales possédant chacune un nombre choisi de colonnes,

- des seconds moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité pour chaque bande verticale, et

- des seconds moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une seconde composante vectorielle représentative de la répartition horizontale de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des troisièmes moyens pour découper la mémoire matricielle en un nombre choisi de pavés de configuration rectangulaire,

- des troisièmes moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité pour chaque pavé, et

- des troisièmes moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une première composante vectorielle représentative de la répartition surfacique de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les moyens de traitement d'images comprennent des quatrièmes moyens de calcul propres à calculer le centre de gravité de la mémoire matricielle relativement au sous-ensemble de ses éléments à l'état excité (valeur 1).

Selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des premiers moyens de balayage propres à balayer circulairement à angle constant le contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble à partir d'un point choisi de la mémoire matricielle,

- des premiers moyens de mesure propres à mesurer la longueur des segments à angle constant ainsi obtenus ayant pour première extrémité le point choisi et pour seconde extrémité l'intersection desdits segments avec le contour, et

- des quatrièmes moyens propres à associer aux distances des segments ainsi mesurées une quatrième composante vectorielle représentative de la topologie à angle constant de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des seconds moyens de balayage propres à balayer un point choisi de la mémoire matricielle à partir d'une pluralité de points équidistants choisis du contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble,

- des seconds moyens de mesure propres à mesurer la longueur des segments ainsi obtenus ayant pour première extrémité le point choisi de la mémoire matricielle et pour seconde

extrémité les points équidistants choisis du contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble, et

- des cinquièmes moyens propres à associer aux distances des segments ainsi mesurées une cinquième composante vectorielle représentative de la topologie à distance constante de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Avantageusement, les moyens de traitement d'images comprennent en outre des moyens propres à déterminer pour l'ombre portée du véhicule dans son ensemble, les invariants par translation, par rotation et par homothétie.

Enfin, les moyens de traitement d'images comprennent des moyens propres à déterminer le nombre d'essieux du véhicule à traiter.

Selon une autre caractéristique essentielle du dispositif selon l'invention, l'unité de traitement est fondée sur un réseau de classification automatique de type neuronal, muni d'informations tirées d'un apprentissage préalable effectué, pour chaque catégorie de véhicules à traiter, sur un sous-ensemble choisi de véhicules de cette catégorie, et testé sur l'ensemble des véhicules à traiter.

En pratique, les première à cinquième composantes vectorielles représentatives de l'ombre portée d'un véhicule à traiter ainsi extraites de la mémoire matricielle par les moyens de traitement d'images sont appliquées aux entrées du réseau de classification automatique de type neuronal selon un ordre choisi qui range alors à partir de ces composantes vectorielles, le véhicule en cours dans une et une seule catégorie parmi plusieurs catégories prédéterminées.

L'invention a également pour objet un procédé de classification automatique dynamique de véhicules autonomes.

Selon l'invention, le procédé comprend les étapes suivantes :

a) préparer un jeu de données concernant l'ensemble des véhicules à traiter,

b) prévoir un réseau de classification automatique de type neuronal, configuré en mode d'apprentissage,

c) pour chaque catégorie de véhicules à traiter, à l'aide du jeu de données ainsi préparées, effectuer un apprentissage sur un sous-ensemble choisi des véhicules de cette catégorie,

d) à l'aide des informations tirées de l'apprentissage ainsi effectué, tester sur l'ensemble des véhicules à traiter et recommencer à l'étape c) pour les véhicules mal testés.

Selon l'invention, l'étape a) comprend les étapes suivantes :

a1) préparer un jeu d'ombres portées concernant l'ensemble des véhicules à traiter ;
a2) extraire au moins une composante vectorielle représentative de la caractéristique essentielle et distinctive de chaque ombre portée et ;
a3) constituer un jeu de données concernant l'ensemble des véhicules à traiter à partir de ladite composante vectorielle ainsi extraite.

D'autres caractéristique et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un ensemble capteur placé en relation prédéterminée par rapport à la chaussée selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique du dispositif de classification automatique selon l'invention dans lequel l'ensemble capteur fonctionne en mode transmission ; et

- la figure 3 est une vue schématique du dispositif de classification automatique selon l'invention dans lequel l'ensemble capteur fonctionne en mode réflexion.

Sur la figure 1, la référence DC désigne un dispositif de classification automatique à la volée de véhicules autonomes selon l'invention.

Le dispositif de classification automatique DC comprend un ensemble capteur CAP placé en relation prédéterminée par rapport à la chaussée CH.

L'ensemble capteur CAP comprend une première barrière optique BO1 à réseau d'éléments photosensibles ELV, montée en hauteur transversalement au déplacement du véhicule VA.

La première barrière optique BO1 délivre des premiers signaux S1 représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule VA qui s'inscrit dans ladite première barrière BO1 à chaque instant.

Des seconds moyens BO2 délivrent des seconds signaux S2 représentant la vitesse du véhicule à la traversée de la première barrière BO1. En pratique, les seconds moyens BO2 forment une seconde barrière optique à réseau d'éléments photosensibles ELH, montée sensiblement à l'horizontale transversalement au déplacement du véhicule VA.

Il y a lieu de remarquer que les seconds signaux S2 qui représentent l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule VA s'inscrivant dans la seconde barrière BO2 à

chaque instant, représentent aussi l'avancement du véhicule VA par rapport à la première barrière BO1.

Des moyens de pré-traitement PUT combinent les premiers et seconds signaux S1 et S2 pour fournir des troisièmes signaux S3 représentant l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Enfin, une unité de traitement UT recevant les troisièmes signaux S3 range le véhicule VA en cours dans une et une seule parmi plusieurs catégories prédéterminées à partir d'informations prédéterminées mises en mémoire, relatives à des critères prédéterminés du groupe comprenant au moins la longueur, la hauteur, le nombre d'essieux, la hauteur au niveau d'au moins un essieu.

Dans le cas d'une application relative à la classification automatique et dynamique de véhicules autonomes aux points de péage d'autoroute, la seconde barrière optique BO2 se subdivise en une seconde barrière optique de tête BO2T placée en amont de la première barrière BO1, et en une seconde barrière de queue BO2Q en aval de la première barrière BO1.

Avantageusement, la seconde barrière optique BO2 est placée à une hauteur relativement basse par rapport à la chaussée pour permettre la détection de l'avant de tout véhicule indépendamment de sa hauteur.

Par exemple, la seconde barrière optique BO2 est placée à une hauteur par rapport à la chaussée de l'ordre de 20 cm.

Pour éviter de perdre des informations sur l'avant du véhicule, la Demanderesse a défini des conditions que doivent vérifier les longueurs respectives de la seconde barrière de tête BO2T et la seconde barrière de queue BOQ2.

Ainsi, la longueur L1 de la seconde barrière de tête BO2T doit vérifier une condition prédéterminée relative à une distance choisie entre le premier essieu d'un véhicule prédéterminé et l'extrémité avant dudit véhicule.

Ensuite, la longueur L2 de la barrière de queue BO2Q doit vérifier une condition prédéterminée relative à une distance choisie entre le dernier essieu du véhicule prédéterminé et l'extrémité arrière dudit véhicule.

Enfin, la somme des longueurs L1 et L2 doit vérifier une condition prédéterminée relative à une distance choisie entre les premier et dernier essieux d'un véhicule prédéterminé.

Par exemple, la longueur L1 de la seconde barrière de tête BO2T a une valeur supérieure à 2,80 m qui correspond à la plus grande longueur relevée entre le premier essieu d'un véhicule prédéterminé et l'extrémité avant de ce véhicule.

Par exemple, la longueur L2 de la seconde barrière de queue BO2Q a une valeur supérieure à 4,70 m qui correspond à la plus grande longueur relevée entre le dernier essieu d'un véhicule prédéterminé et l'extrémité arrière dudit véhicule.

Par exemple, la somme des longueurs L1 et L2 peut être de l'ordre de 9 m qui correspond à la plus grande longueur relevée entre deux essieux d'un véhicule prédéterminé.

Nous faisons maintenant référence à la figure 2 qui représente schématiquement un dispositif de classification automatique selon l'invention dans lequel l'ensemble capteur CAP décrit en référence à la figure 1 fonctionne en mode transmission.

Une source lumineuse SL1 engendre un premier faisceau lumineux F1. Des moyens de focalisation MF1 de type lentille

par exemple focalisent ledit faisceau lumineux F1 dans les entrées d'une pluralité de fibres optiques FO1 regroupées sous la forme d'un toron en matière plastique TO1. A l'extrémité du toron TO1, la pluralité de fibres optiques FO1 se subdivise en une première sous-famille de fibres optiques 1FO1 et en une seconde sous-famille de fibres optiques 2FO1.

Le pilier P1 d'un portique PQ supporte les sorties S1FO1 de la sous-famille de fibres optiques 1FO1 respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long du pilier P1. Les sorties S1FO1 délivrent des rayonnements lumineux RL1V sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement vertical par rapport à la chaussée CH, et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule VA.

Le pilier P2 du portique PQ, transversalement opposé au pilier P1 supporte les entrées EFO2 d'une pluralité de fibres optiques FO2 respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long du pilier P2 pour recevoir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule VA qui s'inscrit dans les entrées EFO2 de la pluralité de fibres optiques FO2 à chaque instant. La pluralité de fibres optiques FO2 est par exemple enveloppée dans un toron TO2 en matière plastique.

Les sorties SFO2 de la pluralité de fibres optiques FO2 sont reliées respectivement à des moyens de réception opto-électroniques ROE1 à réseau d'éléments photosensibles qui délivrent les premiers signaux S1 représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule VA.

Les piliers P1 et P2 constituent la première barrière optique BO1 qui détecte la présence d'un véhicule VA et mesure sa coupe transversale verticale instantanée. Dès que la présence du véhicule VA est détectée, la coupe transversale verticale instantanée va être échantillonnée à avance cons-

tante du véhicule VA grâce aux informations issues de la seconde barrière optique BO2.

La seconde barrière optique BO2 est sensiblement identique à la première barrière BO1, elle n'en diffère que par sa position relative par rapport à la chaussée CH. Plus précisément, la seconde barrière BO2 est sensiblement disposée dans un plan horizontal par rapport à la chaussée CH tandis que la première barrière BO1 est sensiblement disposée dans un plan vertical par rapport à la chaussée CH.

Avantageusement, la source lumineuse utilisée par la barrière optique BO2 est la même que la source lumineuse SL1 utilisée par la barrière optique BO1.

Une barre BH1 montée à l'horizontale supporte les sorties S2FO1 de la sous-famille de fibres optiques 2FO2 respectivement réparties selon un espace prédéterminé le long de la barre BH1. Les sorties S2FO1 délivrent respectivement des rayonnements lumineux RL1H sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement horizontal par rapport à la chaussée CH et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule VA.

Une barre BH2 montée à l'horizontale, transversalement opposée à la barre BH1 supporte les entrées EFO3 d'une pluralité de fibres optiques respectivement réparties le long de ladite barre BH2 selon un espacement prédéterminé pour recevoir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui s'inscrit dans les entrées de la pluralité de fibres optiques FO3 à chaque instant.

Par exemple, la pluralité de fibres optiques FO3 est enveloppée dans un toron TO3 en matière plastique.

Des moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles ROE2 reliés aux sorties SFO3 de la

pluralité de fibres optiques FO3 délivrent les seconds signaux S2 représentant l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule ainsi reçue, c'est-à-dire l'avancement du véhicule par rapport à la première barrière optique BO1.

Comme mentionné ci-avant, l'échantillonnage de la coupe transversale verticale instantanée du véhicule est arrêté lorsqu'une absence de véhicule est détectée par la barrière optique BO1.

Nous faisons maintenant référence à la figure 3.

Nous retrouvons sur la figure 3 les éléments essentiels et constitutifs de l'ensemble capteur décrit en référence à la figure 2, il n'en diffèrent que par leur mode de fonctionnement qui est cette fois-ci en mode réflexion tandis que le mode de fonctionnement de l'ensemble capteur décrit en référence à la figure 2 est en mode transmission.

Une source lumineuse SL2 engendre un faisceau lumineux F2 qui est ensuite focalisé par des moyens de focalisation MF2 dans les entrées EFO4 d'une pluralité de fibres optiques FO4 regroupées sous la forme d'un toron TO4 en matière plastique. A l'extrémité du toron TO4, la pluralité de fibres optiques FO4 se subdivise en une première sous-famille de fibres optiques 1FO4 et en une seconde sous-famille de fibres optiques 2FO4.

Un pilier P3 monté en hauteur supporte les sorties S1FO4 de la première sous-famille de fibres optiques 1FO4 respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long du pilier P3. Les sorties S1FO4 délivrent respectivement les rayonnements lumineux RL2V sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement vertical par rapport à la chaussée CH et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule VA.

Un pilier P4 monté en hauteur, transversalement opposé au pilier P3 supporte un jeu d'éléments réflecteurs RF1 répartis selon un espacement prédéterminé le long du pilier P4 pour réfléchir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule qui se réfléchit ainsi dans le jeu d'éléments réflecteurs RF1 à chaque instant.

Les sorties S1FO4 de la pluralité de fibres optiques 1FO4 reçoivent l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule ainsi réfléchie par le jeu de réflecteurs RF1 et qui s'inscrit maintenant dans les sorties S1FO4 de la pluralité de fibres optiques 1FO4 à chaque instant.

Il est prévu de disposer entre les moyens de focalisation MF2 et les entrées EFO4 de la pluralité de fibres optiques FO4, des moyens optiques séparateurs SPO propres sur commande à transmettre dans un sens le faisceau lumineux F2 dans les entrées EFO4 de la pluralité de fibres optiques 1FO4 et à transmettre dans l'autre sens l'ombre portée inscrite dans les sorties S1FO4 de la pluralité de fibres optiques 1FO4 vers des moyens de réception opto-électroniques ROE3 à réseau d'éléments photosensibles, ces derniers délivrant enfin les premiers signaux S1 représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule VA.

De son côté, la seconde barrière optique BO2 comprend une source lumineuse par exemple identique à la source lumineuse SL2 qui engendre un faisceau lumineux F2 focalisé par les moyens de focalisation MF2 dans les entrées EFO4 de la pluralité de fibres optiques FO4.

Une barre BH3 montée à l'horizontale, supporte les sorties S2FO4 de la seconde sous-famille de fibres optiques 2FO4 respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long de la barre BH3. Les sorties S2FO4 de la pluralité

de fibres optiques 2FO4 délivrent respectivement des rayonnements lumineux RL2H sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement horizontal par rapport à la chaussée CH, et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule VA.

Une barre BH4 montée à l'horizontale, transversalement opposée à la barre BH3 supporte un jeu d'éléments réflecteurs RF2 répartis le long de la barre BH4 selon un espacement prédéterminé pour réfléchir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui se reflète ainsi dans le jeu d'éléments réflecteurs RF2 à chaque instant.

Les sorties S2FO4 reçoivent l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule ainsi réfléchie par les réflecteurs RF2 et qui s'inscrit maintenant dans les sorties S2FO4 de la seconde sous-famille de fibres optiques 2FO4 à chaque instant.

Les moyens optiques séparateurs SPO transmettent alors sur commande dans un sens le faisceau lumineux F2 dans les entrées EFO4 de la pluralité de fibres optiques 2FO4 et transmettent dans l'autre sens l'ombre portée inscrite dans les sorties S2FO4 de la pluralité de fibres optiques 2FO4 vers les moyens de réception ROE3, ces derniers délivrant enfin les seconds signaux S2 représentant l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule VA.

En pratique, les sources lumineuses SL1 (figure 2) et SL2 (figure 3) sont constituées de diodes électroluminescentes travaillant en infrarouge avec une longueur d'onde de l'ordre de 600 à 800 nanomètres.

Les moyens de pré-traitement PUT combinent les premiers S1 et seconds S2 signaux pour fournir des troisièmes signaux S3 représentant l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Les troisièmes signaux S3 sont stockés ensuite dans une mémoire matricielle MM de pixels répartis en N lignes et P colonnes. L'unité de traitement UT traite alors ladite mémoire matricielle MM pour en extraire des composantes vectorielles représentatives des caractéristiques essentielles et distinctes de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Enfin, à partir des composantes vectorielles ainsi extraites, et mises en mémoire, l'unité de traitement UT range le véhicule en cours dans une et une seul parmi plusieurs catégories prédéterminées.

Comme nous le verrons plus en détail ci-après, les composantes vectorielles sont relatives à des critères prédéterminés du groupe comprenant notammant la longueur, la hauteur, le nombre d'essieux, la hauteur au niveau d'au moins un essieu.

Par exemple en France nous connaissons cinq catégories de véhicules autonomes.

La première catégorie est constituée par les motocyclettes. Cette catégorie se caractérise par le fait que lesdits véhicules ont deux essieux et présentent une hauteur au-dessus de l'essieu avant inférieure à 1 m.

La seconde catégorie de véhicules est constituée par les voitures. Cette catégorie se caractérise par le fait que le véhicule a deux essieux et présente une hauteur au-dessus de l'essieu avant inférieure à 1,30 m.

La troisième catégorie de véhicules est constituée par les camionnettes qui se caractérisent par le fait d'avoir deux essieux et de présenter une hauteur ayant une valeur supérieure ou égale à 1,30 m au-dessus de l'essieu avant.

La quatrième catégorie est constituée des véhicules qui tractent une remorque. Cette catégorie se distingue par le fait que le véhicule présente une hauteur ayant une valeur inférieure à 1,30 m au-dessus de l'essieu avant et présentant plus de deux essieux.

Enfin, la cinquième catégorie est constituée par les camions qui se caractérisent par le fait de présenter une hauteur ayant une valeur supérieure à 1,30 m et d'avoir plus de deux essieux.

Selon l'invention, la classification automatique d'un véhicule dans une et une seule catégorie parmi les cinq catégories mentionnées ci-avant nécessite deux étapes :

a) la détermination de composantes vectorielles représentatives des caractéristiques pertinentes de l'ombre portée du véhicule à traiter ; et

b) la classification automatique à partir des composantes vectorielles ainsi déterminées dans une et une seule catégorie parmi plusieurs catégories.

Dans un premier temps, les composantes vectorielles sont extraites du profil du véhicule grâce à divers traitements d'images que l'on décrira plus en détail ci-après.

Dans un second temps, la classification automatique à partir des composantes vectorielles ainsi extraites, peut s'effectuer à partir de techniques neuronales qui sont en parfaite adéquation avec le problème à résoudre et qui présentent de par leur nature les principaux avantages suivants :

- robustesse aux bruits et aux défaillances éventuelles de l'ensemble capteur, et

- apprentissage des catégories à classifier permettant de généraliser le système à un grand nombre d'applications et de s'affranchir des problèmes liés à l'évolution du contenu des catégories et à l'évolution des catégories.

Nous allons maintenant décrire les différentes techniques de traitement d'images permettant de déterminer les composantes vectorielles pertinentes de l'ombre portée d'un véhicule.

D'une façon générale l'information utilisée par les moyens de traitement d'images consiste à traiter une signature vectorielle extraite de l'image binarisée du véhicule traité. Il est ici à remarquer que les pixels de la mémoire matricielle MM ne peuvent prendre que deux valeurs 0 et 1 par exemple, la valeur 0 représente le fond de l'image, et la valeur 1 la forme du véhicule.

Par exemple, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des moyens pour découper la mémoire matricielle MM en un nombre choisi de bandes horizontales possédant chacune un nombre choisi de lignes ;

- des moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité pour chaque bande horizontale ; et

- des moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une composante vectorielle représentative de la répartition verticale de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Après la répartition de la matière suivant l'axe vertical. Il est possible d'effectuer un traitement d'images pour déterminer la répartition de la matière suivant l'axe horizontal.

En pratique, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des moyens pour découper la mémoire matricielle MM en un nombre choisi de bandes verticales possédant chacune un nombre choisi de colonnes ;

- des moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité pour chaque bande verticale ; et

- des moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une composante vectorielle représentative de la répartition horizontale de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Ensuite, il est possible de déterminer la répartition surfacique de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Ainsi par exemple, les moyens de traitement d'images comprennent :

- des moyens pour découper la mémoire matricielle en un nombre choisi de pavés de configuration rectangulaire ;

- des moyens de calcul propres à calculer, le nombre de pixels à l'état excité pour chaque pavé ; et

- des moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une composante vectorielle représentative de la répartition surfacique de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Un autre traitement d'images consiste par exemple à calculer le centre de gravité de la mémoire matricielle.

Selon un autre aspect de l'invention, les moyens de trai-

tement d'images comprennent :

- des moyens propres à balayer circulairement à angle constant le contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble à partir d'un point choisi de la mémoire matricielle,

- des moyens propres à mesurer la longueur des segments ainsi obtenus ayant pour première extrémité le point choisi et pour seconde extrémité l'intersection desdits segments avec le contour ; et

- des moyens propres à associer aux distances des segments ainsi mesurées une composante vectorielle représentative de la topologie à angle constant de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

Par exemple, les points choisis appartiennent au groupe constitué par le centre de gravité de la mémoire matricielle, ou tout point à la verticale d'un essieu, ou encore au quart de la hauteur du véhicule relevée sur ce même essieu.

Avantageusement, les moyens de traitement comprennent aussi :

- des moyens propres à balayer un point choisi de la mémoire matricielle MM à partir d'une pluralité de points équidistants choisis du contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble,

- des moyens propres à mesurer la longueur des segments ainsi obtenus ayant pour première extrémité le point choisi de la mémoire matricielle MM et pour seconde extrémité les points équidistants choisis du contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble, et

- des moyens propres à associer aux distances des segments

ainsi mesurées une composante vectorielle représentative de la topologie à distance constante de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

De la même façon que précédemment, les points choisis peuvent être le centre de gravité de la mémoire matricielle, tout point à la verticale d'un essieu, ou à la moitié de la hauteur du véhicule relevée sur ce même essieu.

Il est possible encore que les moyens de traitement d'images comprennent des moyens propres à déterminer le nombre d'essieux du véhicule ou encore à déterminer pour l'ombre portée du véhicule dans son ensemble les invariants par translation, par rotation et par homothétie.

Selon l'invention, l'unité de traitement est fondée sur un réseau de classification automatique de type neuronal, muni d'informations tirées d'un apprentissage préalable effectué, pour chaque catégorie de véhicules à traiter, sur un sous-ensemble représentatif choisi des véhicules de cette catégorie, et testé sur l'ensemble des véhicules à traiter.

En pratique, l'une au moins des composantes vectorielles représentatives de l'ombre portée ainsi extraite de la mémoire matricielle par les moyens de traitement d'images est appliquée aux entrées du réseau de classification automatique du type neuronal selon un ordre choisi. Ce réseau range alors à partir des composantes vectorielles ainsi extraites le véhicule à traiter dans une et une seule catégorie parmi les cinq catégories mentionnées ci-avant.

Par exemple le réseau neuronal est celui vendu par la Société NESTOR (Etats-Unis) sous la référence NSD 1000.

En pratique, les vecteurs d'entrée du réseau neuronal sont

des vecteurs normés qui sont sensibles à l'ordre dans lequel ils sont constitués.

Par exemple, il est associé à chaque axe de l'espace vectoriel un et un seul vecteur d'entrée.

Une classification fiable a été obtenue par la Demanderesse en appliquant aux entrées du réseau neuronal les composantes vectorielles relatives à la répartition horizontale, verticale et surfacique de l'ombre portée.

Avantageusement, l'invention porte également sur un procédé de classification automatique dynamique de véhicules autonomes comportant les étapes suivantes :

a) préparer un jeu de données concernant l'ensemble des véhicules à traiter,

b) prévoir un réseau de classification automatique de type neuronal, configuré en mode d'apprentissage,

c) pour chaque catégorie de véhicules à traiter, à l'aide du jeu de données ainsi préparé, effectuer un apprentissage supervisé sur un sous-ensemble choisi des véhicules de cette catégorie, et

d) à l'aide des informations tirées de l'apprentissage ainsi effectué, tester sur l'ensemble des véhicules à traiter et recommencer à l'étape c) pour les véhicules mal testés.

On entend par apprentissage supervisé, le fait qu'aux données préalablement préparées, il est associé des étiquettes qui correspondent aux catégories des véhicules à classer.

Avantageusement, l'étape a) comprend les étapes suivantes :

a1) préparer un jeu d'ombres portées concernant l'ensemble des véhicules à traiter ;

a2) extraire des composantes vectorielles représentatives des caractéristiques essentielles et distinctes de chaque ombre portée ; et

a3) constituer un jeu de données concernant l'ensemble des véhicules à traiter à partir desdites composantes vectorielles ainsi extraites.

Revendications

1. Dispositif de classification automatique à la volée de véhicules autonomes, caractérisé en ce qu'il comprend:

- un ensemble capteur (CAP) placé en relation prédéterminée par rapport à la chaussée (CH), et comprenant au moins:

. de premiers moyens formant une première barrière optique (BO1) à réseau d'éléments photosensibles (ELV), montée en hauteur transversalement au déplacement du véhicule (VA), propre à délivrer de premiers signaux (S1) représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule (VA) qui s'inscrit dans ladite barrière à chaque instant, et

. de seconds moyens (BO2) propres à délivrer de seconds signaux (S2) représentant la vitesse du véhicule (VA) à la traversée de ladite première barrière (BO1), et

- des moyens de pré-traitement (PUT) propres à combiner les premiers (S1) et seconds (S2) signaux pour fournir de troisièmes signaux (S3) représentant l'ombre portée du véhicule (VA) dans son ensemble,

- une unité de traitement (UT) recevant les troisièmes signaux (S3) et propre, à partir d'informations prédéterminées mises en mémoire, relatives à des critères prédéterminés du groupe comprenant au moins la longueur, la hauteur, le nombre d'essieux, la hauteur au niveau d'au moins un essieu, à ranger le véhicule (VA) en cours dans une et une seule parmi plusieurs catégories prédéterminées.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les seconds moyens forment une seconde barrière optique (BO2) à réseau d'éléments photosensibles (ELH), montée sensi-

blement à l'horizontale transversalement au déplacement du véhicule (VA), propre à délivrer les seconds signaux (S2) représentant l'avancement du véhicule (VA) par rapport à la première barrière (BO1).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la seconde barrière optique (BO2) est placée à une hauteur par rapport à la chaussée de l'ordre de 20 cm.

4. Dispositif selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la seconde barrière optique (BO2) se subdivise en une barrière optique de tête (BO2T) placée en amont de la première barrière (BO1), possédant une longueur prédéterminée (L1) et en une barrière de queue (BO2Q) en aval de la première barrière (BO1) et possédant une longueur prédéterminée (L2).

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la longueur (L1) de la barrière de tête (BO2T) vérifie une condition relative à une distance choisie entre le premier essieu d'un véhicule prédéterminé et l'extrémité avant dudit véhicule, en ce que la longueur (L2) de la barrière de queue (BO2Q) vérifie une condition relative à une distance choisie entre le dernier essieu dudit véhicule prédéterminé et l'extrémité arrière dudit véhicule et en ce que la somme (L1+L2) des longueurs respectives de la barrière de tête (BO2T) et de la barrière de queue (BO2Q) vérifie une condition relative à une distance choisie entre les premier et dernier essieux dudit véhicule prédéterminé.

6. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé que les éléments photosensibles (ELV et ELH) sont du type à transfert de charge.

7. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendi-

cations, caractérisé en ce que les premiers moyens formant une première barrière optique (BO1) comprennent:

- une première source lumineuse (SL1) propre à engendrer un premier faisceau lumineux,

- des premiers moyens de focalisation (MF1) pour focaliser ledit premier faisceau lumineux (F1) ainsi engendré dans les entrées (EFO1) d'une première pluralité de fibres optiques (1FO1),

- un premier pilier (P1) monté en hauteur et destiné à supporter les sorties (S1FO1) de la première pluralité de fibres optiques (1FO1) respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long dudit premier pilier (P1), et délivrant respectivement des premiers rayonnements lumineux (RL1V) sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement vertical par rapport à la chaussée (CH), et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule (VA),

- un second pilier (P2) monté en hauteur, transversalement opposé au premier pilier (P1) et destiné à supporter les entrées (EFO2) d'une seconde pluralité de fibres optiques (FO2) respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long dudit second pilier (P2) pour recevoir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule (VA) qui s'inscrit dans lesdites entrées (EFO2) de la seconde pluralité de fibres optiques (FO2) à chaque instant,

- des premiers moyens de réception (ROE1) opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles reliés aux sorties (SFO2) de la seconde pluralité de fibres optiques (FO2) et propres à délivrer les premiers signaux (S1) représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule ainsi reçue.

8. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que les seconds moyens formant une seconde barrière optique (BO2) comprennent:

- une seconde source lumineuse (SL1) propre à engendrer un second faiceau lumineux (F1),

- des seconds moyens de focalisation (MF1) pour focaliser ledit second faiceau lumineux (F1) ainsi engendré dans les entrées (EFO1) d'une troisième pluralité de fibres optiques (2FO1),

- une première barre (BH1) montée à l'horizontale et destinée à supporter les sorties (S2FO1) de la troisième pluralité de fibres optiques (2FO1) respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long de ladite première barre (BH1), et délivrant respectivement des seconds rayonnement lumineux (RL1H) sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement horizontal par rapport à la chaussée (CH) et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule (VA),

- une seconde barre (BH2) montée à l'horizontale, transversalement opposée à la première barre (BH1) et destinée à supporter les entrées (EFO3) d'une quatrième pluralité de fibres optiques (FO3) respectivement réparties le long de ladite seconde barre (BH2) pour recevoir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées (EFO3) de la quatrième pluralité de fibres optiques à chaque instant,

- des seconds moyens de réception opto-électronique (ROE2) à réseau d'éléments photosensibles reliés aux sorties (SFO3) de la quatrième pluralité de fibres optiques (FO3) et propres à délivrer les seconds signaux (F2) représentant l'ombre

portée de la tranche horizontale du véhicule ainsi reçue, c'est-à-dire l'avancement du véhicule par rapport à la première barrière (BO1).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les premiers moyens formant la première barrière optique (BO1) comprennent :

- une troisième source lumineuse (SL2) propre à engendrer un troisième faisceau lumineux (F2),

- des troisièmes moyens de focalisation (MF2) pour focaliser ledit troisième faisceau lumineux (F2) ainsi engendré dans les entrées (EFO4) d'une cinquième pluralité de fibres optiques (1FO4),

- un troisième pilier (P3) monté en hauteur et destiné à supporter les sorties (S1FO4) de la cinquième pluralité de fibres optiques (1FO4) respectivement réparties selon un espacement prédéterminé le long dudit troisième pilier (P3), et délivrant respectivement des troisièmes rayonnements lumineux (RL2V) sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement vertical par rapport à la chaussée (CH), et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule (VA),

- un quatrième pilier (P4) monté en hauteur, transversalement opposé au troisième pilier (P3) et destiné à supporter un premier jeu d'éléments réflecteurs (RF1) répartis le long dudit quatrième pilier (P4) selon un espacement prédéterminé pour réfléchir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule qui se réfléchit dans ledit premier jeu d'éléments réflecteurs (RF1) à chaque instant,

- un cinquième pilier (P3) monté en hauteur, transversalement

opposé au quatrième pilier (P4) et destiné à supporter les entrées (S1FO4) d'une sixième pluralité de fibres optiques (1FO4) respectivement réparties selon un axe prédéterminé le long dudit cinquième pilier (P3) pour recevoir l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées (S1FO4) de la sixième pluralité de fibres optiques (IFO4) à chaque instant,

- des quatrièmes moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles (ROE3) reliés aux sorties (EFO4) de la sixième pluralité de fibres optiques (1FO4) et propres à délivrer les premiers signaux (S1) représentant l'ombre portée de la tranche verticale du véhicule ainsi reçue.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les cinquième et sixième pluralités de fibres optiques (1FO4) constituent une et une seule septième pluralité de fibres optiques (1FO4) dont les entrées et les sorties (S1FO4) sont supportées par un et un seul sixième pilier (P3) monté en hauteur et opposé transversalement par rapport au quatrième (pilier P4),

en ce qu'il est prévu de disposer entre les troisièmes moyens de focalisation (MF2) et la septième pluralité de fibres optiques (FO4) des premiers moyens optiques séparateurs (SPO) propres sur commande à transmettre le troisième faisceau lumineux (F2) dans les entrées (EFO4) de la septième pluralité de fibres optiques et à transmettre l'ombre portée inscrite dans les sorties (SF1O4) de la septième pluralité de fibres optiques vers les quatrièmes moyens de réception opto-électroniques (ROE3).

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les seconds moyens formant une

seconde barrière optique (BO2) comprennent :

- une quatrième source lumineuse (SL2) propre à engendrer un quatrième faisceau lumineux (F2),

- des quatrièmes moyens de focalisation (MF2) pour focaliser ledit quatrième faisceau lumineux (F2) ainsi engendré dans les entrées (EFO4) d'une huitième pluralité de fibres optiques (2FO4),

- une troisième barre (BH3) montée à l'horizontale et destinée à supporter les sorties (S2FO4) de la huitième pluralité de fibres optiques (2FO4) respectivement réparties le long de ladite troisième barre (BH3) selon un espacement prédéterminé, et délivrant respectivement des quatrièmes rayonnements lumineux (RL2H) sensiblement horizontaux dans un plan sensiblement horizontal par rapport à la chaussée (CH), et sensiblement transversaux par rapport au déplacement du véhicule (VA),

- une quatrième barre (BH4) montée à l'horizontale, transversalement opposée à la troisième barre (BH3) et destinée à supporter un second jeu d'éléments réflecteurs (RF2) répartis le long de ladite quatrième barre (BH4) selon un espacement prédéterminé pour réfléchir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui se réfléchit dans ledit second jeu d'éléments réflecteurs (RF2) à chaque instant,

- une cinquième barre (BH3) montée à l'horizontale, transversalement opposée à la quatrième barre (BH4) et destinée à supporter les entrées (S2FO4) d'une neuvième pluralité de fibres optiques (2FO4) respectivement réparties le long de ladite cinquième barre (BH3) selon un espacement prédéterminé pour recevoir l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule qui s'inscrit dans lesdites entrées (S2FO4)

de la neuvième pluralité de fibres optiques (2FO4) à chaque instant,

- des quatrièmes moyens de réception opto-électroniques à réseau d'éléments photosensibles (ROE3) reliés aux sorties (EFO4) de la neuvième pluralité de fibres optiques (2FO4) et propres à délivrer les seconds signaux (S2) représentant l'ombre portée de la tranche horizontale du véhicule ainsi reçue.

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que les huitième et neuvième pluralités de fibres optiques (2FO4) constituent une et une seule dixième pluralité de fibres optiques (2FO4) dont les entrées et les sorties (S2FO4) sont supportées par une seule et unique sixième barre (BH3) montée à l'horizontale et opposée transversalement par rapport à la quatrième barre (BH3),

en ce qu'il est prévu de disposer entre les quatrièmes moyens de focalisation (MF2) et la dixième pluralité de fibres optiques (2FO4) des seconds moyens optiques séparateurs (SPO) propres sur commande à transmettre le quatrième faisceau lumineux (F2) dans les entrées (EFO4) de la dixième pluralité de fibres optiques (EFO4) et à transmettre l'ombre portée inscrite dans les sorties (S2FO4) de ladite dixième pluralité de fibres optiques (2FO4) vers les quatrièmes moyens de réception opto-électroniques (ROE3).

13. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications, caractérisé en ce que l'une des sources lumineuses (SL1 et SL2) est constituée d'au moins une diode électroluminescente ayant une longueur d'onde de l'ordre de 600 à 800 nanomètres.

14. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes re-

vendications, caractérisé en ce que les troisièmes signaux (S3) représentant l'ombre portée du véhicule dans son ensemble sont stockés dans une mémoire matricielle (MM) de pixels répartis en N lignes et P colonnes, et en ce que l'unité de traitement (UT) comprend des moyens de traitement d'images de ladite mémoire matricielle (MM) propres à en extraire des composantes vectorielles représentatives des caractéristiques essentielles et distinctives de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble en vue de la classification automatique dudit véhicule dans une et une seule parmi plusieurs catégories prédéterminées.

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que les moyens de traitement d'images comprennent :

- des premiers moyens pour découper la mémoire matricielle (MM) en un nombre choisi de bandes horizontales possédant chacune un nombre choisi de lignes,

- des premiers moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité (valeur 1) pour chaque bande horizontale,

- des premiers moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé première une composante vectorielle représentative de la répartion verticale de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

16. Dispositif selon la revendication 14 ou la revendication 15, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent:

- des seconds moyens pour découper la mémoire matricielle en un nombre choisi de bandes verticales possédant chacune un nombre choisi de colonnes,

- des seconds moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité (valeur 1) pour chaque bande verticale,

- des seconds moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une seconde composante vectorielle représentative de la répartion horizontale de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent:

- des troisièmes moyens pour découper la mémoire matricielle (MM) en un nombre choisi de pavés de configuration rectangulaire,

- des troisièmes moyens de calcul propres à calculer le nombre de pixels à l'état excité (valeur 1) pour chaque pavé,

- des troisièmes moyens propres à associer au nombre de pixels à l'état excité ainsi calculé une troisième composante vectorielle représentative de la répartion surfacique de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

18. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications 14 à 17, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent en outre des moyens propres à calculer le centre de gravité de la mémoire matricielle relativement au sous-ensemble de ses éléments à l'état excité (valeur 1).

19. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications 14 à 18, caractérisé en ce que les moyens de

traitement comprennent :

- des premiers moyens de balayage propres à balayer circulairement à angle constant le contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble à partir d'un point choisi de la mémoire matricielle,

- des premiers moyens de mesure propres à mesurer la longueur des segments ainsi obtenus ayant pour première extrémité le point choisi et pour seconde extrémité l'intersection desdits segments avec le contour,

- des quatrièmes moyens propres à associer aux distances des segments ainsi mesurées une quatrième composante vectorielle représentative de la topologie de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

20. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications 14 à 19, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent :

- des seconds moyens de balayage propres à balayer un point choisi de la mémoire matricielle à partir d'une pluralité de points équidistants choisis du contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble,

- des seconds moyens de mesure propres à mesurer la longueur des segments ainsi obtenus ayant pour première extrémité le point choisi de la mémoire matricielle et pour seconde extrémité les points équidistants choisis du contour de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble,

- des cinquièmes moyens propres à associer aux distances des segments ainsi mesurées une cinquième composante vectorielle représentative de la topologie de l'ombre portée du véhicule dans son ensemble.

21. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications 14 à 20, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent des moyens propres à déterminer pour l'ombre portée du véhicule dans son ensemble à traiter les invariants par translation, par rotation, et par homothétie.

22. Dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications 14 à 21, caractérisé en ce que les moyens de traitement comprennent des moyens propres à déterminer le nombre d'essieux du véhicule.

23. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité de traitement (UT) est fondée sur un réseau de classification automatique de type neuronal, muni d'informations tirées d'un apprentissage préalable effectué, pour chaque catégorie de véhicules à traiter, sur un sous-ensemble choisi des véhicules de cette catégorie, et testé sur l'ensemble des véhicules à traiter.

24. Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que l'une au moins des première à cinquième composantes vectorielles représentatives de l'ombre portée ainsi extraite de la mémoire par les moyens de traitement est appliquée aux entrées du réseau de classification automatique de type neuronal qui range alors le véhicule en cours dans une et une seule catégorie parmi plusieurs catégories prédéterminées.

25. Procédé de classification automatique dynamique de véhicules autonomes, caractérisé par les étapes suivantes:

a) préparer un jeu de données concernant l'ensemble des véhicules à traiter,

b) prévoir un réseau de classification automatique de type neuronal, configuré en mode d'apprentissage,

c) pour chaque catégorie de véhicules à traiter, à l'aide du jeu de données ainsi préparé, effectuer un apprentissage sur un sous-ensemble choisi des véhicules de cette catégorie,

d) à l'aide des informations tirées de l'apprentissage ainsi effectué, tester sur l'ensemble des véhicules à traiter et recommencer l'étape c) pour les véhicules mal testés.

26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que l'étape a) comprend les étapes suivantes :

a1) préparer un jeu d'ombres concernant l'ensemble des véhicules à traiter ;

a2) extraire des composantes vectorielles représentatives des caractéristiques essentielles et distinctes de chaque ombre portée ; et

a3) constituer un jeu de données concernant l'ensemble des véhicules à traiter à partir desdites composantes vectorielles ainsi extraites.

27. Application du dispositif selon l'une quelconque des précédentes revendications à la classification automatique à la volée de véhicules autonomes aux bornes de péage d'autoroute.

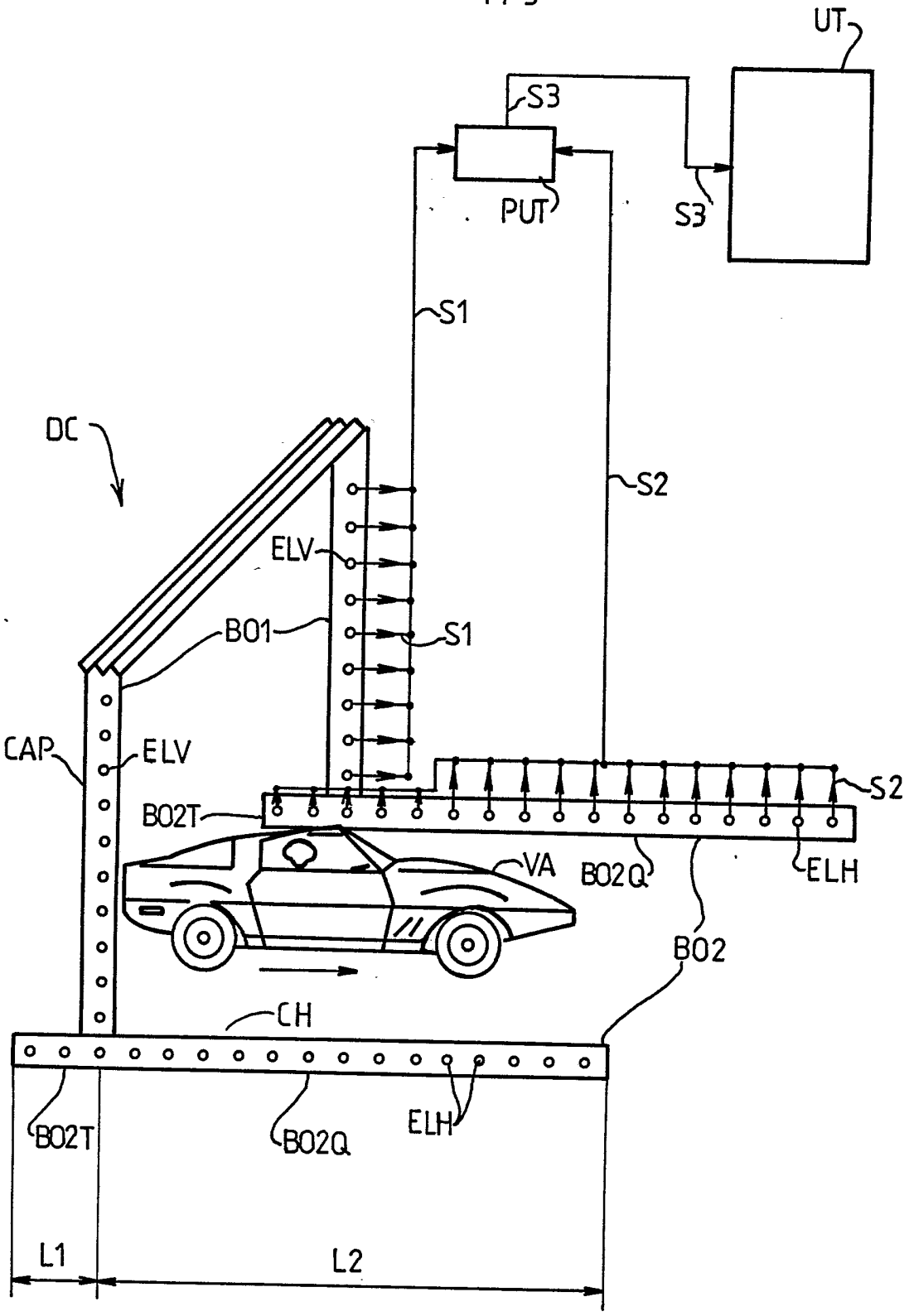

UT
S3
PUT
S3
S1
DC
S2
ELV
BO1
S1
CAP
ELV
S2
BO2T
VA
BO2Q
ELH
BO2
CH
BO2T
BO2Q
ELH
L1
L2

FIG.1

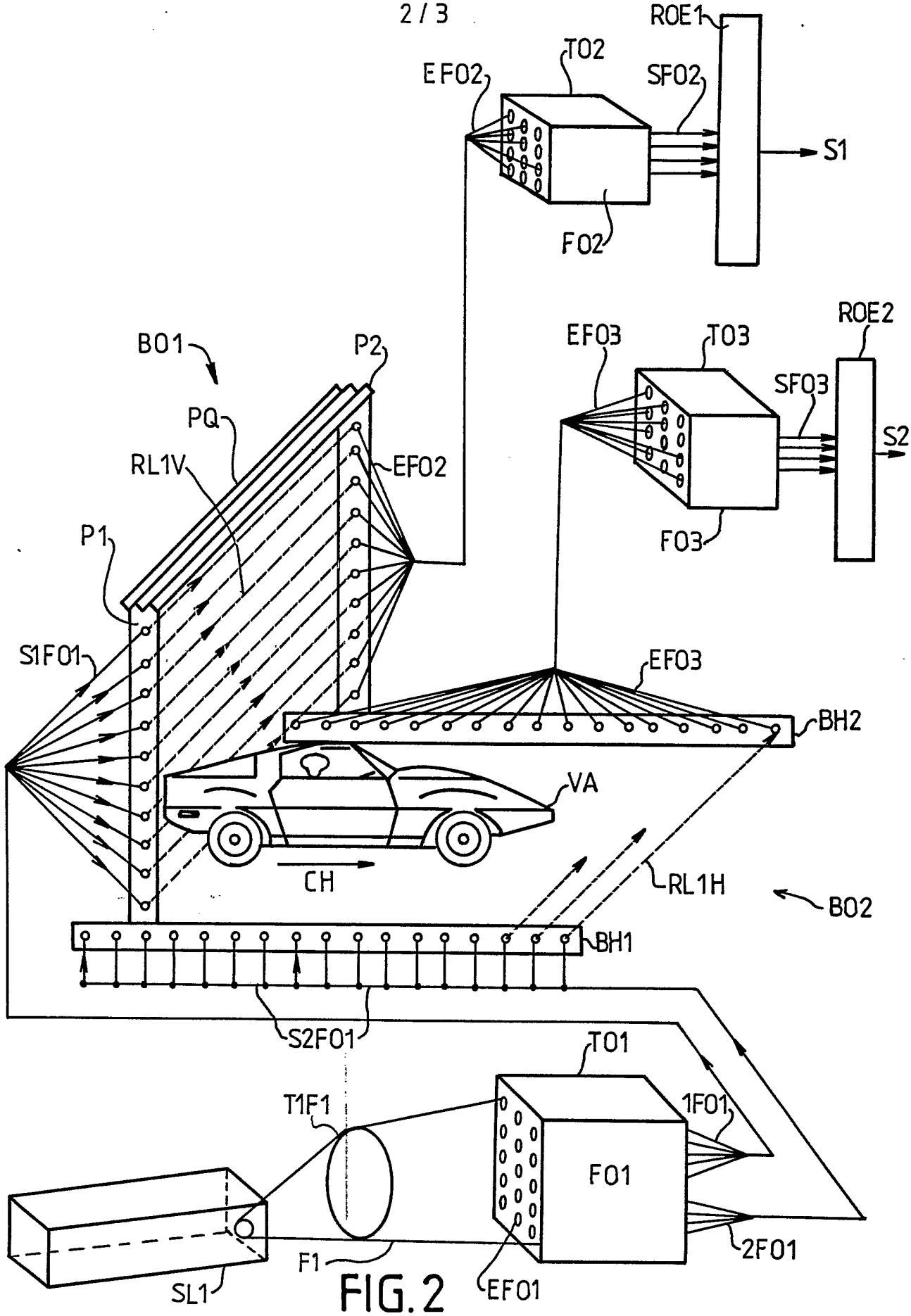

ROE1
TO2
EFO2
SFO2
S1
FO2
ROE2
EFO3
TO3
SFO3
S2
FO3
BO1
P2
PQ
RL1V
EFO2
P1
S1FO1
EFO3
BH2
VA
CH
RL1H
BO2
BH1
S2FO1
TO1
T1F1
1FO1
FO1
2FO1
F1
SL1
EFO1

FIG. 2

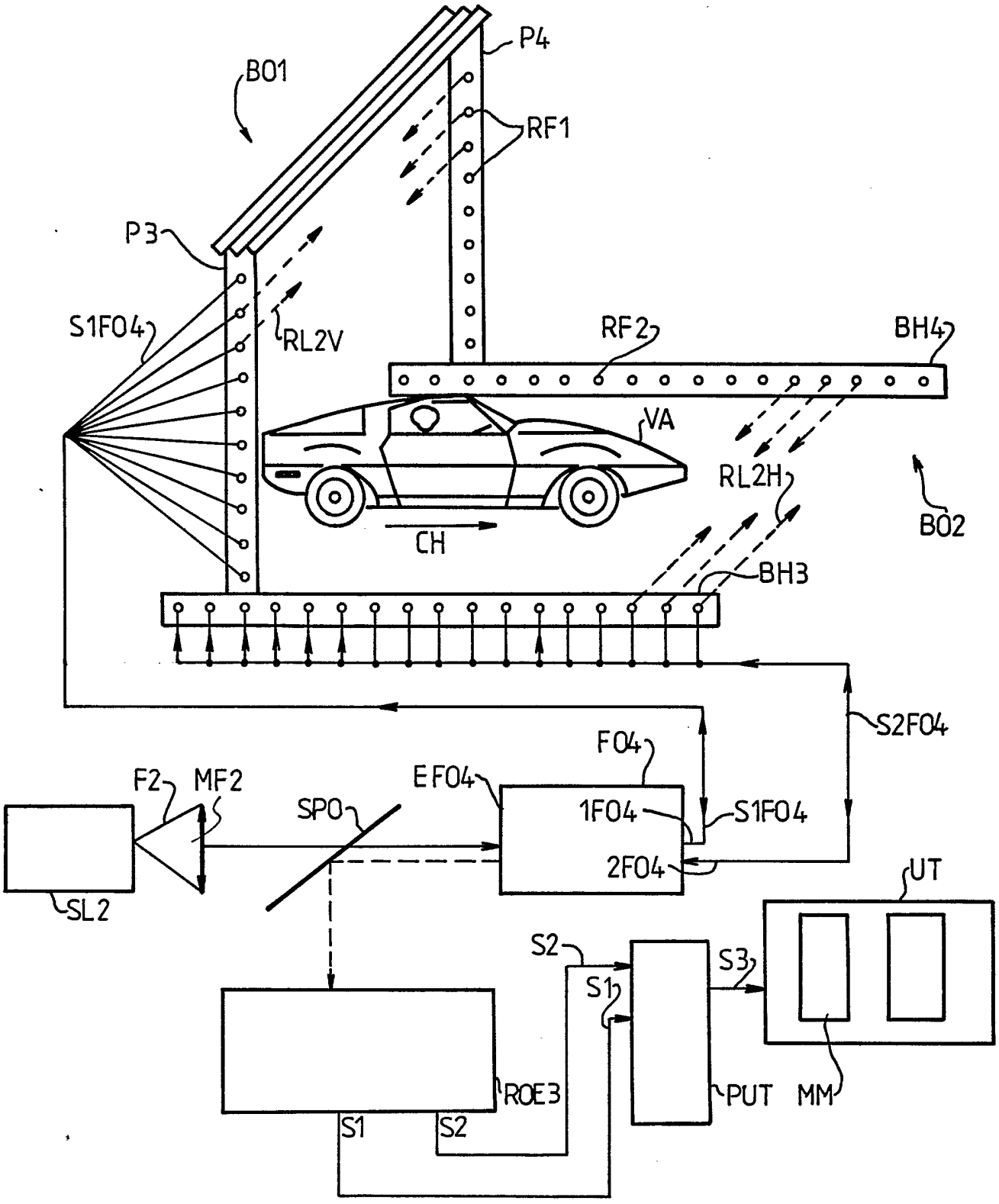

BO1
P4
RF1
P3
S1FO4
RL2V
RF2
BH4
VA
RL2H
BO2
CH
BH3
S2FO4
FO4
F2
MF2
EFO4
SPO
1FO4
S1FO4
2FO4
SL2
UT
S2
S3
S1
ROE3
PUT
MM
S1
S2

FIG.3

2670404

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

N° d'enregistrement national

FR 9015577
FA 450319

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée
Y	FR-A-2 645 310 (ELSYDEL) * page 6, ligne 33 - page 11, ligne 17 * * page 19, ligne 8 - ligne 23; figures 1-11C *	1-5, 25-27
A	---	6-24
Y	DE-A-3 028 072 (SIGNALBAU HUBER-DESIGNA GMBH) * page 3, ligne 3 - page 4, ligne 13; figures 1-2 *	1-5
A	---	6-24
Y	EUROPIXELS 1989, pages 1 - 51; 'Introduction au systeme de developpement ' * page 7, ligne 1 - ligne 22 * * page 42 - page 47 *	25-27
A	---	23,24
A	FR-A-2 404 197 (BRITISH RAILWAYS BOARD) * page 3, ligne 9 - page 5, ligne 27; figures 1-5 * -----	1-24

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)

G08G
G06F

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
03 SEPTEMBRE 1991	CRECHET

1

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant