



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
25.07.2007 Bulletin 2007/30

(51) Int Cl.:
G08G 1/015 ^(2006.01) **G08G 1/042** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07100200.0**

(22) Date de dépôt: **08.01.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

- **Blanpain, Roland**
38380 Entre-deux-Guiers (FR)
- **Flament, Bruno**
38134 Saint Julien de Ratz (FR)
- **Guilhamat, Bernard**
38590 Saint Michel de St. Geoirs (FR)

(30) Priorité: **11.01.2006 FR 0650097**

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard**
Société BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Energie Atomique**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **Cattin, Viviane**
38120 St. Egreve (FR)

(54) **Système magnétique de contrôle de trafic**

(57) L'invention concerne un dispositif de mesure de signatures magnétiques de véhicules, comportant :
- au moins un premier ensemble de capteurs (C^x_0), destinés à être disposés le long d'au moins une première direction (2),
- au moins un deuxième ensemble de capteurs (C^y_i), destinés à être disposés selon au moins une deuxième di-

rection (4), qui coupe la première en un point auquel est disposé un capteur commun (C^{xy}_0), appartenant au premier et au deuxième ensemble,
- des moyens de calcul, pour calculer une relation entre la signature temporelle $S_o(t)$ d'un véhicule passant au-dessus du capteur commun et un profil spatial $S_c(x)$ résultant des mesures effectuées par les capteurs du premier ensemble de capteurs.

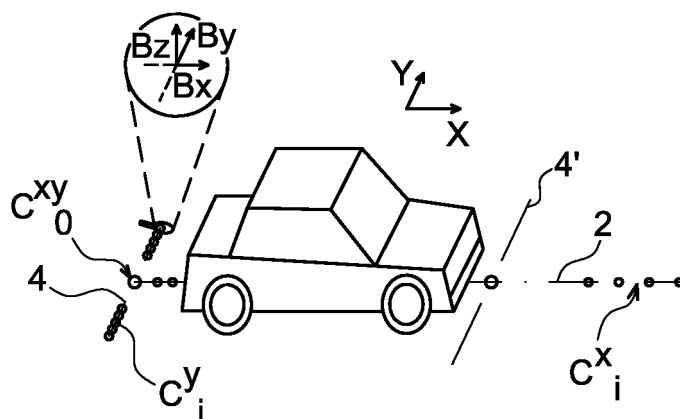


FIG. 2

Description

DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTÉRIEUR

[0001] L'invention concerne un procédé et un dispositif de classification de véhicules à partir de leur signature électromagnétique.

[0002] Elle permet de recueillir des données routières, et par exemple de compter et/ou classer des véhicules automobiles au cours de leurs trajets sur une chaussée.

[0003] L'invention concerne donc le domaine de l'étude et du contrôle du trafic routier, dont les applications sont larges. Citons à titre d'exemple:

- l'identification et la classification par type de véhicule: un exemple caractéristique est la classification au péage autoroutier pour paiement automatique. Le système utilisé actuellement sur les autoroutes est basé sur l'association de plusieurs types de capteurs :
- un interrupteur magnétique, formé de deux boucles de courant, qui permet de détecter la présence d'un véhicule,
- un capteur de type piézoélectrique, disposé à la surface de la chaussée, qui permet de détecter le passage des essieux d'un véhicule pour les compter,
- un capteur optique qui forme un rideau placé transversalement à la route: lorsque le véhicule le traverse, il fournit une estimation de sa hauteur.

[0004] Les principaux inconvénients de ce dispositif sont son coût, un manque de robustesse (notamment par rapport aux conditions climatiques), un entretien difficile (du fait notamment de l'usure des boucles de courant) et un taux d'erreur de classification moyen.

[0005] L'invention permet également l'identification de véhicules particuliers, par exemple pour la régulation du trafic automobile, la surveillance de la fréquentation d'une route, l'optimisation de la circulation, le suivi d'un véhicule sur une zone routière limitée (zone piétonne) ou dans un parking, l'attribution au véhicule identifié d'un service particulier (place de parking privée, abonnement à une station d'essence, ...).

[0006] Une autre application de l'invention est l'authentification de véhicules particuliers: par exemple il peut s'agir d'un véhicule muni d'un système d'identification à distance (badge RFID par exemple) qui est validé via la lecture et l'authentification de la signature magnétique du véhicule (cette signature étant obtenue par un dispositif ou un procédé selon l'invention) .

[0007] Il existe des systèmes basés sur des magnétorésistances ou des réseaux de boucles de courant. Mais, ils sont soit coûteux, soit peu performants en matière de reconnaissance des véhicules.

[0008] Les systèmes magnétiques de contrôle de trafic reposent sur l'exploitation de la signature magnétique d'un véhicule. Une automobile est une masse magnéti-

que qui modifie les lignes de champ car le champ magnétique a tendance à emprunter le parcours de plus grande perméabilité magnétique. De plus, une automobile peut comporter des matériaux ferreux qui modifient la direction et l'intensité du champ magnétique. Le véhicule est globalement représenté par un ensemble de dipôles magnétiques, qui s'ajoutent au champ magnétique terrestre quiescent (c'est-à-dire au repos temporairement) et qui créent une anomalie magnétique qui peut être mesurée par des capteurs magnétiques.

[0009] Ces signaux sont utilisés ensuite dans un système de détection/classification dont l'objectif peut être de compter les véhicules ou les identifier. Chaque classe peut être caractérisée par un certain nombre de paramètres, dont les plus couramment utilisés sont le nombre d'essieux, les distances inter-essieux, la longueur du véhicule, les distances entre chaussée et bas de caisse et/ou entre les essieux.

[0010] Une des difficultés des systèmes de classification repose sur la correspondance temps/espace. En effet, les signatures sont acquises par les capteurs magnétiques au cours du temps. Elles sont donc dépendantes de la vitesse du véhicule: elles peuvent être comprimées si le véhicule accélère, dilatées s'il freine, ou même constantes s'il s'arrête, comme illustré sur la figure 1, sur laquelle les courbes I et II représentent, respectivement, les déformées temporelles de la signature d'un véhicule passant rapidement sur un capteur, et lentement, avec arrêt, sur un autre. A contrario, la signature magnétique spatiale du véhicule est constante.

[0011] On cherche donc une méthode pour passer les signatures temporelles dans le domaine spatial, ceci indépendamment de la vitesse et de la trajectoire du véhicule.

[0012] Le brevet FR-2811789 décrit un système de classification de véhicules permettant d'en détecter la signature électromagnétique à partir d'une seule boucle de courant. Cette signature est numérisée, séquencée, puis datée. La vitesse d'un véhicule peut aussi être calculée, en recherchant l'instant où l'allure de la signature cesse de suivre une loi exponentielle.

[0013] Ce calcul n'est pas assez précis et ne permet pas de contrôler si le véhicule s'est arrêté sur le capteur. Les caractéristiques mesurées sont restreintes à des amplitudes du signal dans sa représentation temporelle et dans sa représentation fréquentielle.

[0014] Le brevet US 5331276 décrit un système de mesure de la vitesse comprenant deux magnétomètres FluxGate biaxiaux, séparés d'une distance connue et orientés précisément l'un par rapport l'autre. La vitesse du véhicule roulant à proximité du système est calculée en formant le rapport entre la dérivée temporelle du champ mesuré (donnée par la dérivée temporelle d'un signal B d'un des magnétomètres) et la dérivée spatiale des signaux mesurés (calculée par la différence instantanée des deux signaux B mesurés sur les deux magnétomètres). Afin que la différence spatiale des champs des deux capteurs soit approximativement égale au gra-

dient spatial, il faut que l'espacement entre les deux capteurs ne soit ni trop court, ni trop grand (il doit être au plus égal à 1/10 de la distance au point de passage le plus proche du véhicule). Cette contrainte limite l'utilisation de ce dispositif à des trajectoires et à des véhicules spécifiques, de moment magnétique équivalent peu variable.

[0015] Plusieurs systèmes de classification de véhicules proposent de déterminer la vitesse en exploitant la différence de temps entre deux signatures mesurées par des capteurs placés à des distances connues. Mais pour que le décalage temporel des signatures donne une bonne estimation de sa vitesse, il faut que celle-ci soit constante sur la base de calcul (distance inter-capteurs). Or dans les conditions normales de trafic routier, les véhicules suivent rarement un mouvement uniforme, surtout à proximité des péages autoroutiers par exemple.

[0016] Le brevet EP 0770978 décrit un tel système de détection de véhicule à plusieurs capteurs disposés dans un sol ou un plafond, placés dans des tubes disposés transversalement à la trajectoire du véhicule. La distance entre deux capteurs voisins dans un tube est inférieure ou sensiblement égale à la largeur normale d'un pneu, de façon à détecter des roues jumelées de véhicules. En plaçant deux tubes de détecteurs parallèles entre eux, transversaux par rapport à la direction longitudinale de la chaussée, et séparés d'une distance connue, il est possible d'identifier les instants de détection d'un véhicule et de calculer le temps mis par le véhicule pour aller d'un dispositif à l'autre. Le brevet US4509131 propose d'utiliser une corrélation pour effectuer un calcul comparable, le dispositif étant placé sur le véhicule et exploitant les signatures magnétiques du sol.

[0017] Le brevet EP 0841647A1 décrit un dispositif de mesure multipoints disposé transversalement à la route. Il permet de réaliser une cartographie du véhicule, en temps et en espace. Un calcul de réduction du nombre de données est utilisé pour extraire de la cartographie un ensemble de valeurs caractéristiques de chaque véhicule, indépendamment de ses dimensions ou du nombre d'essieux. Ce dispositif est utilisé pour identifier chaque véhicule dans le but de surveiller le trafic routier. Ce n'est pas un système de classification. En outre ce procédé, bien qu'établissant une relation temporelle/spatiale, ne permet pas d'obtenir une image de l'objet.

[0018] Il se pose donc le problème de trouver un procédé et un dispositif permettant d'obtenir une telle image spatiale de la signature magnétique du véhicule.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0019] Selon l'invention, on utilise un dispositif multi-capteurs et on exploite des informations spatiales et temporelles pour extraire les caractéristiques des signatures magnétiques des véhicules.

[0020] L'invention concerne d'abord un dispositif de mesure de signatures magnétiques de véhicules, comportant :

- au moins un premier ensemble de capteurs (C_x), destinés à être disposés le long d'au moins une première direction,
- au moins un deuxième ensemble de capteurs (C_y), destinés à être disposés selon au moins une deuxième direction, qui coupe la première en un point auquel est disposé un capteur commun (C_{xy0}), appartenant au premier et au deuxième ensemble,
- des moyens de calcul, pour calculer une relation entre la signature temporelle $S_0(t)$ d'un véhicule passant au-dessus du capteur commun et un profil spatial $S_0(x)$ résultant des mesures effectuées par les capteurs du premier ensemble de capteurs.

[0021] Selon l'invention, on utilise des premières mesures magnétiques selon la direction de déplacement pour obtenir une loi entre le temps et la position des capteurs, puis on applique cette loi à une autre série de mesures réalisées dans au moins une autre direction. La notion temporelle disparaît et on obtient une image spatiale de l'objet, mais qui n'est pas une photo de l'objet à un instant t puisque, en quelque sorte, le temps a été « étiré » sur les premiers capteurs.

[0022] Au moins une deuxième direction peut être perpendiculaire à la première direction. Un dispositif selon l'invention peut en outre comporter un troisième ensemble de capteurs destinés à être disposés selon au moins une troisième direction, qui coupe la première en un point auquel est disposé un capteur commun, appartenant au premier et au troisième ensemble.

[0023] Les moyens de calcul peuvent en outre permettre de calculer la vitesse du véhicule.

[0024] Un dispositif selon l'invention peut comporter une pluralité de premiers ensembles de capteurs et une pluralité de deuxièmes ensembles de capteurs formant une matrice 2D de capteurs, la matrice pouvant être creuse.

[0025] Selon une variante, dispositif selon l'invention peut comporter un premier ensemble de capteurs, au moins un deuxième ensemble de capteurs, et au moins une matrice 2D de capteurs disposée sur au moins un des côtés du premier ensemble.

[0026] Au moins un capteur de champ ou de gradient du champ, 1D, ou 2D ou 3D peut être disposé suivant la direction verticale, ou être déporté.

[0027] Les moyens de calculs peuvent permettre de former une représentation spatiale de la signature des véhicules, et/ou d'extraire de ladite représentation spatiale des paramètres d'identification du véhicule, par exemple, par seuillage de ladite représentation spatiale, la longueur et/ou la largeur du véhicule, ou, par détection des maxima d'intensité, le nombre d'essieux du véhicule, et/ou de calculer l'énergie de la signature et/ou au moins une partie de ses coefficients de Fourier et/ou l'angle parcouru par le vecteur champ magnétique (à l'aide, en outre, d'un capteur de champ triaxe), et/ou la dérive de la signature $P(X,Y)$ suivant X et/ou une carte de gradients et/ou un gradient vertical du champ et le rapport de ce

gradient au champ.

[0028] Ces paramètres peuvent être utilisés dans un algorithme de classification.

[0029] L'invention concerne également un procédé de reconnaissance de la signature magnétique d'un objet en déplacement comprenant la mise en oeuvre d'un dispositif selon l'invention, tel que décrit ci-dessus.

[0030] Selon l'invention, on utilise des premières mesures magnétiques selon la direction de déplacement pour obtenir une loi entre le temps et la position des capteurs, puis on applique cette loi à une autre série de mesures réalisées dans au moins une autre direction. La notion temporelle disparaît et on obtient une image spatiale de l'objet, mais qui n'est pas une photo de l'objet à un instant t puisque, en quelque sorte, le temps a été « étiré » sur les premiers capteurs.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0031]

- La figure 1 représente un exemple simulé de la déformée temporelle d'une signature d'un véhicule passant rapidement sur un capteur, et lentement, avec arrêt, sur un autre,
- la figure 2 représente un dispositif, selon l'invention, en « T », à deux lignes,
- la figure 3 représente un « morphing », permettant de relier une fonction temporelle $S_0(t)$ et une fonction spatiale $S_0(x)$,
- les figures 4A - 4I représentent des images pour 3 composantes, avant et après transformation de type « morphing »,
- les figures 5A - 5C représentent des variantes de dispositifs selon l'invention,
- la figure 6 illustre un mode de réalisation d'un dispositif bimatriciel,
- la figure 7 illustre un mode de réalisation d'un dispositif à plusieurs « T ».

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0032] Un dispositif selon l'invention et différentes variantes ainsi que leur mise en oeuvre vont d'abord être décrits.

[0033] On décrit ensuite le traitement des données.

[0034] Un premier mode de réalisation de l'invention met en oeuvre un dispositif multicapteurs.

[0035] Des informations spatiales et temporelles sont exploitées, afin d'extraire les caractéristiques des signatures magnétiques des véhicules. Chaque capteur est un élément capable de mesurer une ou plusieurs composantes du champ magnétique local ou du gradient magnétique local (comme des magnétomètres de type « FluxGate » par exemple).

[0036] Ces capteurs sont répartis, comme illustré sur la figure 2, sur au moins une ligne 2 orientée parallèle-

ment à la direction de roulage (sens noté X, capteurs C^X_i) et sur au moins une ligne 4 orientée différemment (sens noté Y, capteurs C^Y_i), ces lignes comportant au moins un capteur C^{XY}_0 commun.

[0037] On dispose alors d'informations temporelles et spatiales, qui peuvent être reliées par une technique dite de « morphing », telle que par exemple décrite dans l'article de C.S. Myers et al. « a comparative study of several dynamic time-warping algorithms for connected - word recognition », The Bell System technical Journal, vol. 60, No7, 1981. On peut ainsi construire la photo spatiale 2D de la signature du véhicule.

[0038] La disposition décrite ci-dessus couvre un ensemble de cas, dont certains sont illustrés à titre d'exemple dans les paragraphes suivants.

[0039] Selon un premier exemple de réalisation, appelée dispositif de base, on dispose les capteurs par exemple en forme de « T » (cas de la figure 2).

[0040] Dans une première version, le nombre de capteurs est réduit : on se limite à deux lignes, contrairement au cas général où on peut avoir plus de deux lignes. On dispose :

- $N_x (>1)$ capteurs C^X_i sur une seule ligne 2,
- $N_y (>1)$ capteurs C^Y_i sur une seule ligne 4.

[0041] Sur la figure 2, Y est perpendiculaire à X, donc transverse au sens de roulage.

[0042] Ces deux lignes 2, 4 ont au moins un capteur C^{XY}_0 en commun, à leur intersection. Celle-ci peut être située n'importe où le long des lignes 2 et 4. Par exemple, la figure 2 situe le capteur C^{XY}_0 au début de la ligne 2 et au centre de la ligne 4, mais d'autres dispositions sont possibles, la ligne 4 pouvant par exemple être située entre les extrémités de la ligne 2 (voir position 4' sur la figure 2) avec un capteur C^{XY}_0 en commun entre les lignes 2 et 4'.

[0043] En outre, les capteurs peuvent être uniformément répartis sur chaque ligne, ou disposés avec un pas variable. Notamment, sur la ligne 4, il est intéressant de concentrer la densité de capteurs dans les zones où, statistiquement, les roues des véhicules peuvent passer, afin de disposer notamment des signatures des essieux, éléments importants dans la classification automobile. C'est ce cas particulier qui est représenté sur la figure 2.

[0044] A chaque instant, les mesures issues des capteurs C^X_i disposés le long de la ligne 2 fournissent un profil spatial $S_0(x)$, ou coupe suivant X, de la signature du véhicule.

[0045] Un pré-traitement, de type seuillage par exemple, permet de détecter le début et la fin de la signature magnétique utile.

[0046] Chaque profil spatial est, en tout ou en partie, comparable à la mesure temporelle $S_0(t)$, issue du capteur C^{XY}_0 lorsque le véhicule passe au-dessus de l'intersection des lignes 2, 4. La principale différence provient de la déformation temporelle de la signature spatiale liée à la vitesse du véhicule. Des dissemblances mineures

peuvent aussi apparaître localement le long de la signature magnétique, puisque $S_0(t)$ est un développé de la signature locale (en C^{xy}_0) du véhicule, alors que $S_0(x)$ est un instantané. Globalement, le signal $S_0(t)$ peut être vu comme une version comprimée du signal $S_0(x)$ (si le véhicule accélère), dilatée (s'il freine), constante (s'il s'arrête), voire même retournée (si le véhicule recule), et éventuellement déformée ainsi par morceaux.

[0047] On peut utiliser une technique de « morphing » (comme par exemple l'algorithme « Direct Time Warping » utilisé en traitement de la parole, voir référence bibliographique donnée précédemment, article de C.S. Myers et al.) pour déterminer la relation $L(t - x)$ entre ces deux signaux $S_0(x)$ et $S_0(t)$.

[0048] Un algorithme de « morphing » cherche la correspondance point à point entre deux formes, comme illustré sur la figure 3, sur laquelle les courbes I' et II' représentent respectivement $S_0(x)$ et $S_0(t)$. L'algorithme permet de retrouver un point de la signature spatiale $S_0(x)$ ayant subi :

- un éloignement plus ou moins fort par rapport au point voisin (accélération ou freinage),
- une répétition pendant un certain temps (arrêt),
- un éloignement en sens opposé (recul).

[0049] La technique de « morphing » s'applique bien à ce problème car l'ensemble des dipôles magnétiques qui forment un véhicule suit la même cinétique.

[0050] Il s'agit d'une technique permettant de passer progressivement d'un signal à un autre, de la façon la plus continue possible. Une telle technique est par exemple décrite dans le document de C.S. Myers déjà cité ci-dessus.

[0051] De plus, la relation $L(t - x)$ est également caractéristique du profil de vitesse du véhicule lors de son passage au dessus du capteur C^{xy}_0 . A l'issue de l'étape de « morphing », on obtient la relation donnant x en fonction de t , $x=f(t)$. La vitesse résulte de l'intégration de cette fonction.

[0052] Ensuite, les données issues des capteurs C^y_i sont exploitées.

[0053] Au cours du temps, ces mesures forment une image $I(t, Y)$ répartie suivant le temps et sur la ligne 4. On peut appliquer la relation $L(t-x)$, déterminée précédemment, à chaque colonne i de $I(t, Y)$ c'est-à-dire à chaque signal temporel issu des capteurs C^y_i .

[0054] On obtient ainsi une photo $P(X, Y)$ de la signature du véhicule, issue d'une seule ligne de capteurs. Ainsi sont représentées :

- en figures 4A - 4C : les images $I(t, Y)$ pour les 3 composantes B_x, B_y, B_z du champ ;
- en figures 4D - 4F : les coupes centrales illustrant $S_0(t)$ après « morphing » (en trait fin) à $S_0(x)$ (en trait gras) (pour chaque composante B_x, B_y, B_z).
- en figures 4G - 4I : les images $P(X, Y)$ spatiales issues des capteurs C^y_i . (Là encore : pour chaque

composante B_x, B_y, B_z).

[0055] $P(X, Y)$ est un déroulé temporel de la signature, replacé dans l'espace, sans avoir à déterminer la vitesse du véhicule ou sans émettre aucune hypothèse sur sa trajectoire.

[0056] Son acquisition est donc indépendante de la vitesse de roulage et de la trajectoire du véhicule.

[0057] Selon l'invention, un procédé de reconnaissance de la signature magnétique d'un objet en déplacement comprend :

- la mesure temporelle $S_0(t)$ par un capteur magnétique Co (le capteur C^{xy}_0) placé sur la trajectoire de l'objet,
- la mesure $S(x)$ à un instant t_a par des premiers capteurs magnétiques C^x_i alignés avec Co selon la direction 2 de déplacement selon X ,
- la comparaison point à point du signal temporel $S_0(t)$ et du signal spatial $S(x)$,
- l'élaboration d'une relation $t(x)$ entre les temps t et les sites ou les positions x le long de la direction de déplacement,
- les mesures $S_y(t)$ au cours du temps par des seconds capteurs magnétiques C^y_i alignés avec Co selon une direction Y (direction 4 ou 4') différente de la direction de déplacement 2,
- la transformation par la relation $t(x)$ des mesures $S_y(t)$ en un signal spatial $S_y(x)$, image magnétique spatiale de l'objet.

[0058] Selon un deuxième exemple de réalisation, le dispositif de base peut prendre d'autres formes, et l'invention décrite ci-dessus peut être appliquée dans différentes configurations des capteurs.

[0059] On cherche, dans les différentes configurations, à avoir une ligne 2 disposée dans le sens du roulage du véhicule (sens X), et un capteur commun avec une autre ligne 8 de capteurs, le long de laquelle sera appliqué le « morphing ».

[0060] Les figures 5A - 5C présentent plusieurs exemples de géométrie selon cette réalisation :

- figure 5A : système à lignes de capteurs 2, 40 formant un « V » ;
- figure 5B : système à lignes de capteurs 2, 42 formant un demi « T » transverse ;
- figure 5C : système à plusieurs lignes « Y » 42, 44, 46, chacune faisant un angle avec la ligne 2 ; Comme pour le cas de la figure 2, la technique de « morphing » peut être appliquée pour chaque ligne « Y » 42, 44, 46 à partir de la signature $S(x)$ et de chaque signature temporelle issue du capteur commun entre chaque ligne « Y » et la ligne des capteurs formant $S(x)$.

[0061] Selon un troisième exemple de réalisation (figure 6), on forme un dispositif matriciel « creux » : n li-

gnes 2, 2_1 , 2_2 , 2_3 , ..., 2_n sont disposées parallèlement entre elles, dans le sens de déplacement des véhicules, tandis que m lignes 4, 4_1 , 4_2 , 4_3 , ..., 4_m sont disposées selon la direction Y, parallèlement entre elles. Ces m lignes pourraient être disposées autrement que perpendiculairement à l'axe X. Un capteur est disposé à chaque intersection $2_i - 4_j$.

[0062] On utilise le faible coût et la compacité des capteurs mis en oeuvre pour réunir une plus grande quantité d'information: le dispositif forme une matrice 2D, ou un tapis, de capteurs qui sont répartis sous la chaussée, de façon uniforme ou non.

[0063] Cette matrice est « creuse » à certains endroits : il manque des capteurs ou leur densité n'est pas satisfaisante pour la précision requise par l'application. On utilise alors le principe décrit ci-dessus (« morphing ») pour compléter les données manquantes.

[0064] On choisit, dans la matrice, deux lignes telles que décrites précédemment pour former un système à deux lignes à l'intersection desquelles se trouve un capteur, et on applique la technique du morphing permettant de reconstruire les données manquantes dans la zone choisie. On peut répéter cette opération à plusieurs endroits de la matrice.

[0065] A chaque instant, les mesures réalisées par tous les capteurs forment une photo spatiale P (X, Y) de la signature du véhicule, complétée à certains endroits par la technique selon la présente invention.

[0066] Comme précédemment, l'acquisition de cette photo est indépendante de la vitesse de roulage et de la trajectoire du véhicule.

[0067] Un quatrième exemple de réalisation est un système à plusieurs dispositifs de base (figure 7).

[0068] On ajoute à un des dispositifs de base (sur la figure 7 : un dispositif en « T »), décrits ci-dessus en liaison avec les figures 5A - 5C, une petite matrice 300 de capteurs (notée M_{ij}) placée sur un des côtés (ou les deux côtés) du « T », et occupant une longueur l_x .

[0069] Ainsi, on peut obtenir localement une image instantanée d'une partie de la signature des véhicules. En particulier, si l_x vaut environ 3 m, cette matrice fournit le déroulé spatial d'un ou plusieurs ensembles essieu + roue + pneu d'une voiture ou d'un camion.

[0070] De plus, la matrice M_{ij} permet également de capter les signatures de petits véhicules qui pourraient fournir un signal très faible sur la ligne 2 de capteurs. Ceci peut notamment arriver lorsqu'une moto circule dans un chenal de péage en se serrant bien d'un côté pour effectuer la transaction.

[0071] A chaque instant, la photo 2D issue des capteurs de la matrice permet de localiser la moto. Un prétraitement fournit le début et la fin de la signature utile.

[0072] On peut ainsi déterminer quelle ligne de capteurs M_i de la matrice coïncide le mieux avec l'axe de roulage de la moto.

[0073] Cette ligne peut alors être utilisée avec la ligne de capteur 4 pour former à nouveau un dispositif en « T »,

comme expliqué ci-dessus, de dimension et de positionnement plus adaptés à ce véhicule. Par un procédé de « morphing » identique à celui déjà présenté ci-dessus, on peut alors récupérer la photo P(X,Y) de la signature magnétique spatiale de la moto.

[0074] Selon un cinquième exemple de réalisation, on ajoute à l'un des dispositifs décrits ci-dessus au moins un capteur (de champ ou de gradient du champ, 1D, 2D ou 3D) suivant la direction verticale. Ce système permet de mesurer, à une distance D_z , une ou plusieurs composantes du champ (ou du gradient) dans au moins un plan différent de celui d'un des dispositifs décrits précédemment. Cette information peut être pertinente pour disposer de données relative à la hauteur des véhicules.

[0075] Un sixième exemple de réalisation est un dispositif avec une référence déportée.

[0076] Dans cette version, on ajoute au dispositif décrit précédemment des moyens de mesure de référence (champ ou gradient de champ 1D, ou 2D ou 3D) déportée. Ceci signifie que ces moyens sont situés suffisamment loin de la zone de mesure pour ne pas être sensibles au passage du véhicule. Cette mesure de référence permet d'améliorer la précision de mesure en soustrayant le bruit géomagnétique et environnant (bruit industriel, tramway, réseau électrique, ...)

[0077] Lors de la mise en place du dispositif, les capteurs peuvent être par exemple regroupés en lignes, qui sont vues comme des branches du système arborescent qui gère l'acquisition et le stockage des données.

[0078] Une ligne comporte 1 ou plusieurs noeuds, chacun comportant un capteur mono, bi ou tri axe et l'électronique associée (filtrage, amplification, numérisation, multiplexage). Chaque noeud est mis en liaison sur un bus numérique d'échange d'information haut débit (USB par exemple).

[0079] Un système central 50 (figure 6), par exemple un microordinateur spécialement programmé à cet effet, par exemple déporté au bord de la chaussée, gère le multiplexage, le cadencement des acquisitions, et le stockage de données. Il embarque également des moyens ou le système de traitement qui réalise l'exploitation des mesures (prétraitement, morphing, extraction des paramètres, classification).

[0080] Physiquement, les lignes peuvent se présenter sous la forme de tubes enfouis sous la chaussée ou des barrettes insérées dans des rainures pratiquées à la surface d'un revêtement routier. Ce mécanisme présente l'avantage d'une plus grande facilité de mise en place du dispositif de classification et un entretien moindre par rapport aux boucles de courant (qui subissent « durement » la déformation de la route et les passages incessants des véhicules). Si un capteur s'avère défectueux, la ligne est extraite du sol, et le capteur aisément remplacé. Le système central 50 n'est pas modifié. De même, on peut utiliser tout ou une partie des lignes, en fonction des besoins du système de classification, sans devoir intervenir sur la chaussée.

[0081] L'exploitation des données va maintenant être

décrite.

[0082] Tous les dispositifs et procédés décrits précédemment permettent de capturer la photo 2D spatiale P (X,Y) du véhicule. Dans le cas où plusieurs composantes du champ ou de gradient sont enregistrées, on obtient autant d'images que de composantes.

[0083] Dans un premier temps, les paramètres identifiant le véhicule, ou son type, sont extraits de la photo. Celle-ci fournit l'image de la répartition des dipôles caractéristiques de la signature.

[0084] Par exemple, par seuillage, les dimensions spatiales de la signature dans le sens Y et X fournissent les largeur et longueur du véhicule, quelle que soit sa vitesse, qu'il soit en roulage, arrêté, ou même en marche arrière.

[0085] La détection des maxima d'intensité fournit le nombre d'essieux, ainsi que leur positionnement 2D et leur écartement relatif.

[0086] L'exploitation du contenu spectral de l'image donne l'énergie de la signature et ses principaux coefficients de Fourier.

[0087] Si l'on dispose de trois photos, issues de capteurs de champ tri-axes, il est également possible de calculer l'angle parcouru par le vecteur champ magnétique total du véhicule $B = B_x + B_y + B_z$. Celui-ci est caractéristique du caractère doux ou perturbé de la signature, et peut être indicatif de la hauteur entre véhicule et sol.

[0088] Avec un dispositif selon l'invention, les données obtenues dans la direction X peuvent être fortement suréchantillonnées sans coût d'installation supplémentaire lié aux capteurs et à l'électronique associée, puisqu'elles sont issues d'une acquisition temporelle. On peut alors facilement approximer la dérive de P(X,Y) suivant X en calculant la différence $P(X_i, Y) - P(X_{i-1}, Y)$. On obtient alors une carte de gradients dont l'exploitation peut permettre de mieux localiser les essieux du véhicule.

[0089] Par prolongement d'une carte de gradients (mesurés ou calculés), on peut obtenir le gradient vertical et calculer, via le rapport du gradient vertical sur le champ, une indication de la distance séparant les sources magnétique qui caractérisent le véhicule des capteurs, c'est à dire une grandeur liée à la hauteur du véhicule.

[0090] Dans un deuxième temps, ces paramètres sont utilisés dans un algorithme de classification. Une solution repose sur la mise en oeuvre des apprentissage-restitution de type réseau de neurones, par exemple.

[0091] Un dispositif 50, tel qu'un microordinateur, est programmé pour mettre en oeuvre l'un des procédés décrits ci-dessus, à partir des mesures délivrées par les capteurs.

Revendications

1. Dispositif de mesure de signatures magnétiques de véhicules, comportant:

- au moins un premier ensemble de capteurs (C^x_i), destinés à être disposés le long d'au moins une première direction (2),
- au moins un deuxième ensemble de capteurs (C^y_j), destinés à être disposés selon au moins une deuxième direction (4), qui coupe la première en un point auquel est disposé un capteur commun (C^{xy}_0), appartenant au premier et au deuxième ensemble,
- des moyens (50) de calcul, pour calculer une relation entre la signature temporelle $S_0(t)$ d'un véhicule passant au-dessus du capteur commun et un profil spatial $S_0(x)$ résultant des mesures effectuées par les capteurs du premier ensemble de capteurs.

2. Dispositif selon la revendication 1, au moins une deuxième direction étant perpendiculaire à la première direction.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, comportant un troisième ensemble de capteurs destinés à être disposés selon au moins une troisième direction, qui coupe la première en un point auquel est disposé un capteur commun (C^{xy}_1), appartenant au premier et au troisième ensemble.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, les moyens de calcul permettant en outre de calculer la vitesse du véhicule.
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, comportant une pluralité de premiers ensembles de capteurs et une pluralité de deuxièmes ensembles de capteurs formant une matrice 2D de capteurs.
6. Dispositif selon la revendication 5, la matrice étant creuse.
7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, comportant un premier ensemble de capteurs, au moins un deuxième ensemble de capteurs, et au moins une matrice 2D de capteurs disposée sur au moins un des côtés du premier ensemble.
8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, comportant en outre au moins un capteur de champ ou de gradient du champ, 1D, ou 2D ou 3D suivant la direction verticale.
9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, comportant en outre au moins un capteur de champ ou de gradient du champ, 1D, ou 2D ou 3D déporté.
10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, les moyens de calculs permettant de former une représentation spatiale de la signature des véhicules.

11. Dispositif selon la revendication 10, les moyens de calcul permettant d'extraire de ladite représentation spatiale des paramètres d'identification du véhicule.
12. Dispositif selon la revendication 11, les moyens de calcul permettant d'extraire, par seuillage de ladite représentation spatiale, la longueur et/ou la largeur du véhicule. 5
13. Dispositif selon la revendication 11 ou 12, les moyens de calcul permettant d'extraire, par détection des maxima d'intensité, le nombre d'essieux du véhicule. 10
14. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, les moyens de calcul permettant de calculer l'énergie de la signature et/ou au moins une partie de ses coefficients de Fourier. 15
15. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14, comportant en outre un capteur de champ triaxe, les moyens de calcul permettant de calculer l'angle parcouru par le vecteur champ magnétique. 20
16. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 15, les moyens de calcul permettant de calculer la dérive de la signature $P(X,Y)$ suivant X . 25
17. Dispositif selon la revendication 16, les moyens de calcul permettant de calculer une carte de gradients. 30
18. Dispositif selon la revendication 16 ou 17, les moyens de calcul permettant de calculer un gradient vertical du champ et le rapport de ce gradient au champ. 35
19. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 18, lesdits paramètres étant utilisés dans un algorithme de classification. 40

45

50

55

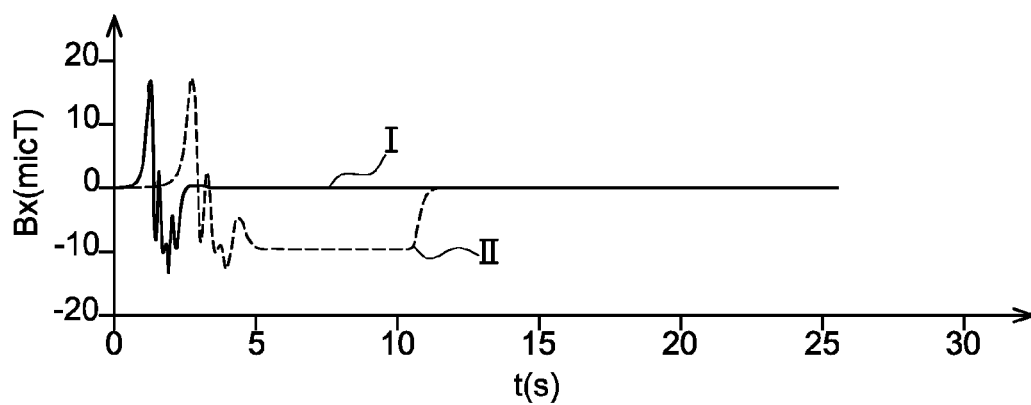


FIG. 1

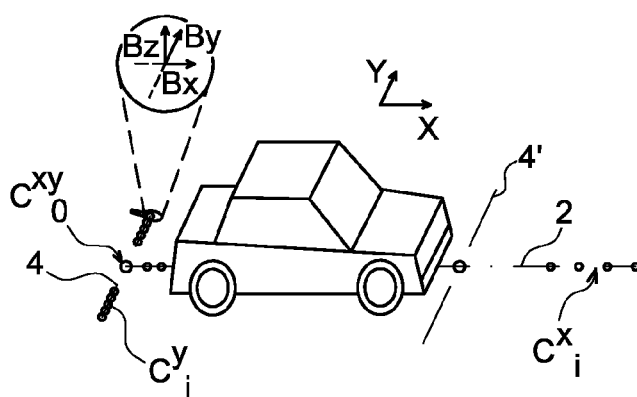


FIG. 2

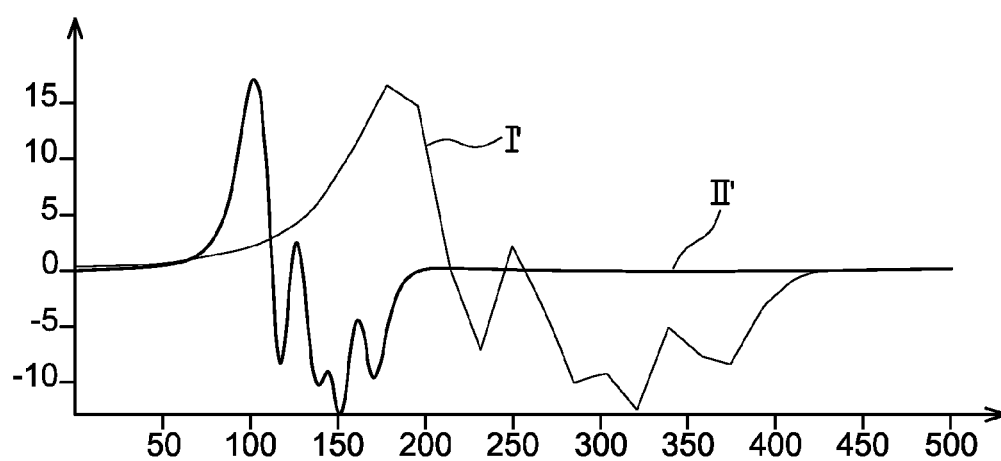


FIG. 3

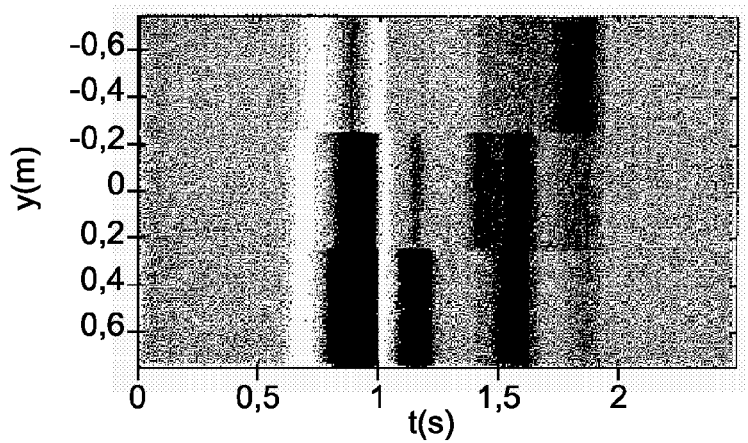


FIG. 4A

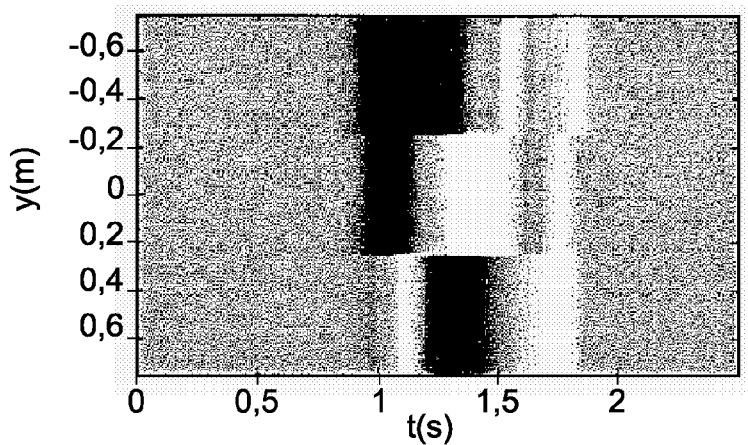


FIG. 4B

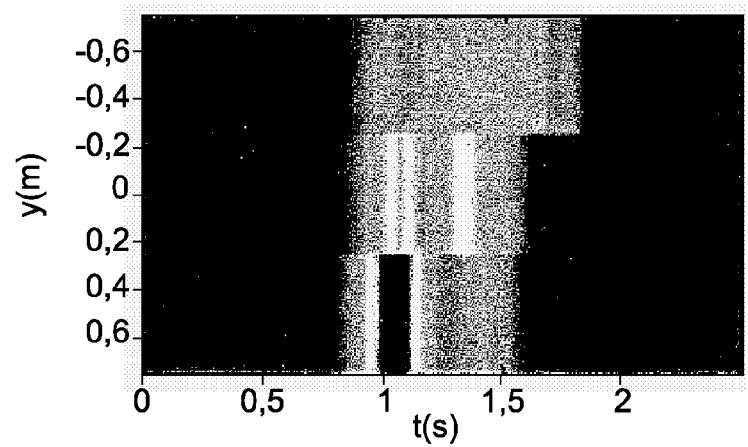
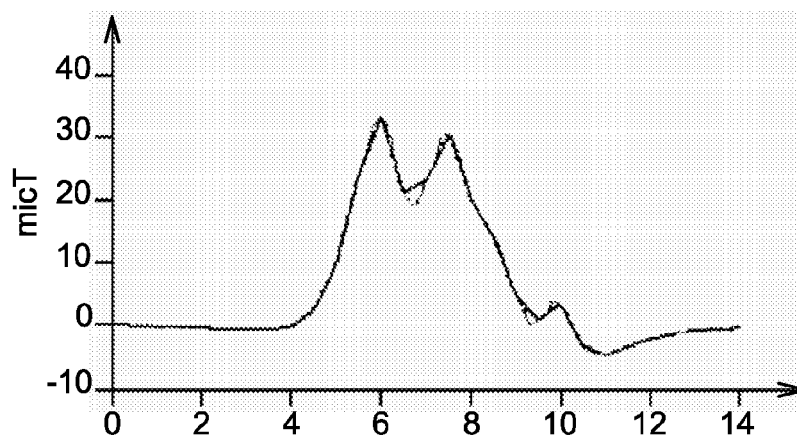
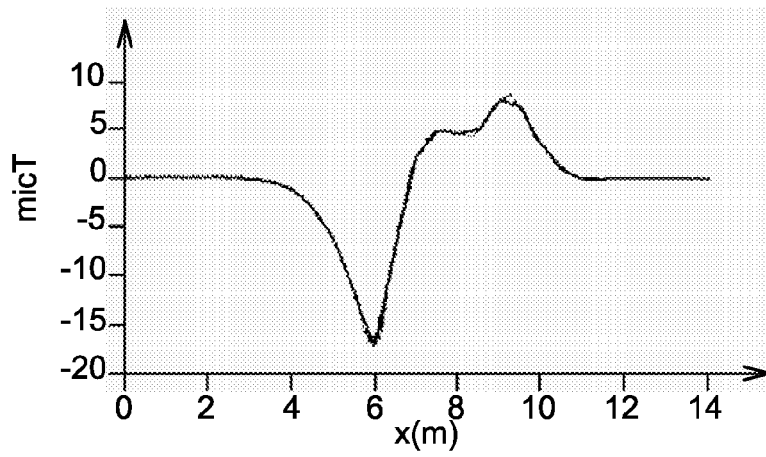
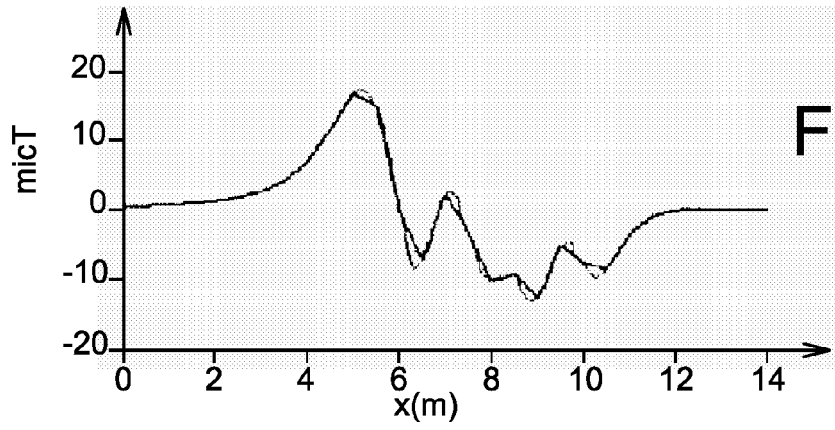


FIG. 4C



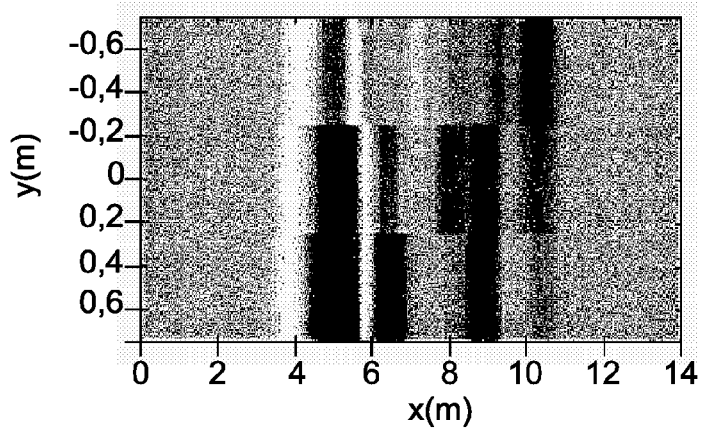


FIG. 4G

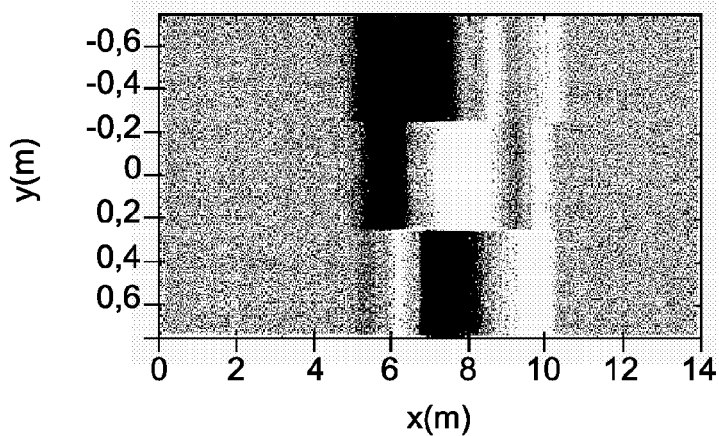


FIG. 4H

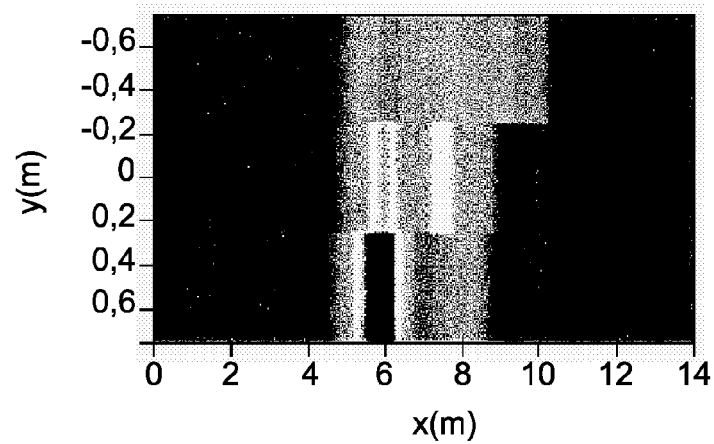
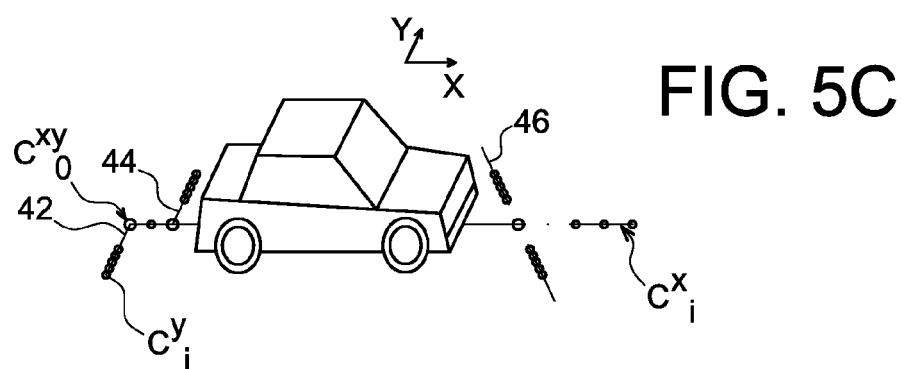
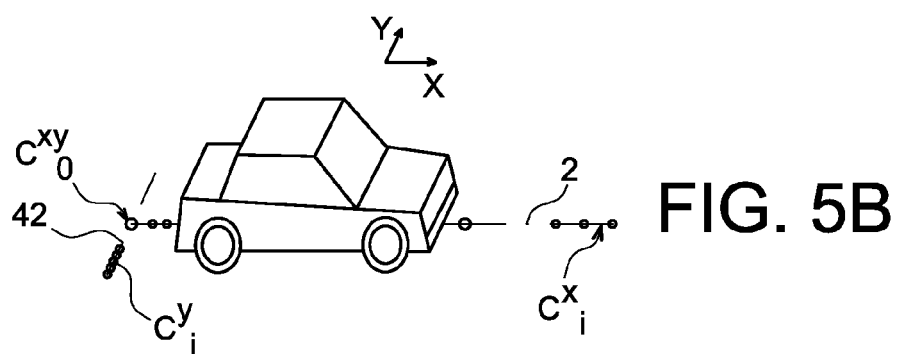
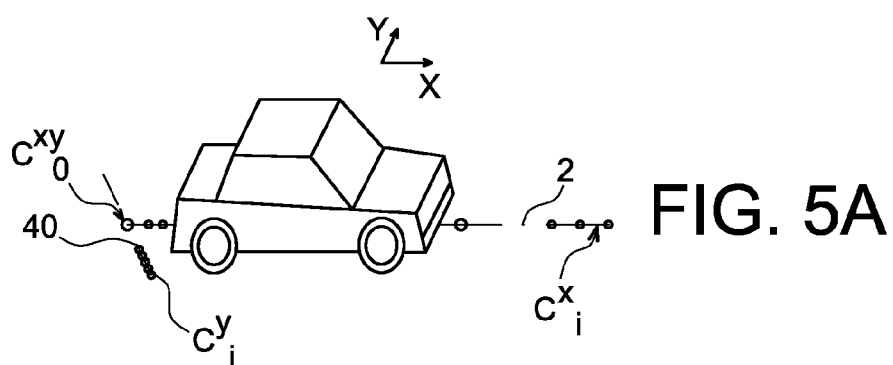


FIG. 4I



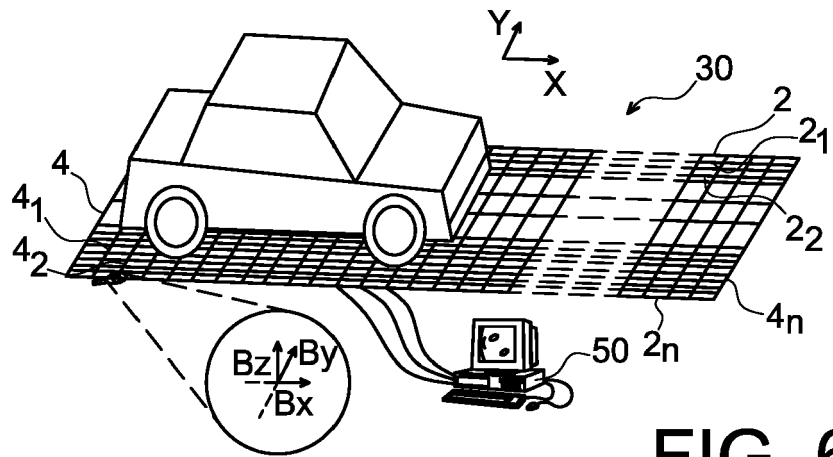


FIG. 6

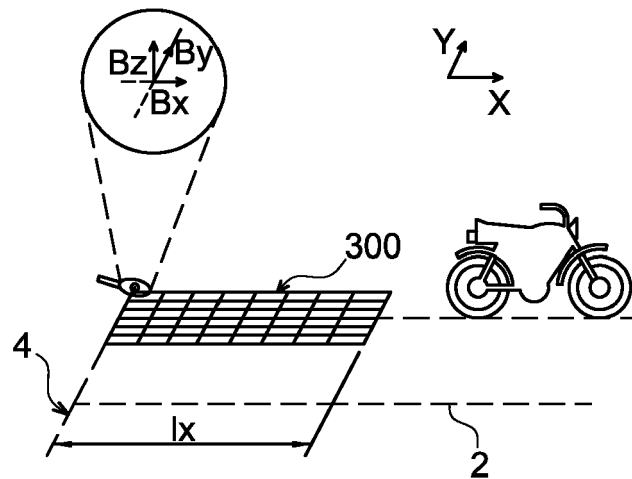


FIG. 7



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 5 392 034 A (KUWAGAKI ET AL) 21 février 1995 (1995-02-21) * colonne 1, ligne 46-68 * * colonne 5, ligne 15-20 * * figures 1,6 * -----	1-19	INV. G08G1/015 G08G1/042
D,A	EP 0 841 647 A (DEUTSCHE FORSCHUNGSANSTALT FUER LUFT- UND RAUMFAHRT E.V) 13 mai 1998 (1998-05-13) * page 1, ligne 6-9 * * page 4, ligne 26-33 * * page 5, ligne 9-11,18-21 * * figure 1 * -----	1-19	
A	US 6 614 536 B1 (DOEMENS GUENTER ET AL) 2 septembre 2003 (2003-09-02) * le document en entier * -----	1-19	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G08G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 4 avril 2007	Examineur FLORES-JIMENEZ, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 07 10 0200

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

04-04-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 5392034	A	21-02-1995	JP	5225490 A	03-09-1993
EP 0841647	A	13-05-1998	DE	19646632 C1	14-05-1998
US 6614536	B1	02-09-2003	DE	19919925 A1	16-11-2000
			EP	1048961 A2	02-11-2000

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2811789 [0012]
- US 5331276 A [0014]
- EP 0770978 A [0016]
- US 4509131 A [0016]
- EP 0841647 A1 [0017]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **C.S.MYERS et al.** a comparative study of several dynamic time-warping algorithms for connected - word recognition. *The Bell System technical Journal*, 1981, vol. 60 (7 [0037]