



(11)

EP 3 996 064 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
11.05.2022 Bulletin 2022/19

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G08G 1/01^(2006.01) G08G 1/065^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21205861.4**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G08G 1/0116; G08G 1/065

(22) Date de dépôt: **02.11.2021**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **JEAN, Maxime**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)
• **BENG, William**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)
• **CHASSE, Alexandre**
92852 Rueil-Malmaison Cedex (FR)

(30) Priorité: **10.11.2020 FR 2011523**

(71) Demandeur: **IFP Energies nouvelles**
92500 Rueil-Malmaison (FR)

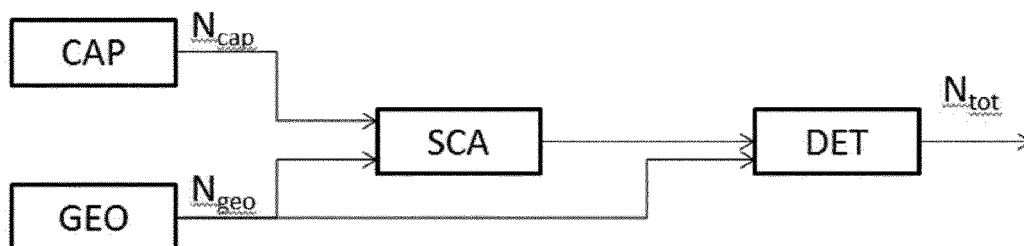
(74) Mandataire: **IFP Energies nouvelles**
Département Propriété Industrielle
Rond Point de l'échangeur de Solaize
BP3
69360 Solaize (FR)

(54) **PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION D'UN NOMBRE DE PASSAGES DE VÉHICULES SUR AU MOINS UNE PORTION DE ROUTE D'UN RÉSEAU ROUTIER**

(57) La présente invention concerne un procédé de détermination d'un nombre de passages de véhicules (N_{tot}) sur au moins une portion de route d'un réseau routier, dans lequel on réalise des mesures par des capteurs fixes (1) et des mesures par géolocalisation (GEO). Pour ce procédé, on détermine un champ scalaire spatialisé

(SCA). Enfin, on détermine le nombre de passages de véhicules (N_{tot}) au moyen du champ scalaire spatialisé (SCA) déterminé (qui dépend notamment des mesures par des capteurs fixes) et des mesures par géolocalisation (GEO).

[Fig 1]



EP 3 996 064 A1

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne le domaine de la détermination d'informations relatives au trafic de véhicules pour un réseau routier. En particulier, l'invention concerne un procédé de détermination d'un nombre de passages de véhicules sur au moins une portion de route d'un réseau routier.

[0002] Cette problématique se pose pour tous les modes de déplacements : bicyclette, véhicule automobile, deux-roues motorisé, bateau, trottinette, etc. ainsi que les déplacements piétons. Toutefois, le développement des mobilités douces (bicyclette, trottinette, etc.) fait apparaître un besoin de détermination précis de la fréquentation des routes au sein des réseaux routiers en raison de leur utilisation croissante et du faible nombre d'équipements de mesure dédiés.

[0003] Afin de déterminer le nombre de passages de véhicules sur une route, il est possible d'instrumenter la route avec des capteurs fixes, tels que des caméras, des radars ou des boucles inductives. De tels capteurs sont liés à l'infrastructure routière. Les mesures réalisées par ces capteurs ont l'avantage d'être précis. Toutefois, ils présentent l'inconvénient majeur d'être ponctuels spatialement : il n'est pas possible de déterminer le nombre de passages de véhicules sur l'ensemble des routes d'un réseau routier, et ils sont également onéreux : pour avoir un maximum d'informations, il est nécessaire d'avoir un grand nombre de capteurs fixes. Par exemple, à Paris, le nombre de routes est d'environ 40000, ce qui peut donc nécessiter un très grand nombre de capteurs fixes si on souhaite avoir le nombre de passages de véhicules pour toutes les routes.

[0004] Pour déterminer le nombre de passages de véhicules sur une route, une autre possibilité concerne l'utilisation de données mesurées par des systèmes de géolocalisation, notamment au moyen d'une application intégrée dans un téléphone intelligent (de l'anglais « smartphone »). Cette méthode permet d'obtenir des mesures du nombre de passages de véhicules pour un grand nombre de routes du réseau routier. Toutefois, tous les utilisateurs de tous les véhicules n'utilisent pas les systèmes de géolocalisation pour tous leurs trajets. Par conséquent, les mesures obtenues par ce biais ne représentent pas l'ensemble des utilisateurs du réseau routier, en termes quantitatifs, mais aussi en termes qualitatifs : par exemple, les utilisateurs d'application de géolocalisation dans un téléphone intelligent ne représentent pas l'ensemble des usagers du réseau routier. Cette détermination du nombre de passages de véhicules sur une route d'un réseau routier par cette méthode est donc biaisée.

[0005] Il existe donc un besoin de déterminer précisément et sur un ensemble de routes la fréquentation par des véhicules.

Technique antérieure

[0006] Afin d'obtenir précisément des informations relatives au trafic sur le réseau routier, des méthodes de fusion de données mesurées ont été envisagées, de manière à bénéficier des avantages des deux types de données mesurées : précision et informations réparties spatialement.

[0007] Par exemple, le document : « STUDY ON DATA FUSION MODEL WITH MULTI-SOURCE HETEROGENEOUS TRAFFIC DATA, Feng-cui QIU, En-jian YAO, Yang YANG, Xin LI, Yi ZHANG, ICTIS 2011, ASCE 2011 » concerne la fusion de données provenant de capteur de trafic, de données des véhicules et des données de plaque d'immatriculation pour déterminer une estimation de la vitesse de déplacement au moyen d'une méthode mettant en œuvre un réseau de neurones. Une telle méthode ne permet pas de déterminer le nombre de passages de véhicules sur une portion d'un réseau routier. De plus, cette méthode est une méthode à une dimension et n'est pas adaptée à un espace bidimensionnel ou à un graphe représentant le réseau routier.

[0008] De plus, le document : « Real-time Traffic Monitoring by fusing Floating Car Data with Stationary Detector Data, M. HOUBRAKEN, K. SCHEERLINCK, 2015 Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), 3-5. June 2015. Budapest, Hungary » concerne la détermination du trafic en temps réel par fusion de données de véhicules avec des données de capteurs fixe. Cette méthode est adaptée au temps réel et ne permet pas de déterminer le nombre de passages de véhicules. De plus, cette méthode est une méthode à une dimension et n'est pas adaptée à un graphe entier représentant le réseau routier.

[0009] En outre, le document : « Gaussian Process Decentralized Data Fusion and Active Sensing for Spatiotemporal Traffic Modeling and Prediction in Mobility-on-Demand Systems, Jie Chen, Kian Hsiang Low, Yujian Yao, and Patrick Jaillet, IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, VOL. 12, NO. 3, JULY 2015 » concerne une méthode de détermination de la vitesse mettant en œuvre des fusions de données entre les véhicules, et ne prend pas en compte des données de capteurs fixes. Cette méthode ne permet donc pas de prendre en compte des mesures ponctuelles précises. De plus, cette méthode ne concerne pas la détermination du nombre de passages de véhicules sur une portion de réseau routier.

[0010] Le brevet US5812069 concerne une méthode et un système de prévision des flux de trafic. Cette méthode se base sur une fusion de données d'une flotte de véhicules pour anticiper les congestions. Cette méthode ne permet donc pas de déterminer le nombre de passages de véhicules sur une portion du réseau routier.

Résumé de l'invention

[0011] L'invention a pour but de déterminer de manière

précise et robuste, et sans coût important, le nombre de passages de véhicules sur des routes d'un réseau routier. Pour cela, la présente invention concerne un procédé de détermination d'un nombre de passages de véhicules sur au moins une portion de route d'un réseau routier, dans lequel on réalise des mesures par des capteurs fixes et des mesures par géolocalisation. Pour ce procédé, on détermine un champ scalaire spatialisé. Enfin, on détermine le nombre de passages de véhicules au moyen du champ scalaire spatialisé déterminé (qui dépend notamment des mesures par des capteurs fixes) et des mesures par géolocalisation. Le procédé selon l'invention permet de prendre en compte les deux types de mesures pour obtenir un nombre de passages de véhicules précis et robuste. Le champ scalaire spatialisé permet d'assurer la robustesse du procédé.

[0012] L'invention concerne un procédé de détermination d'un nombre de passages de véhicules sur au moins une portion de route d'un réseau routier, au moyen d'au moins deux capteurs fixes de mesure de trafic disposés sur une pluralité de points de mesures agencés au sein dudit réseau routier, et au moyen de mesures lors d'au moins un déplacement d'au moins un véhicule. Pour ce procédé, on met en œuvre les étapes suivantes :

- a. On mesure un premier nombre de passages de véhicules auxdits points de mesure au moyen desdits capteurs fixes ;
- b. On mesure la géolocalisation dudit au moins un véhicule lors dudit au moins un déplacement au sein dudit réseau routier, et on en déduit un deuxième nombre de passages de véhicules sur chaque route dudit réseau routier empruntée par ledit au moins un véhicule pendant ledit au moins un déplacement ;
- c. On détermine ledit nombre de passages de véhicules sur ladite au moins une portion de route dudit réseau routier au moyen dudit deuxième nombre de passages de véhicules et d'un champ scalaire spatial qui dépend dudit premier nombre de passages de véhicules.

[0013] Selon un mode de réalisation, on détermine ledit champ scalaire spatial par détermination d'un facteur de normalisation spatialisé, et on détermine ledit nombre de passages de véhicule sur ladite au moins une portion de route dudit réseau routier au moyen dudit deuxième nombre de passages de véhicules et dudit facteur de normalisation spatialisé.

[0014] Avantagement, on détermine ledit facteur de normalisation spatialisé au moyen des étapes suivantes :

- i. On détermine ledit facteur de normalisation spatialisé auxdits points de mesure au moyen desdites mesures au moyen desdits capteurs fixes, et au moyen dudit deuxième nombre de passages de véhicules auxdits points de mesures ; et
- ii. On détermine ledit facteur de normalisation spa-

tialisé sur ladite au moins une portion dudit réseau routier par extrapolation dudit facteur de normalisation spatialisé déterminé auxdits points de mesure.

[0015] De manière avantageuse, auxdits points de mesure, ledit facteur de normalisation est défini par la for-

$$F_{norm} = \frac{N_{cap} + 1}{(N_{geo} + 1)^p}$$

mule suivante : N_{cap} ledit premier nombre de passages de véhicules, N_{geo} ledit deuxième nombre de passages de véhicules, p une constante.

[0016] Conformément à une mise en œuvre, ledit champ scalaire spatial est un champ scalaire stochastique.

[0017] Avantagement, ledit champ scalaire spatial est mis en œuvre au moyen de processus gaussiens.

[0018] De préférence, on modélise $\ln(N_{tot} + 1)$, par un processus gaussien u_2 défini sur un graphe mathématique dudit réseau routier, N_{tot} étant ledit nombre de passages de véhicules sur au moins une portion de route dudit réseau routier, u_2 étant défini de telle sorte que $u_2 = \rho u_1 + \delta$ avec u_1 et δ eux-mêmes deux processus gaussiens définis sur ledit graphe dudit réseau routier et tels que u_1 modélise $\ln(N_{geo} + 1)$ avec N_{geo} le deuxième nombre de passages de véhicules, p une constante, et avec u_2 modélise $\ln(N_{cap} + 1)$ auxdits points de mesure, avec N_{cap} ledit premier nombre de passages de véhicules mesurés par lesdits capteurs fixes.

[0019] Selon un aspect, lesdits processus gaussiens de u_1 et δ prennent en compte une mesure de proximité entre des portions de route dudit réseau routier permettant de construire les noyaux desdits processus gaussiens.

[0020] Selon une option de réalisation, on détermine des hyper-paramètres des noyaux desdits processus gaussiens u_1 et δ au moyen d'une procédure d'optimisation dudit processus gaussien.

[0021] Conformément à un mode de réalisation, on mesure ladite géolocalisation dudit au moins un véhicule au moyen d'un capteur de géolocalisation intégré dans un téléphone intelligent.

[0022] Selon une mise en œuvre, ledit au moins un véhicule est une bicyclette.

[0023] De manière avantageuse, lesdits capteurs fixes sont choisis parmi des caméras, des radars, des cellules photoélectriques, des câbles piézoélectriques ou des boucles inductives.

[0024] Selon un aspect, le procédé prend en compte également au moins un trajet simulé par un utilisateur.

[0025] Selon un mode de réalisation, on mesure en outre l'horodatage desdites mesures desdits capteurs fixes et desdites mesures de géolocalisation dudit au moins un véhicule.

[0026] Avantagement, on détermine le nombre de passages de véhicules pour une période future pour au moins une portion de route dudit réseau routier au moyen

desdites mesures des capteurs fixes, desdites mesures de géolocalisation et dudit horodatage.

[0027] Conformément à une mise en œuvre, ladite détermination dudit nombre de passages de véhicules pour une période future prend en compte en outre la météorologie et/ou une modification de l'infrastructure dudit réseau routier.

[0028] Selon un aspect, on affiche ledit nombre déterminé de passages de véhicules sur une carte routière, de préférence au moyen d'un téléphone intelligent ou d'un système informatique.

[0029] D'autres caractéristiques et avantages du procédé selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

Liste des figures

[0030]

La figure 1 illustre les étapes du procédé selon l'invention.

La figure 2 illustre les étapes du procédé selon un premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 3 illustre les étapes du procédé selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 4 illustre un exemple de chemin pour illustrer le procédé selon l'invention.

La figure 5 illustre des mesures réalisées pour l'exemple de la figure 4.

La figure 6 illustre le nombre de passages de véhicules déterminés par le procédé selon un mode de réalisation l'invention pour l'exemple des figures 4 et 5.

La figure 7 illustre une carte de Paris représentant le nombre de passages de bicyclettes sur les routes, au moyen d'un procédé selon l'art antérieur.

La figure 8 illustre une carte de Paris représentant le nombre de passages de bicyclettes sur les routes, au moyen du procédé selon un mode de réalisation de l'invention.

Description des modes de réalisation

[0031] La présente invention concerne la détermination d'un nombre de passages de véhicules sur au moins une portion de route d'un réseau routier, de préférence sur l'ensemble d'un réseau routier. Ainsi, la présente invention vise à dénombrer le nombre de véhicules qui passent par une portion de route. On appelle réseau routier un ensemble de routes et de chemins (notamment

pour le mode de réalisation des mobilités douces) dans une zone géographique prédéfinie. Cette zone géographique prédéfinie peut être un quartier d'une ville, une ville, une communauté de communes, un département, etc. On appelle une portion de route, un segment de route, par exemple entre deux intersections consécutives, ou entre deux panneaux de signalisation (deux feux de circulation par exemple).

[0032] Le réseau routier peut être représenté par un graphe, appelé graphe routier. Le graphe routier est composé d'un ensemble d'arêtes (appelés aussi arcs) et de nœuds, les nœuds pouvant représenter les intersections, et les arêtes les portions de routes entre les intersections. Le graphe routier peut être obtenu à partir d'un service en ligne (« webservice ») de cartographie, par exemple Here Wego™ (Here Apps LLC, Pays-Bas) qui fournit les arêtes du graphe sous forme d'objets géométriques purs. De préférence, le graphe routier est cohérent avec le réseau routier (toutes les connexions physiques entre deux routes, et uniquement celles-ci, sont représentées par les nœuds du graphe), aussi invariant que possible dans le temps. De plus, le graphe routier peut être simplifié, en ne prenant pas en compte les portions de routes telles que les impasses, les chemins dans les parcs ou les autoroutes, en fonction du type du véhicule considéré (par exemple pour le mode de réalisation des mobilités douces, les autoroutes peuvent ne pas être prises en compte).

[0033] Le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre pour tout type de véhicules : bicyclette, véhicule automobile, deux-roues motorisé, bateau, aéronef, etc. ainsi que les déplacements piétons. Toutefois, le procédé selon l'invention est particulièrement adapté aux bicyclettes. En effet, la problématique du nombre de passages de véhicules est de plus en plus importante avec le développement de la mobilité douce, et les comportements des cyclistes sont moins connus que les comportements des automobilistes. Généralement, les flux automobiles sont déjà finement mesurés dans les grandes villes. Par exemple, plus de 3000 boucles électromagnétiques de comptage sont présentes dans la seule ville de Paris. A l'inverse, l'invention est particulièrement adaptée pour inférer des flux à partir d'un nombre réduit de capteurs fixes. Le procédé selon l'invention est adapté aux flux de bicyclette en ville, mais aussi aux flux de voiture dans des zones peu instrumentées. Par ailleurs, les flux de transports en commun sont généralement déjà connus par les opérateurs de ces transports publics.

[0034] Le procédé selon l'invention met en œuvre des mesures obtenues depuis au moins deux capteurs fixes. Ces capteurs fixes sont disposés sur des points du réseau routier, appelés points de mesure. Ils permettent des mesures ponctuelles du nombre de passages de véhicules. Les positions des points de mesure sont identifiées au sein du réseau routier. Selon un mode de réalisation de l'invention, les capteurs fixes peuvent être des caméras, des radars, des boucles inductives, des cellu-

les photoélectriques sensibles détectant la rupture d'un rayon lumineux, des câbles piézo-électriques mesurant la pression exercée sur la chaussée ou tous capteurs analogues.

[0035] Selon l'invention, le procédé met également en œuvre des mesures lors d'au moins un déplacement d'un véhicule au sein du réseau routier. Ainsi, on connaît les portions de route du réseau routier qui ont été parcourues par au moins un véhicule. De préférence, on peut mettre en œuvre les mesures d'une pluralité de déplacements d'une pluralité de véhicules, afin de déterminer précisément le nombre de passages de véhicules, et de manière à avoir des informations sur un nombre important de portions de route du réseau routier. Selon un mode de réalisation de l'invention, les mesures lors du déplacement peuvent être des mesures de position, et de manière facultative d'altitude du véhicule. Par exemple, ces mesures peuvent être réalisées par un capteur de géolocalisation, tel qu'un capteur de positionnement par satellite, tel que le système GPS (de l'anglais « Global Positioning System »), le système Galileo, etc. De préférence, le capteur de géolocalisation peut être intégré dans un téléphone intelligent (de l'anglais « smartphone »), afin de faciliter la mesure et de permettre la mesure pour de nombreux déplacements et de nombreux véhicules. Dans le cas des bicyclettes, les mesures de géolocalisation au moyen d'un téléphone intelligent peuvent, par exemple, être mises en œuvre au moyen de l'application Geovelo™ (Cie des mobilités, France).

[0036] Selon l'invention, le procédé comporte les étapes suivantes :

- 1) Mesure avec les capteurs fixes
- 2) Mesure de géolocalisation
- 3) Détermination d'un nombre de passages de véhicules

[0037] Ces étapes peuvent être mises en œuvre par des moyens informatiques. Selon un exemple de réalisation, l'étape 2) peut être réalisée au moyen d'un téléphone intelligent, et l'étape 3) peut être mise en œuvre au moyen d'un système informatique comprenant un serveur, celui-ci pouvant être dans un nuage informatique (de l'anglais « cloud »). Les moyens informatiques peuvent également comprendre une mémoire informatique pour le stockage des mesures des capteurs fixes et les mesures de géolocalisation. Le téléphone intelligent est alors en communication avec le serveur. Cette configuration permet de se libérer des contraintes de faible puissance de calcul des téléphones intelligents. Les étapes seront détaillées dans la suite de la description.

[0038] De plus, les étapes 1) et 2) peuvent être réalisées dans cet ordre, dans l'ordre inverse, ou simultanément. De préférence, les étapes 1) et 2) peuvent être réalisées simultanément.

[0039] La figure 1 illustre, schématiquement et de ma-

nière non limitative, les étapes du procédé selon l'invention. Dans un premier temps, on réalise des mesures N_{cap} avec des capteurs fixes CAP, et des mesures de géolocalisation N_{geo} par un capteur de géolocalisation GEO. Ces mesures N_{cap} et N_{geo} servent à déterminer un champ scalaire spatialisé SCA. On combine le champ scalaire spatialisé SCA et les mesures de géolocalisation N_{geo} pour déterminer DET le nombre de passages de véhicules N_{tot} .

[0040] Le champ scalaire spatialisé peut être déterminé soit de manière déterministe, soit de manière stochastique.

[0041] Selon une première mise en œuvre de l'invention mettant en œuvre une détermination déterministe du champ scalaire spatialisé, le procédé peut comporter les étapes suivantes :

- 1) Mesure avec les capteurs fixes
- 2) Mesure de géolocalisation
- 3) Détermination d'un nombre de passages de véhicules
 - a) détermination d'un facteur de normalisation spatialisé
 - b) détermination d'un nombre de passages de véhicules

[0042] La figure 2 illustre, schématiquement et de manière non limitative, les étapes du procédé selon un premier mode de réalisation de l'invention. Dans un premier temps, on réalise des mesures N_{cap} avec des capteurs fixes CAP, et des mesures de géolocalisation N_{geo} par un capteur de géolocalisation GEO. Ces mesures N_{cap} et N_{geo} servent à déterminer un facteur de normalisation spatialisé F_{norm} . On combine le facteur de normalisation spatialisé F_{norm} et les mesures de géolocalisation N_{geo} pour déterminer DET le nombre de passages de véhicules N_{tot} .

[0043] Selon une deuxième mise en œuvre du procédé mettant en œuvre une détermination stochastique du champ scalaire spatialisé, le procédé peut comporter les étapes suivantes :

- 1) Mesure avec les capteurs fixes
- 2) Mesure de géolocalisation
- 3) Détermination d'un nombre de passages de véhicules
 - a') Détermination d'un premier processus gaussien modélisant les flux mesurés par géolocalisation
 - b') Détermination d'un second processus gaussien intégrant le premier processus ainsi qu'un facteur de

normalisation spatialisé

c') Détermination d'un nombre de passages de véhicules

[0044] La figure 3 illustre, schématiquement et de manière non limitative, les étapes du procédé selon un deuxième mode de réalisation de l'invention. Dans un premier temps, on réalise des mesures N_{cap} avec des capteurs fixes CAP, et des mesures de géolocalisation N_{geo} par un capteur de géolocalisation GEO. Ces dernières mesures sont corrigées et extrapolées par une première modélisation PG1 sous forme de processus gaussien u_1 . N_{cap} et u_1 servent à déterminer PG2 un deuxième processus gaussien, u_2 assurant la mise à l'échelle spatialisée de u_1 afin qu'il soit en accord avec N_{cap} sur l'ensemble des points de mesures fixes. Une détermination DET de la valeur moyenne u_2 et de son intervalle de confiance σ , permet d'estimer le nombre de passages de véhicules N_{tot} .

1) Mesure avec les capteurs fixes

[0045] Lors de cette étape, on mesure un premier nombre de passages de véhicules aux points de mesure au moyen des capteurs fixes. Ce premier nombre de passages de véhicules aux points de mesures est ponctuel (en termes spatial et non en termes temporel) : il concerne uniquement les points de mesures.

[0046] Selon un aspect de l'invention, on peut réaliser également lors de cette étape l'horodatage des mesures par capteurs fixes, afin de connaître l'instant de passage du véhicule sur les points de mesure. Cette mesure peut permettre de déterminer le nombre de passages de véhicules pour une période donnée, ou peut être mise en œuvre dans une détermination prédictive de nombre de passages de véhicules pour une période future.

2) Mesure de géolocalisation

[0047] Lors de cette étape, on mesure la géolocalisation de l'au moins un véhicule lors de l'au moins un déplacement au sein du réseau routier, puis on en déduit, par comptage, un deuxième nombre de passages de véhicules sur chaque route du réseau routier empruntée par le véhicule pendant le déplacement. En d'autres termes, on identifie chaque portion de route concernée par l'au moins un déplacement, et pour chaque portion de route concernée par l'au moins un déplacement, on compte le nombre de passages de véhicules. Ainsi, le deuxième nombre de passages de véhicules est spatial : il dépend de la portion de route considérée.

[0048] Selon un mode de réalisation, les mesures de la géolocalisation peuvent être indiquées dans le graphe routier. Pour cela, on peut mettre en œuvre une méthode de « map-matching » (pouvant être traduit par correspondance cartographique). Par exemple, on peut mettre en œuvre la méthode de « map-matching » du service

en ligne Here WeGo™ (HERE Apps LLC, Pays-Bas).

[0049] Conformément à une mise en œuvre de l'invention, on peut ajouter à ces mesures par géolocalisation, des déplacements simulés. Ainsi, des informations supplémentaires peuvent être utilisées dans le procédé pour une détermination plus précise du nombre de passages de véhicules. Les déplacements simulés peuvent correspondre aux demandes de navigation réalisées sur un système de géolocalisation et pour lequel aucune mesure de géolocalisation n'a été effectuée. En effet, dans certaines situations, l'utilisateur peut interroger un système de géolocalisation pour connaître son chemin avant son départ, et peut ne pas réaliser de mesure de géolocalisation pendant son déplacement alors qu'il aura suivi le chemin déterminé par le système de géolocalisation.

[0050] Selon un aspect de l'invention, on peut réaliser également lors de cette étape l'horodatage des mesures de géolocalisation, afin de connaître l'instant de passage du véhicule sur la portion de route. Cette mesure peut permettre de déterminer le nombre de passages de véhicules pour une période donnée, ou peut être mise en œuvre dans une détermination prédictive du nombre de passages de véhicules pour une période future.

3) Détermination d'un nombre de passages de véhicules

[0051] Lors de cette étape, on détermine le nombre de passages de véhicules sur l'au moins une portion de route du réseau routier, au moyen de la détermination d'un champ scalaire spatialisé. Le champ scalaire est une distribution d'un scalaire dans l'espace, il est dit spatialisé car il est variable dans l'espace, en d'autres termes, il varie d'une portion de route à une autre au sein du réseau routier (il peut être déterminé sur des portions de route pour lequel aucune mesure par capteur ou par géolocalisation ont été réalisées). La variabilité spatiale du champ scalaire spatialisé permet une précision et une robustesse pour déterminer le nombre de passages de véhicules. Le champ scalaire spatialisé est déterminé notamment à partir du premier nombre de passages de véhicules.

[0052] Le nombre de passages de véhicules déterminé est spatial ; en d'autres termes variable dans l'espace, c'est-à-dire variable d'une portion de route à une autre. Le nombre de passages de véhicules déterminé lors de cette étape est différent des premier et deuxième nombres de passages de véhicule déterminés lors des étapes 1) et 2).

[0053] De préférence, le champ scalaire spatialisé peut être défini sur le graphe du réseau routier.

[0054] Le champ scalaire spatialisé peut être déterminé soit de manière déterministe, soit de manière stochastique.

[0055] Pour une première mise en œuvre, pour lequel le champ scalaire spatialisé est déterminé de manière déterministe (qui correspond au mode de réalisation de la figure 2), on peut mettre en œuvre les étapes a) et b) décrites ci-dessous.

a) détermination d'un facteur de normalisation spatialisé

[0056] Lors de cette étape, on détermine un facteur de normalisation spatialisé. Le facteur de normalisation est un coefficient multiplicateur, qui, si on le multiplie par le deuxième nombre de passages de véhicules déduit des mesures de géolocalisation, permet de déterminer un nombre de passages de véhicules cohérent et robuste. Il est déterminé en s'appuyant notamment sur les mesures au moyen des capteurs fixes. Le facteur de normalisation est dit spatialisé car il est variable dans l'espace. En d'autres termes, le facteur de normalisation n'est pas constant et sa valeur peut varier d'une portion de route à une autre. La variabilité spatiale du facteur de normalisation permet une précision et une robustesse pour déterminer le nombre de passages de véhicules.

[0057] Pour déterminer le facteur de normalisation, on met en œuvre les étapes suivantes :

- On détermine le facteur de normalisation spatialisé aux points de mesure au moyen du premier nombre de passages de véhicules obtenu à l'étape 1) et au moyen du deuxième nombre de passages de véhicules obtenu à l'étape 2) et considéré aux points de mesure ; et
- On détermine le facteur de normalisation pour au moins une portion de route du réseau routier par une méthode d'extrapolation du facteur de normalisation déterminé au point de mesure.

[0058] Selon un mode de réalisation de l'invention, on peut définir le facteur de normalisation spatialisé F_{norm} défini de telle sorte que $\ln(N_{tot} + 1) = \rho \ln(N_{geo} + 1) + \ln(F_{norm})$, ou de façon similaire $(N_{tot} + 1) = (N_{geo} + 1)^\rho \times F_{norm}$ avec N_{geo} le deuxième nombre de passages de véhicules, ρ une constante, N_{tot} le nombre de passages de véhicules déterminé lors de cette étape. Aux points de mesure, N_{tot} correspond audit premier nombre de passages de véhicules mesurés par lesdits capteurs fixes. On utilise le logarithme du nombre de passages de véhicules, au lieu du nombre de passages de véhicules directement, car le nombre de passages de véhicules peut varier de plusieurs ordres de grandeur. De plus, pour prendre en compte le fait que chaque portion de route n'est pas nécessairement parcourue par au moins un véhicule, et puisque la fonction logarithme est utilisé, on ajoute 1 au nombre de passages pour éviter l'irrégularité de la fonction logarithme en 0, sans dénaturer pour autant la logique de l'algorithme.

[0059] Selon un exemple de réalisation, la constante ρ peut être choisie égale à 1. Une telle valeur offre une interprétation simple de l'algorithme : le nombre total de passage peut alors être estimé par le produit de $(N_{geo} + 1)$ et du facteur de normalisation F_{norm} . Dans le cas général, une valeur différente de ρ permet d'offrir plus de flexibilité au modèle, en prenant en compte différemment les faibles et les fortes valeurs de $(N_{geo} + 1)$. De manière

avantageuse, pour les points de mesures, le facteur de normalisation peut être défini par la formule suivante :

$$F_{norm} = \frac{N_{tot} + 1}{(N_{geo} + 1)^\rho}$$

[0060] Le facteur de normalisation F_{norm} peut alors être obtenu sur l'intégralité du graphe routier par un algorithme d'interpolation. Par exemple, une interpolation poly-

nomiale dans le plan réel $\mathbb{R}^2$, représentant la zone géographique étudiée, peut être choisie. En variante, d'autres algorithmes d'interpolation peuvent être mis en œuvre.

b) détermination d'un nombre de passages de véhicules

[0061] Lors de cette étape, on détermine le nombre de passages de véhicules au moyen d'un facteur de normalisation et du deuxième nombre de passages de véhicules. Cette étape peut mettre en œuvre notamment une multiplication entre le deuxième nombre de passages de véhicules et le facteur de normalisation.

[0062] Selon un mode de réalisation, le nombre de passages de véhicules N_{tot} déterminé lors de cette étape 3 peut s'obtenir par la formule $N_{tot} = (N_{geo} + 1)^\rho \times F_{norm} - 1$, où N_{geo} et F_{norm} sont définis sur chaque portion de route concernée par l'au moins un déplacement mesuré par géolocalisation. Ainsi, l'influence de du facteur de normalisation est propagée sur l'ensemble de ces portions de routes du réseau routier.

[0063] Pour une deuxième mise en œuvre, pour lequel le champ scalaire spatialisé est déterminé de manière stochastique (qui correspond au mode de réalisation de la figure 3), on peut mettre en œuvre les étapes a'), b') et c') décrites ci-dessous.

[0064] Pour cette mise en œuvre, on peut déterminer le champ scalaire spatialisé au moyen de processus gaussiens, notamment des processus gaussiens appliqués au graphe du réseau routier.

a') Détermination d'un premier processus gaussien modélisant les flux mesurés par géolocalisation

[0065] Lors de cette étape, on détermine un premier processus gaussiens u_1 modélisant $\ln(N_{geo} + 1)$ avec N_{geo} le deuxième nombre de passages de véhicules. Cette modélisation permet de limiter le bruit de l'estimation, sur chaque portion de route du réseau, du nombre de déplacements mesurés par géolocalisation et la traversant. En effet, les nombres de passages sur les différentes portions de routes ne sont pas indépendants entre eux. Il est donc possible d'appuyer la détermination du nombre de passages sur une route non seulement par l'observation du nombre de passages sur cette même route, mais aussi par l'observation du nombre de passages sur des routes proches.

[0066] On utilise le logarithme du nombre de passages de véhicules, au lieu du nombre de passages de véhicu-

les directement, car le nombre de passages de véhicules peut varier de plusieurs ordres de grandeur. De plus, pour prendre en compte le fait que chaque portion de route n'est pas nécessairement parcourue par au moins un véhicule, et puisque la fonction logarithme est utilisée, on ajoute 1 au nombre de passages pour éviter l'irrégularité de la fonction logarithme en 0, sans dénaturer pour autant la logique de l'algorithme.

[0067] Les processus gaussiens définis sur graphe offrent cette possibilité, à condition de leur fournir une mesure de proximité et de leur fournir une procédure de construction de leur noyau à partir de cette mesure de proximité. Ils permettent également d'extrapoler ce nombre de passages sur des portions de routes qui ne seraient traversées par aucun déplacement.

[0068] Par exemple, la mesure de proximité peut être le nombre de trajets obtenus par les mesures de géolocalisation (étape 2) passant par deux routes, augmenté d'une constante si ces deux routes sont adjacentes dans le graphe. Ainsi, deux routes seront d'autant plus proches que le nombre de cyclistes passant par l'une et par l'autre est élevé. Par exemple, le noyau construit sur cette mesure peut être une version modifiée de l'algorithme de PageRank™ (l'algorithme d'analyse des liens concourant au système de classement des pages Web utilisé par le moteur de recherche Google™). Le noyau ainsi construit exploite pleinement l'information contenue dans les mesures complètes de géolocalisation, et pas uniquement dans des nombres de passages par route, pris indépendamment les uns des autres.

[0069] Le noyau du processus gaussien intègre cette mesure de proximité, modulée par quelques (généralement moins de trois) paramètres, nommés hyper-paramètres. Le noyau fournit la corrélation attendue entre les réalisations du u_1 sur deux portions de route quelconques du réseau. Par exemple, un hyper-paramètre du précédent noyau peut être le nombre minimal de déplacements, mesurés par géolocalisation et passant par deux portions de route quelconques, nécessaires pour anticiper une forte corrélation du nombre de passages sur ces mêmes deux portions de route. Conformément à une mise en œuvre de l'invention, une procédure d'optimisation adaptée peut permettre d'ajuster les hyper-paramètres du processus gaussien u_1 . Un effet pépète peut également être pris en compte. Il traduit l'incertitude de la mesure brute, et du degré de flexibilité laissé à l'algorithme pour ne pas strictement interpoler les points de mesure.

[0070] Par exemple, cette optimisation peut être une procédure de maximisation de la vraisemblance du processus gaussien u_1 , sachant les mesures du nombre de déplacements mesurés par géolocalisation traversant chaque portion de route.

b') Détermination d'un second processus gaussien intégrant le premier processus ainsi qu'un facteur de normalisation spatialisé

[0071] Lors de cette étape, on détermine un second processus gaussien u_2 modélisant $\ln(N_{tot} + 1)$, avec N_{tot} le nombre de passages de véhicules déterminés au cours de cette étape 3.

[0072] On utilise le logarithme du nombre de passages de véhicules, au lieu du nombre de passages de véhicules directement, car le nombre de passages de véhicules peut varier de plusieurs ordres de grandeur. De plus, pour prendre en compte le fait que chaque portion de route n'est pas nécessairement parcourue par au moins un véhicule, et puisque la fonction logarithme est utilisée, on ajoute 1 au nombre de passages pour éviter l'irrégularité de la fonction logarithme en 0, sans dénaturer pour autant la logique de l'algorithme.

[0073] On émet l'hypothèse que $u_2 = \rho u_1 + \delta$, où u_1 est le processus gaussien défini à l'étape précédente et δ est un processus gaussien indépendant de u_1 . $\exp(\delta)$ est alors l'équivalent, dans un cadre théorique stochastique, du facteur de normalisation déterministe F_{norm} .

[0074] La procédure de régression multi-fidélité décrite dans le document : « Multi-fidelity optimization via surrogate modelling, Forrester et al., 2007. » permet de déterminer δ et u_2 . u_2 est intrinsèquement couplé à u_1 d'une part et à δ d'autre part. Ce double couplage impose l'utilisation d'une seule procédure unifiée pour déterminer les processus gaussiens u_2 et δ .

[0075] De même que pour le processus gaussien u_1 , une mesure de proximité et une procédure pour construire le noyau de δ sont définies. Par exemple, le noyau de u_2 peut être un noyau reposant sur une fonction RBF (fonction à base radiale). Une fonction à base radiale est une fonction réelle quelconque ne dépendant que de la distance à vol d'oiseau r entre chaque paire de routes. On pourra notamment prendre la mesure de proximité $\exp(-r^2/\lambda^2)$, où r est la distance à vol d'oiseau séparant deux routes et λ un hyper-paramètre du modèle. λ peut être interprété comme la distance caractéristique séparant deux portions de route au-delà de laquelle une faible corrélation des facteurs de normalisation est anticipée.

[0076] La procédure assure que le processus u_2 correspond à $\ln(N_{cap} + 1)$, sur chaque portion de route possédant une mesure de comptage (N_{cap} est le premier nombre de passages de véhicules). Cette correspondance est prise au sens que l'espérance du processus sur chaque portion de route possédant une mesure de comptage soit proche de $\ln(N_{cap} + 1)$ et que sa variance soit faible. Selon un mode de réalisation, une procédure d'optimisation peut permettre de déterminer au mieux les hyper-paramètres de δ . Notamment, on s'assure que la longueur de corrélation apparaissant dans le noyau RBF est grande par rapport aux longueurs de corrélation caractéristiques du premier noyau.

c') Détermination d'un nombre de passages de véhicules

[0077] Lors de cette étape, on détermine le nombre de passages de véhicules au moyen du deuxième processus gaussien. La détermination du nombre de passages de véhicules est assurée par l'évaluation de l'espérance $E(u_2)$ du deuxième processus gaussien déterminé à l'étape précédente sur toutes les portions de route de la zone géographique étudiée et de sa variance $V(u_2)$. Il est ensuite possible de calculer l'intervalle de confiance à 95% du nombre de passage :

$$\exp(E(u_2) \pm 1.96\sqrt{V(u_2)}) - 1$$

[0078] Les figures 4 à 6 illustrent la deuxième mise en œuvre de l'invention pour un exemple simple. Pour cet exemple, on considère un ensemble de portions de route dans Paris. La figure 4 illustre sur un plan les portions de route considérées. Sur cette figure 4, les points 1 représentent les points de mesures par les capteurs fixes, et la ligne 2 représente les portions de route, numérotées de 0 à 54. La figure 5 représente sur une échelle logarithme les mesures du nombre N de passages de véhicules en fonction de la direction D normalisée, dont le sens est indiqué par une flèche sur la figure 4. Le premier nombre de passages de véhicules est noté N_{cap} et correspond aux mesures réalisées par les capteurs fixes. Le deuxième nombre de passages de véhicules est noté N_{geo} et correspond aux mesures réalisées par géolocalisation. On remarque qu'aux points de mesure le deuxième nombre de passages de véhicules est inférieur au premier nombre de passages de véhicules : les mesures par géolocalisation ne suffisent donc pas pour déterminer précisément le nombre de passages de véhicules. La figure 6 est similaire à la figure 5. Sur la figure 6, on a tracé en outre la courbe N_{tot} qui correspond au nombre de passages de véhicules estimés par le procédé selon l'invention. La zone grisée autour de la courbe N_{tot} donne une plage d'incertitudes autour du nombre déterminé correspondant à l'intervalle de confiance précédemment mentionné. On remarque que la courbe N_{tot} passe bien par les points N_{cap} . De plus, on remarque que la courbe N_{tot} a une forme assez similaire avec la courbe N_{geo} sans en être une simple translation. Par conséquent, le procédé selon l'invention, permet bien de prendre en compte les nombres de passages de véhicules obtenus par deux types de mesures différentes, de manière à obtenir précisément un nombre précis de passages de véhicules.

[0079] Selon un mode de réalisation, le procédé peut mettre en œuvre une détermination d'un nombre de passages de véhicules a posteriori. En d'autres termes, on détermine le nombre de passages de véhicules qui ont parcouru les portions de route du réseau routier. Selon une option de réalisation, cette détermination peut être réalisée pour un intervalle de temps prédéfini, par exemple pour quelques heures, pour un ou plusieurs jours, une ou plusieurs semaines, un ou plusieurs mois, etc.

Pour cette option de réalisation, on peut mettre en œuvre des mesures d'horodatage.

[0080] Alternativement, le procédé peut mettre en œuvre une détermination prédictive d'un nombre de passages de véhicules pour une période future. Pour ce mode de réalisation, le procédé peut mettre en œuvre les mesures des capteurs fixes, les mesures de géolocalisation, ainsi que les éventuelles mesures d'horodatage. En effet, les éventuelles mesures d'horodatage permettent de prendre en compte la périodicité des déplacements des utilisateurs du réseau routier, par exemple les horaires de déplacement domicile-travail, le jour de la semaine, les périodes de vacances, les périodes de confinement, les saisons, etc. Ainsi, selon un exemple, la période future peut être quelques heures, quelques jours, quelques semaines, voire quelques mois.

[0081] Afin d'améliorer la prédiction pour la période future, le procédé peut également prendre en compte la météorologie. Dans ce cas, le procédé peut comporter une étape d'enregistrement de la météorologie simultanément aux mesures des capteurs fixes, aux mesures de géolocalisation, aux mesures d'horodatage. Ensuite, la détermination prédictive d'un nombre de passages de véhicules peut se faire au moyen de prédictions météorologiques pour la période future. Les prédictions météorologiques peuvent être obtenues au moyen de service en ligne.

[0082] De plus, le procédé selon l'invention peut comporter une étape d'affichage du nombre de passages de véhicules. Lors de cette étape, on affiche le nombre de passages de véhicules déterminé sur une carte routière. Cet affichage peut prendre la forme d'une note ou d'un code couleur ou d'une épaisseur de représentation de la route. Cet affichage peut être réalisé à bord du véhicule : sur le tableau de bord, sur un dispositif portatif autonome, tel qu'un appareil de géolocalisation (de type GPS), un téléphone portable (de type téléphone intelligent). Il est également possible d'afficher le nombre de passages de véhicules sur un site internet, que l'utilisateur peut consulter postérieurement à sa conduite. De plus, le nombre de passages de véhicules peut être partagé avec les pouvoirs publics (par exemple gestionnaire de la voirie) et les entreprises de travaux publics. Ainsi, les pouvoirs publics et les entreprises de travaux publics peuvent déterminer les routes ayant un grand nombre de passages de véhicules et adapter les routes aux utilisateurs (par exemple création de pistes cyclables).

[0083] La figure 7 représente une carte routière de Paris. Sur cette carte routière, les points de mesure des capteurs fixes 1 sont représentés par des cercles gris. De plus, le deuxième nombre de passages de véhicules, pour cet exemple des bicyclettes, est représenté par l'épaisseur des traits et le niveau de gris correspondant aux routes : les traits épais et noirs traduisent un grand nombre de passages de bicyclettes obtenu par les mesures de géolocalisation, alors que les traits fins et gris clair traduisent un faible nombre de passages de bicyclettes obtenu par les mesures de géolocalisation. Pour

cette figure, les deux types de mesures sont indépendantes.

[0084] La figure 8 représente une carte routière de Paris, similaire à la figure 7. Toutefois, sur cette figure, l'épaisseur et la couleur du trait des routes correspondent au nombre de passages de bicyclettes obtenu par le procédé selon l'invention, en prenant en compte les mesures des capteurs fixes et les mesures de géolocalisation illustrées sur la figure 7. On précise que l'échelle de l'épaisseur et la couleur du trait entre les figures 5 et 6 sont différentes, mais ces cartes permettent une comparaison relative des routes. On remarque que les cartes des figures 5 et 6 diffèrent, en particulier à l'est de Paris, le nombre de passages de véhicules déterminé par le procédé selon l'invention est plus important que ce qui est mesuré par géolocalisation. Cette carte routière peut être celle affichée par le procédé selon l'invention, notamment sur un site internet ou sur un téléphone intelligent.

Revendications

1. Procédé de détermination d'un nombre de passages de véhicules (N_{tot}) sur au moins une portion de route d'un réseau routier, au moyen d'au moins deux capteurs fixes (1) de mesure de trafic disposés sur une pluralité de points de mesures agencés au sein dudit réseau routier, et au moyen de mesures lors d'au moins un déplacement d'au moins un véhicule, **caractérisé en ce qu'on met en œuvre les étapes suivantes :**

- a. On mesure un premier nombre de passages de véhicules (N_{cap}) auxdits points de mesure au moyen desdits capteurs fixes (1) ;
- b. On mesure la géolocalisation (GEO) dudit au moins un véhicule lors dudit au moins un déplacement au sein dudit réseau routier, et on en déduit un deuxième nombre de passages de véhicules (N_{geo}) sur chaque route dudit réseau routier empruntée par ledit au moins un véhicule pendant ledit au moins un déplacement ;
- c. On détermine ledit nombre de passages de véhicules (N_{tot}) sur ladite au moins une portion de route dudit réseau routier au moyen dudit deuxième nombre de passages de véhicules (N_{geo}) et d'un champ scalaire spatial (SCA) qui dépend dudit premier nombre de passages de véhicules (N_{cap}).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on détermine ledit champ scalaire spatial (SCA) par détermination d'un facteur de normalisation spatialisé (F_{norm}), et on détermine ledit nombre de passages de véhicule sur ladite au moins une portion de route dudit réseau routier au moyen dudit deuxième nombre de passages de véhicules et dudit facteur de

normalisation spatialisé (F_{norm}).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel on détermine ledit facteur de normalisation spatialisé (F_{norm}) au moyen des étapes suivantes :

- i. On détermine ledit facteur de normalisation spatialisé (F_{norm}) auxdits points de mesure au moyen desdites mesures au moyen desdits capteurs fixes, et au moyen dudit deuxième nombre de passages de véhicules (N_{geo}) auxdits points de mesures ; et
- ii. On détermine ledit facteur de normalisation spatialisé (F_{norm}) sur ladite au moins une portion dudit réseau routier par extrapolation dudit facteur de normalisation spatialisé (F_{norm}) déterminé auxdits points de mesure.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel auxdits points de mesure, ledit facteur de normalisation spatialisé (F_{norm}) est défini par la formule

$$F_{norm} = \frac{N_{cap} + 1}{(N_{geo} + 1)^\rho}$$

suivante : avec N_{cap} ledit premier nombre de passages de véhicules, N_{geo} ledit deuxième nombre de passages de véhicules, ρ une constante.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ledit champ scalaire spatial (SCA) est un champ scalaire stochastique.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel ledit champ scalaire spatial (SCA) est mis en œuvre au moyen de processus gaussiens.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on modélise $\ln(N_{tot} + 1)$, par un processus gaussien u_2 défini sur un graphe mathématique dudit réseau routier, N_{tot} étant ledit nombre de passages de véhicules sur au moins une portion de route dudit réseau routier, u_2 étant défini de telle sorte que $u_2 = \rho u_1 + \delta$ avec u_1 et δ eux-mêmes deux processus gaussiens définis sur ledit graphe dudit réseau routier et tels que u_1 modélise $\ln(N_{geo} + 1)$ avec N_{geo} le deuxième nombre de passages de véhicules, ρ une constante, et avec u_2 modélise $\ln(N_{cap} + 1)$ auxdits points de mesure, avec N_{cap} ledit premier nombre de passages de véhicules mesurés par lesdits capteurs fixes.

8. Procédé selon l'une des revendications 7, dans lequel lesdits processus gaussiens de u_1 et δ prennent en compte une mesure de proximité entre des portions de route dudit réseau routier permettant de construire les noyaux desdits processus gaussiens.

9. Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, dans

lequel on détermine des hyper-paramètres des noyaux desdits processus gaussiens u_1 et δ au moyen d'une procédure d'optimisation dudit processus gaussien.

5

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on mesure ladite géolocalisation dudit au moins un véhicule au moyen d'un capteur de géolocalisation intégré dans un téléphone intelligent.

10

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un véhicule est une bicyclette.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel lesdits capteurs fixes (1) sont choisis parmi des caméras, des radars, des cellules photoélectriques, des câbles piézoélectriques ou des boucles inductives.

20

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit procédé prend en compte également au moins un trajet simulé par un utilisateur.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on mesure en outre l'horodatage desdites mesures desdits capteurs fixes et desdites mesures de géolocalisation dudit au moins un véhicule.

30

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel on détermine le nombre de passages de véhicules (N_{tot}) pour une période future pour au moins une portion de route dudit réseau routier au moyen desdites mesures des capteurs fixes (1), desdites mesures de géolocalisation et dudit horodatage.

35

16. Procédé selon la revendication 15, dans lequel ladite détermination dudit nombre de passages de véhicules (N_{tot}) pour une période future prend en compte en outre la météorologie et/ou une modification de l'infrastructure dudit réseau routier.

40

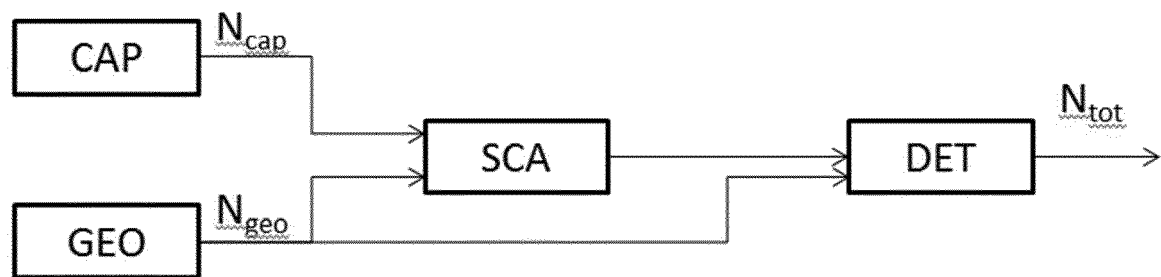
17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel on affiche ledit nombre déterminé de passages de véhicules (N_{tot}) sur une carte routière, de préférence au moyen d'un téléphone intelligent ou d'un système informatique.

45

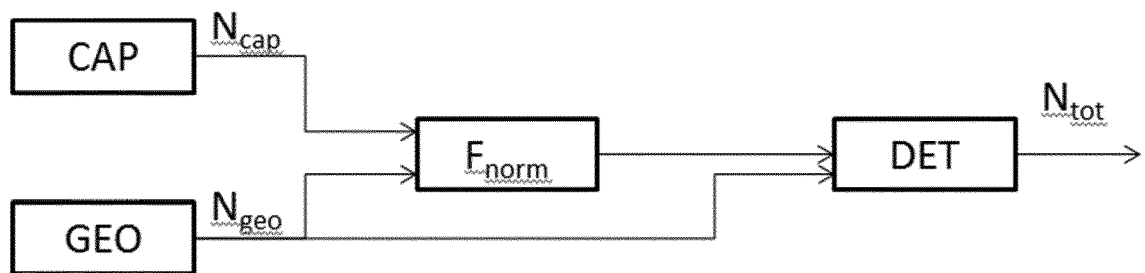
50

55

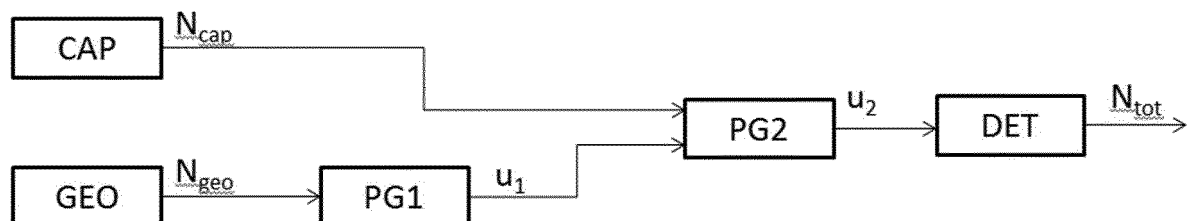
[Fig 1]



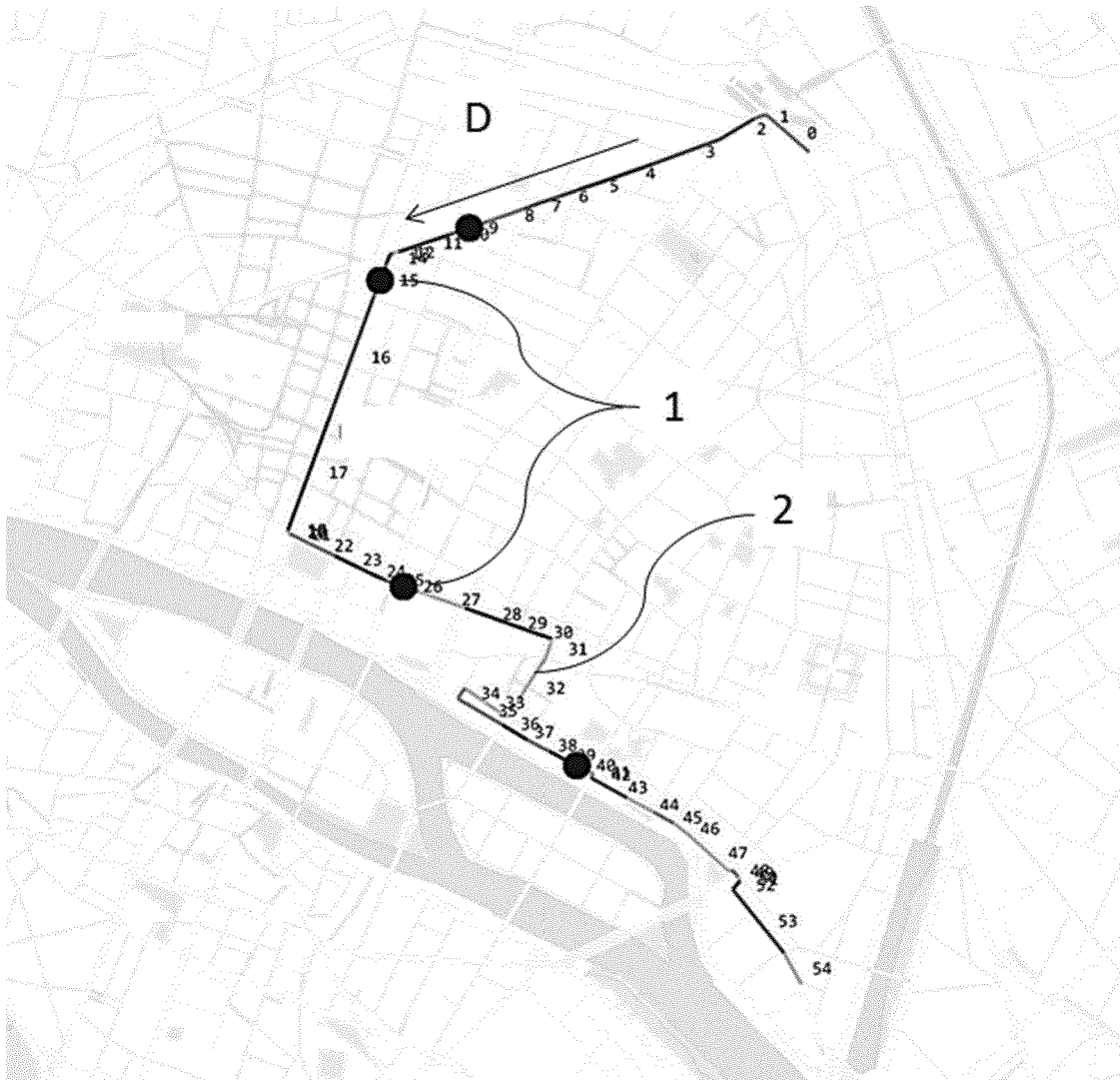
[Fig 2]



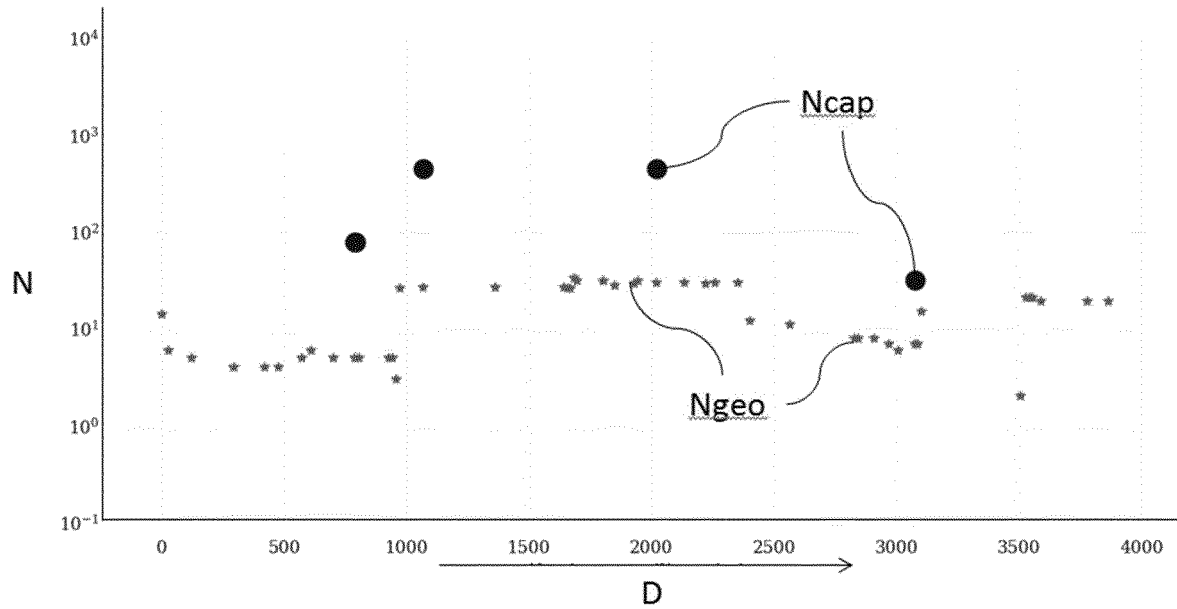
[Fig 3]



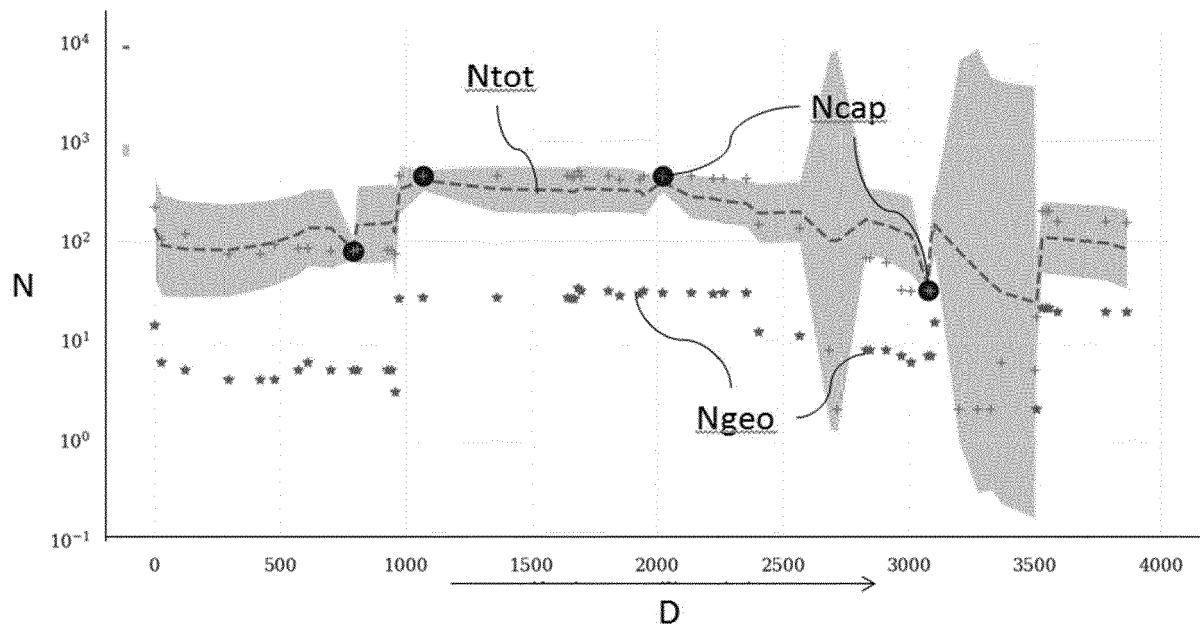
[Fig 4]



[Fig 5]



[Fig 6]



[Fig 7]



[Fig 8]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 20 5861

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	EP 1 071 057 A1 (DDG GES FUER VERKEHRSDATEN MBH [DE]) 24 janvier 2001 (2001-01-24) * alinéas [0002], [0005]; revendication 1 *	1-17	INV. G08G1/01 G08G1/065
A	US 2016/379486 A1 (TAYLOR DONALD WARREN [US]) 29 décembre 2016 (2016-12-29) * revendication 1 *	1-15	
A	EP 1 321 915 A2 (JET RES SRL [IT]) 25 juin 2003 (2003-06-25) * alinéas [0011], [0012] *	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G08G
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		23 mars 2022	Veen, Gerardus
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 21 20 5861

5 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.

23-03-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1071057 A1	24-01-2001	AT 361516 T	15-05-2007
		DE 19935769 A1	01-02-2001
		EP 1071057 A1	24-01-2001
		ES 2286981 T3	16-12-2007

US 2016379486 A1	29-12-2016	US 2016379486 A1	29-12-2016
		US 2017337813 A1	23-11-2017

EP 1321915 A2	25-06-2003	EP 1321915 A2	25-06-2003
		IT UD20010205 A1	12-06-2003

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

- US 5812069 A [0010]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **FENG-CUI QIU ; EN-JIAN YAO ; YANG YANG ; XIN LI ; YI ZHANG.** *STUDY ON DATA FUSION MODEL WITH MULTI-SOURCE HETEROGENEOUS TRAFFIC DATA*, 2011 [0007]
- **M. HOUBRAKEN ; K. SCHEERLINCK.** Real-time Traffic Monitoring by fusing Floating Car Data with Stationary Detector Data. *2015 Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, 03 Juin 2015 [0008]
- **JIE CHEN ; KIAN HSIANG LOW ; YUJIAN YAO ; PATRICK JAILLET.** Gaussian Process Decentralized Data Fusion and Active Sensing for Spatiotemporal Traffic Modeling and Prediction in Mobility-on-Demand Systems. *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING*, Juillet 2015, vol. 12 (3 [0009]
- **FORRESTER et al.** *Multi-fidelity optimization via surrogate modelling*, 2007 [0074]