

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
25 juin 2020 (25.06.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/127077 A1

(51) Classification internationale des brevets :

G08G 1/02 (2006.01) G07C 5/02 (2006.01)
B60W 40/06 (2012.01) G08G 1/01 (2006.01)
B60W 40/10 (2012.01) G07C 5/08 (2006.01)
B60W 40/12 (2012.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2019/085392

(22) Date de dépôt international :

16 décembre 2019 (16.12.2019)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1873078 17 décembre 2018 (17.12.2018) FR

(71) Déposants : **CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE** [FR/FR] ; 1, avenue Paul Ourliac, Intellectual Property, 31100 TOULOUSE (FR). **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE] ; 9, Vahrenwalder Strasse, 30165 HANOVRE (DE).

(72) Inventeur : **COHEN SOLAL, Julien** ; CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE, Service Intellectual Property, 1, Avenue Paul Ourliac, 31100 TOULOUSE (FR).

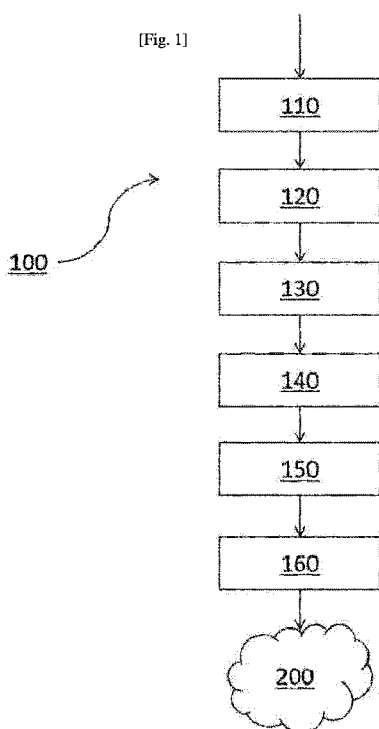
(74) Mandataire : **MAJEWSKI, Marc** ; CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE, Service Intellectual Property, 1, Avenue Paul Ourliac, 31100 TOULOUSE (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES,

(54) Title: DETECTION OF ROAD SPEED REDUCERS BY MEANS OF AUTOMATIC LEARNING

(54) Titre : DÉTECTION DE RALENTISSEURS ROUTIERS PAR APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE



(57) Abstract: The present invention relates to methods (100, 300) and to a set of computer programs for detecting the passage of a road vehicle on a road speed reducer. The general principle of the invention is based on the detection of the passage of a road vehicle on a road speed reducer by means of automatic learning (in English "machine learning").

(57) Abrégé : La présente invention a pour objet des procédés (100, 300) et un ensemble de programmes informatiques pour détecter le passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier. Le principe général de l'invention est basé sur la détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier grâce à l'apprentissage automatique (« machine learning », en langue anglaise).

FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

DESCRIPTION

TITRE : Détection de ralentisseurs routiers par apprentissage automatique

Domaine technique

La présente invention concerne la détection de ralentisseurs routiers. Plus précisément, elle concerne des modèles d'apprentissage automatique entraînés, des procédés et un ensemble de programmes informatiques pour détecter le passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier.

Technique antérieure

La vitesse excessive ou inappropriée constitue le premier problème de sécurité routière dans de nombreux pays. En pratique, elle est à l'origine d'environ un tiers des accidents mortels en milieu urbain. En outre, du fait de l'énergie libérée lors d'un choc, la vitesse constitue un facteur aggravant dans tous les accidents.

Par leurs capacités à obliger un véhicule routier à réduire sa vitesse, les ralentisseurs routiers sont régulièrement utilisés pour résoudre ce problème de sécurité routière.

Toutefois, l'utilisation des ralentisseurs routiers pose certaines difficultés pour les systèmes d'aide à la conduite comme l'assistance au changement de voie (« Lane Change Control », en langue anglaise) ou la régulation de vitesse (« Auto Cruise Control », en langue anglaise). En effet, ces systèmes doivent connaître la position des ralentisseurs routiers pour fonctionner correctement. Or, la production de cartes routières numériques comprenant les positions des ralentisseurs routiers nécessite beaucoup de temps et est très coûteuse. Ainsi, certains systèmes d'aide à la conduite ne fonctionnent pas efficacement par manque d'informations sur les ralentisseurs routiers.

Par conséquent, il existe un besoin pour la production rapide et peu onéreuse de cartes de ralentisseurs routiers.

Exposé de l'invention

La présente invention vise donc à pallier les inconvénients précités. Pour cela, dans un premier aspect, l'invention propose un procédé d'entraînement d'un modèle d'apprentissage automatique pour détecter le passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier.

Dans un deuxième aspect, l'invention propose un procédé de détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier à l'aide du modèle d'apprentissage automatique entraîné dans le procédé du premier aspect.

Dans un troisième aspect, l'invention propose un programme d'ordinateur avec un code de programme permettant de mettre en œuvre les procédés des premiers et deuxièmes aspects.

5 Dans un quatrième aspect, l'invention propose un support de stockage non transitoire sur lequel on stocke un programme d'ordinateur selon le troisième aspect de l'invention.

Ainsi, l'invention se rapporte à un procédé d'entraînement d'un modèle d'apprentissage pour détecter le passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier. Le procédé nécessite une pluralité de véhicules routiers d'entraînement en mouvement sur un réseau routier d'entraînement comprenant un ou plusieurs ralentisseurs routiers d'entraînement, 10 chaque véhicule routier d'entraînement comprenant un bus de communication de données qui est couplé à une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement du véhicule routier d'entraînement. Pour chacun parmi la pluralité de véhicules routiers d'entraînement le procédé d'entraînement comprend les étapes suivantes :

- 15 - une étape d'acquisition durant laquelle on acquiert des données d'acquisition, ci-après appelées D_a , par le bus de communication, dans une fenêtre glissante comprenant une pluralité de fenêtre particulière, les D_a comprenant la vitesse de rotation de chacune des roues du véhicule automobile d'entraînement,
- une première étape de calcul durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, des grandeurs mathématiques à partir des D_a ,
- 20 - une seconde étape de calcul durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation, ci-après appelée Δ , la variation Δ correspondant à une variation des D_a et/ou des grandeurs mathématiques, entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière précédant la fenêtre temporelle particulière courante,
- 25 - une étape de création durant laquelle, pour chaque fenêtre temporelle particulière, on crée un vecteur caractéristique à partir des D_a et des variations Δ ,
- une étape d'association durant laquelle on associe le vecteur caractéristique avec une information indicative du passage ou non sur un ralentisseur routier, de sorte que l'on obtient des variables de modèle d'apprentissage automatique, et
- 30 - une étape d'entraînement durant laquelle on entraîne le modèle d'apprentissage automatique, à partir d'un algorithme d'apprentissage automatique supervisé et des variables de modèle d'apprentissage automatique.

L'invention couvre également un procédé de détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier, le véhicule routier comprenant un bus de communication de

données qui est couplé à une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement du véhicule routier. Le procédé comprend les étapes suivantes :

- 5 - une étape d'acquisition, durant laquelle on acquiert des données d'acquisition, ci-après appelées D_a , par le bus de communication, dans une fenêtre glissante comprenant une pluralité de fenêtre particulière, la vitesse de rotation de chacune des roues du véhicule automobile d'entraînement,
- 10 - une première étape de calcul durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, des grandeurs mathématiques à partir des D_a ,
- une seconde étape de calcul durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation, ci-après appelée Δ , la variation Δ correspondant à variation des D_a et/ou des grandeurs mathématiques, entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière précédant la fenêtre temporelle particulière courante,
- 15 - une étape de création durant laquelle, pour la fenêtre temporelle particulière courante, on crée un vecteur caractéristique à partir des D_a et des variations Δ ,
- une étape de détection durant laquelle on détecte, pour chaque fenêtre temporelle particulière, le passage du véhicule routier sur un ralentisseur routier, à partir du vecteur caractéristique et d'au moins un modèle d'apprentissage automatique entraîné selon le premier aspect de l'invention.
- 20 Par ailleurs, l'invention couvre un programme d'ordinateur avec un code de programme pour exécuter les étapes des procédés selon les premier et deuxième aspects de l'invention, lorsque le programme d'ordinateur est chargé dans l'ordinateur ou exécuté dans l'ordinateur.
- 25 L'invention couvre également un support de stockage non transitoire sur lequel le programme d'ordinateur, ci-dessus, est stocké.
- Selon un premier mode de réalisation de l'invention, chaque fenêtre temporelle particulière recouvre substantiellement la fenêtre temporelle particulière la précédant et la fenêtre temporelle particulière lui succédant, la valeur de recouvrement étant comprise entre 60 % et 80%.
- 30 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, durant l'étape d'acquisition, on acquiert, en outre, au moins une information d'un groupe, ci-après appelée I_{nf} , comprenant au moins une mesure de la hauteur de caisse du véhicule automobile d'entraînement, au moins une mesure de l'accélération du véhicule automobile d'entraînement, au moins une mesure d'une caractéristique dynamique du moteur du véhicule automobile d'entraînement,

une mesure d'une pression de freinage appliquée sur la pédale de frein du véhicule automobile d'entraînement, un signal audio représentatif d'un ou plusieurs sons émis sous le véhicule routier d'entraînement, et dans lequel, durant l'étape de création, on ajoute Inf au vecteur caractéristique.

- 5 Selon un troisième mode de réalisation de l'invention, durant la seconde étape de calcul, on calcule, en outre, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation Δ , entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière succédant à la fenêtre temporelle particulière courante.

Selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, l'algorithme d'apprentissage automatique supervisé est du type gradient boosting.

10

Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre et en référence aux dessins annexés, donnés à titre illustratif et nullement limitatif.

- 15 [Fig. 1] La **figure 1** représente un procédé d'entraînement d'un modèle d'apprentissage automatique selon l'invention.

[Fig. 2] La **figure 2** représente un agencement d'une fenêtre glissante selon l'invention.

- [Fig. 3] La **figure 3** représente un procédé de détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier selon l'invention.
- 20

Pour des raisons de clarté, les éléments représentés ne sont pas nécessairement représentés à la même échelle, les uns par rapport aux autres, sauf mention contraire.

Description des modes de réalisation

- 25 Le principe général de l'invention est basé sur la détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier grâce à l'apprentissage automatique (« machine learning », en langue anglaise). On entend par véhicule routier, tout véhicule doté d'un moteur (généralement à explosion ou électrique) destiné à le mouvoir sur un réseau routier et capable de transporter des personnes ou des charges (par exemple, une voiture ou une
- 30 motocyclette).

Pour cela, l'invention réalise la détection en utilisant un modèle d'apprentissage automatique qui est entraîné en conséquence, et qui est incorporé dans les véhicules routiers en circulation sur différents réseaux routiers. Par conséquent, la détection des ralentisseurs routiers peut être réalisée par l'ensemble des véhicules routiers en circulation,

de sorte à produire des données routières participatives (« road data crowdsourcing », en langue anglaise). Enfin, cet ensemble de données acquises par production participative peut être consolidé pour déterminer de manière précise la position des ralentisseurs routiers sur les différents réseaux routiers.

- 5 Dans l'invention, on entraîne le modèle d'apprentissage automatique selon une démarche d'apprentissage dite supervisée dans laquelle des observations passées sont labélisées. En pratique, cela signifie que chaque observation est accompagnée d'un label qui identifie le phénomène à prédire, à savoir, le passage d'un véhicule sur un ralentisseur routier. Dans ce cadre, le modèle d'apprentissage automatique utilisé est un modèle dit prédictif dans
- 10 lequel on découvre des corrélations significatives entre les observations passées et le passage sur un ralentisseur routier, et dans lequel on cherche à généraliser ces corrélations à des cas non encore observés. À ce titre, le modèle d'apprentissage automatique supervisé se distingue des modèles dits explicatifs dans lesquels on cherche à comprendre le mécanisme causal qui sous-tend le phénomène à classer.
- 15 La **figure 1** illustre le procédé 100 d'entraînement d'un modèle d'apprentissage automatique 200, selon l'invention.

Le procédé 100 nécessite une pluralité (non représentée) de véhicules routiers d'entraînement en mouvement sur un ou plusieurs réseaux routiers d'entraînement comprenant un ou plusieurs ralentisseurs routiers d'entraînement. En pratique, les

20 véhicules routiers d'entraînement peuvent être du même type. Toutefois, il n'est pas nécessaire qu'ils présentent les mêmes caractéristiques techniques ou des caractéristiques techniques similaires. On entend par caractéristiques techniques, par exemple, les caractéristiques liées au moteur et/ou à la suspension. En outre, chaque véhicule routier d'entraînement comprend un bus de communication de données, par exemple, de type

25 CAN (« Controller Area Network », en langue anglaise) ou FlexRay. Le bus de communication de chaque véhicule routier d'entraînement est couplé à une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement du véhicule routier d'entraînement.

Dans l'exemple de la **figure 1**, le procédé 100 comprend une étape d'acquisition 110, une première étape de calcul 120, une seconde étape de calcul 130, une étape de création 140,

30 une étape d'association 150 et une étape d'entraînement 160.

L'ensemble des étapes du procédé 100 est mis en œuvre pour chaque véhicule routier d'entraînement, de sorte à entraîner un seul modèle d'apprentissage automatique. Toutefois, il est également envisagé d'entraîner, par exemple, plusieurs modèles d'apprentissage automatique, où chacun sera entraîné, seulement à partir des données

35 acquises par des véhicules routiers d'entraînement présentant les mêmes caractéristiques

techniques ou des caractéristiques techniques similaires, comme mentionnées plus haut. Dans ce cas, on incorporera un modèle d'apprentissage entraîné particulier, seulement dans les véhicules routiers présentant les mêmes caractéristiques techniques ou des caractéristiques techniques similaires aux véhicules routiers d'entraînement ayant servi à

5 entraîner le modèle d'apprentissage automatique.

Dans l'exemple de la **figure 1**, l'étape d'acquisition 110 est réalisée en continue par les capteurs. Dans ce cas, le véhicule routier d'entraînement peut embarquer un ou plusieurs opérateurs humains pour marquer ou noter des instants de conduite indiquant le passage sur un ralentisseur d'entraînement. Plus tard, en analysant les sessions de conduite, il sera

10 possible de garder seulement les données de sessions de conduite qui sont les plus pertinentes pour l'entraînement. Par exemple, on pourra filtrer les données de façon à conserver substantiellement la même quantité de données associées au passage ou non sur un ralentisseur d'entraînement, ci-après appelé information indicative du passage ou non sur un ralentisseur routier. Dans une mise en œuvre particulière, la proportion de

15 données associées au passage ou non sur un ralentisseur d'entraînement varie en 40 % et 60 % et s'élève de préférence à 50 %.

Durant l'étape d'acquisition 110, on acquiert des données d'acquisition, ci-après appelées Da, par le bus de communication. Dans l'invention, les Da comportent la vitesse de rotation de chacune des roues du véhicule automobile d'entraînement. En outre, dans l'invention,

20 les Da sont agencées dans une fenêtre glissante comprenant une pluralité de fenêtre particulière. De manière classique, chaque fenêtre particulière comprend un ou plusieurs instants d'acquisition successifs. L'agencement de la fenêtre glissante peut être réalisé directement dans les capteurs ou postérieurement à l'acquisition, par exemple, grâce à un ordinateur.

25 Dans une première mise en œuvre de l'étape d'acquisition 110, la durée de la fenêtre glissante est prédéterminée, par exemple 1s, 2s, 3s, 4s ou 5s.

Dans l'invention, la durée de chaque fenêtre particulière est la même que celle de la fenêtre glissante. Ainsi, si la durée de la fenêtre glissante est de 2s, alors la durée de chaque fenêtre particulière est également de 2s. La **figure 2** représente plusieurs fenêtres

30 particulières fpi d'une fenêtre glissante donnée. Dans l'exemple de la **figure 2**, chaque fenêtre particulière fpi possède une durée d. En outre, dans l'invention, chaque fenêtre particulière fpi est disposée de façon à recouvrir substantiellement la fenêtre particulière fpi la précédant, et de façon à être recouverte substantiellement par la fenêtre particulière fpi la succédant. L'exemple de la **figure 2** montre un niveau de recouvrement de l'ordre de

35 80%. Dans cet exemple, la portion po indique la durée d'acquisition d'une fenêtre

particulière fpi qui n'est pas comprise dans la fenêtre particulière fpi la précédant. Sans avoir besoin de modifier l'invention, d'autres valeurs de recouvrement peuvent être envisagées, par exemple, entre 60% et 80%.

Dans une troisième mise en œuvre de l'étape d'acquisition 110, on acquiert d'autres Da pour caractériser le passage sur un ralentisseur routier. En pratique, on acquiert, en outre, au moins une information d'un groupe, ci-après appelée Inf, comprenant :

- au moins une mesure de la hauteur de caisse du véhicule automobile d'entraînement. Par exemple, il peut s'agir de la hauteur de caisse arrière et/ou avant du véhicule automobile d'entraînement ;
- au moins une mesure d'accélération du véhicule automobile d'entraînement. Par exemple, il peut s'agir d'une ou de plusieurs des trois accélérations linéaires du véhicule automobile d'entraînement ;
- au moins une mesure d'une caractéristique dynamique du moteur du véhicule automobile d'entraînement. Par exemple, il peut s'agir du couple moteur et/ou du régime moteur ;
- une mesure d'une pression de freinage appliquée sur la pédale de frein du véhicule automobile d'entraînement ; et,
- un signal audio représentatif d'un ou plusieurs sons émis sous le véhicule routier d'entraînement. Pour cela, par exemple, il peut s'agir de positionner un ou plusieurs microphones sous l'essieu du véhicule routier d'entraînement.

De retour à la **figure 1**, durant la première étape de calcul 120, on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, des grandeurs mathématiques à partir des Da. Les grandeurs mathématiques sont obtenues à partir de fonctions mathématiques appliquées dans le domaine temporel et/ou dans le domaine fréquentiel selon la Da considérée. Par exemple, on pourra utiliser des fonctions de statistique descriptive qui comprennent au moins des mesures de position (par exemple, moyenne/médiane glissante ou non) et des mesures de dispersion (par exemple, mode, maximum, minimum, écart-type, variance, quartiles, nombre de passage à zéro). Toutefois, d'autres fonctions mathématiques peuvent être envisagées sans nécessiter de modification de l'invention.

La seconde étape de calcul 130 est mise en œuvre pour chaque fenêtre temporelle particulière. Durant la seconde étape de calcul 130, on calcule au moins une variation, ci-après appelée Δ . Dans l'invention, la variation Δ correspond à la variation des Da et/ou des grandeurs mathématiques, entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière précédant la fenêtre temporelle particulière courante.

Dans une mise en œuvre de la seconde étape de calcul 130, on calcule, en outre, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation Δ , entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière succédant la fenêtre temporelle particulière courante.

- 5 L'étape de création 140 est également mise en œuvre pour chaque fenêtre temporelle particulière. Durant l'étape de création 140, on crée un vecteur caractéristique à partir des D_a et des variations Δ .

Dans une première mise en œuvre de l'étape de création 140, on ajoute $\ln f$ au vecteur caractéristique.

- 10 Durant l'étape d'association 150, on associe le vecteur caractéristique avec une l'information indicative du passage ou non sur un ralentisseur routier, de sorte que l'on obtient des variables de modèle d'apprentissage automatique. En d'autres termes, on labélise chaque vecteur caractéristique associé à une fenêtre temporelle particulière, soit avec un label qui indique le passage d'un véhicule d'entraînement sur un ralentisseur routier
- 15 d'entraînement, soit avec un label qui n'indique pas le passage d'un véhicule d'entraînement sur un ralentisseur routier d'entraînement.

Enfin, durant l'étape d'entraînement 160, on entraîne le modèle d'apprentissage automatique 200, à partir d'un algorithme d'apprentissage automatique supervisé et des variables de modèle d'apprentissage automatique.

- 20 Dans l'étape 160, on réalise l'apprentissage du modèle d'apprentissage automatique en fournissant au modèle d'apprentissage automatique un jeu de données d'apprentissage (« training set », en langue anglaise) sous forme de couples (X, Y) , dans lesquels X correspond à un ensemble de variables prédictives (« input features », en langue anglaise) et Y correspond à une variable à prédire (« output » ou « target », en langue anglaise).
- 25 Dans l'invention, le jeu de données d'apprentissage est déterminé à partir des variables de modèle d'apprentissage automatique. En pratique, un couple (X, Y) est défini de telle sorte que la variable prédictive X comprend les vecteurs caractéristique des variables de modèle d'apprentissage automatique et la variable à prédire Y comprend les informations indicatives du passage sur un ralentisseur routier utilisée à l'étape 150.
- 30 Dans une mise en œuvre particulière de l'étape d'entraînement 160, l'algorithme d'apprentissage automatique supervisé est du type gradient boosting, comme par exemple, XGBoost ou LightGBM.

La **figure 3** représente un procédé 300 de détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier à l'aide du modèle d'apprentissage automatique entraîné 200. Dans

- 35 l'exemple de la **figure 3**, tout comme pour les véhicules routiers d'entraînement, le véhicule

routier comprend un bus de communication de données qui est couplé à une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement du véhicule routier.

Dans l'exemple de la **figure 3**, le procédé 300 comprend une étape d'acquisition 310, une première étape de calcul 320, une seconde étape de calcul 330, une étape de création 340 et une étape de détection 350.

Dans l'invention, les étapes 310 à 340 du procédé 300 sont similaires aux étapes 110 à 140 du procédé 100. La seule différence réside dans le fait que les étapes du procédé 100 sont mises en œuvre dans un véhicule routier d'entraînement, tandis que les étapes du procédé 100 sont mises en œuvre dans un véhicule routier qui n'a pas servi à l'entraînement du modèle d'apprentissage automatique 200. Ainsi, les mises en œuvre particulières des étapes 110 à 140 du procédé 100 s'appliquent également aux étapes 310 à 340 du procédé 300.

Durant l'étape de détection 350, on détecte, pour chaque fenêtre temporelle particulière, le passage du véhicule routier sur un ralentisseur routier, à partir du vecteur caractéristique et d'au moins un modèle d'apprentissage automatique entraîné selon les étapes du procédé 100.

Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, les différentes étapes des procédés 100 et 300 sont déterminées par des instructions de programmes d'ordinateur. Par conséquent, l'invention vise aussi un programme avec un code de programme d'ordinateur fixé sur un support de stockage non transitoire, ce code de programme étant susceptible d'exécuter les étapes des procédés 100 et/ou 300, lorsque le programme d'ordinateur est chargé dans l'ordinateur ou exécuté dans l'ordinateur.

La présente invention a été décrite et illustrée dans la présente description détaillée et dans les figures. Toutefois, la présente invention ne se limite pas aux formes de réalisation présentées. Ainsi, d'autres variantes et modes de réalisation peuvent être déduits et mis en œuvre par la personne du métier à la lecture de la présente description et des figures annexées. Par exemple, l'invention comprend également un système informatique comprenant une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement d'un véhicule routier et un processeur configuré pour mettre en œuvre les étapes des procédés 100 et 300.

Revendications

1. Procédé (100) d'entraînement d'un modèle d'apprentissage automatique (200) pour détecter le passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier, le procédé comprenant les étapes suivantes, pour chacun parmi une pluralité de véhicules routiers d'entraînement en mouvement sur un réseau routier d'entraînement comprenant un ou plusieurs ralentisseurs routiers d'entraînement, chaque véhicule routier d'entraînement comprenant un bus de communication de données qui est couplé à une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement du véhicule routier d'entraînement :
- a. une étape d'acquisition (110) durant laquelle on acquiert des données d'acquisition, ci-après appelées D_a , par le bus de communication, dans une fenêtre glissante comprenant une pluralité de fenêtre particulière, les D_a comprenant la vitesse de rotation de chacune des roues du véhicule automobile d'entraînement,
 - b. une première étape de calcul (120) durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, des grandeurs mathématiques à partir des D_a ,
 - c. une seconde étape de calcul (130) durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation, ci-après appelée Δ , la variation Δ correspondant à variation des D_a et/ou des grandeurs mathématiques, entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière précédant la fenêtre temporelle particulière courante,
 - d. une étape de création (140) durant laquelle, pour chaque fenêtre temporelle particulière, on crée un vecteur caractéristique à partir des D_a et des variations Δ ,
 - e. une étape d'association (150) durant laquelle on associe le vecteur caractéristique avec une information indicative du passage ou non sur un ralentisseur routier, de sorte que l'on obtient des variables de modèle d'apprentissage automatique, et
 - f. une étape d'entraînement (160) durant laquelle on entraîne le modèle d'apprentissage automatique, à partir d'un algorithme d'apprentissage automatique supervisé et des variables de modèle d'apprentissage automatique.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel chaque fenêtre temporelle particulière recouvre substantiellement la fenêtre temporelle particulière la précédant et la fenêtre temporelle particulière lui succédant, la valeur de recouvrement étant comprise entre 60 % et 80%.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, dans lequel, durant l'étape d'acquisition, on acquiert, en outre, au moins une information d'un groupe, ci-après appelée

Inf, comprenant au moins une mesure de la hauteur de caisse du véhicule automobile d'entraînement, au moins une mesure de l'accélération du véhicule automobile d'entraînement, au moins une mesure d'une caractéristique dynamique du moteur du véhicule automobile d'entraînement, une mesure d'une pression de freinage appliquée sur la pédale de frein du véhicule automobile d'entraînement, un signal audio représentatif d'un ou plusieurs sons émis sous le véhicule routier d'entraînement, et dans lequel, durant l'étape de création, on ajoute Inf au vecteur caractéristique.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel, durant la seconde étape de calcul, on calcule, en outre, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation Δ , entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière succédant à la fenêtre temporelle particulière courante.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'algorithme d'apprentissage automatique supervisé est du type gradient boosting.

6. Procédé (300) de détection du passage d'un véhicule routier sur un ralentisseur routier, le véhicule routier comprenant un bus de communication de données qui est couplé à une pluralité de capteurs de l'état de fonctionnement du véhicule routier, le procédé comprenant les étapes suivantes :

a. une étape d'acquisition (310), on acquiert des données d'acquisition, ci-après appelées D_a , par le bus de communication, dans une fenêtre glissante comprenant une pluralité de fenêtre particulière, la vitesse de rotation de chacune des roues du véhicule automobile d'entraînement,

b. une première étape de calcul (320) durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, des grandeurs mathématiques à partir des D_a ,

c. une seconde étape de calcul (330) durant laquelle on calcule, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation, ci-après appelée Δ , la variation Δ correspondant à variation des D_a et/ou des grandeurs mathématiques, entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière précédant la fenêtre temporelle particulière courante,

d. une étape de création (340) durant laquelle, pour la fenêtre temporelle particulière courante, on crée un vecteur caractéristique à partir des D_a et des variations Δ ,

e. une étape de détection (350) durant laquelle on détecte, pour chaque fenêtre temporelle particulière, le passage du véhicule routier sur un ralentisseur routier, à partir du vecteur caractéristique et d'au moins un modèle d'apprentissage automatique entraîné selon l'une des revendications 1 à 5.

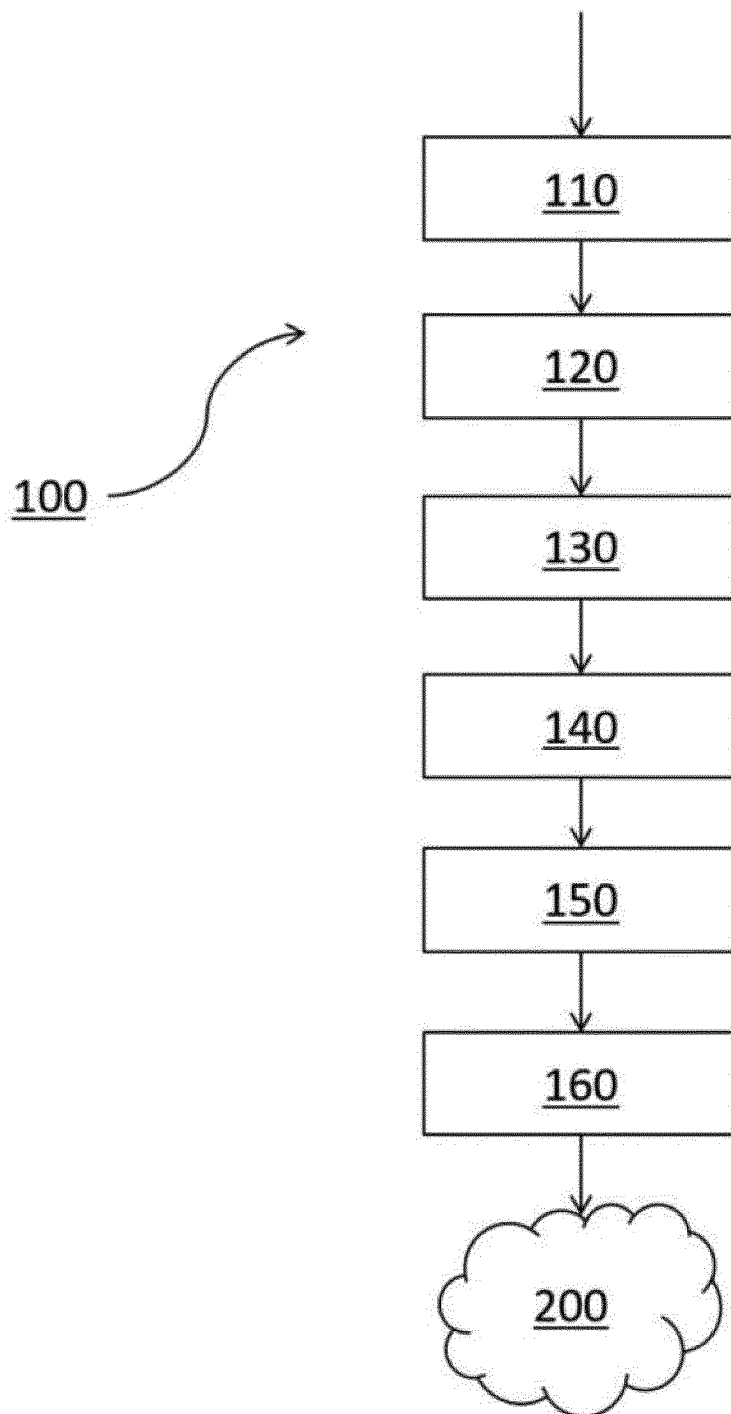
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel chaque fenêtre temporelle particulière recouvre substantiellement la fenêtre temporelle particulière la précédant et la fenêtre temporelle particulière lui succédant, la valeur de recouvrement étant comprise entre 60 % et 80%.

8. Procédé selon l'une des revendications 6 à 7, dans lequel, durant l'étape d'acquisition, on acquiert, en outre, au moins une information d'un groupe, ci-après appelée Inf, comprenant au moins une mesure de la hauteur de caisse du véhicule automobile, au moins une mesure de l'accélération du véhicule automobile, au moins une mesure d'une caractéristique dynamique du moteur du véhicule automobile, une mesure d'une pression de freinage appliquée sur la pédale de frein du véhicule automobile, un signal audio représentatif d'un ou plusieurs sons émis sous le véhicule routier, et dans lequel, durant l'étape de création, on ajoute Inf au vecteur caractéristique.

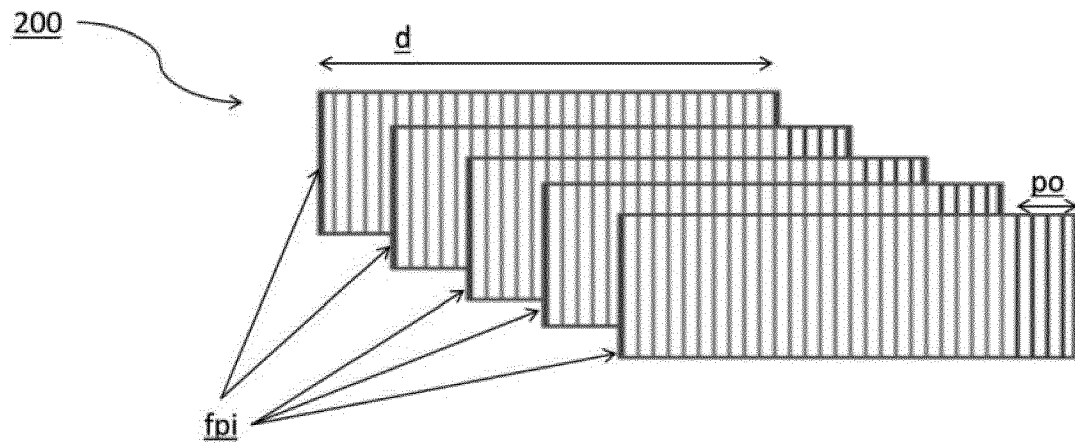
9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8, dans lequel, durant la seconde étape de calcul, on calcule, en outre, pour chaque fenêtre temporelle particulière, au moins une variation Δ , entre la fenêtre temporelle particulière courante et au moins une fenêtre temporelle particulière succédant à la fenêtre temporelle particulière courante.

10. Programme d'ordinateur avec un code de programme pour exécuter les étapes d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 5 ou 6 à 9 lorsque le programme d'ordinateur est chargé dans l'ordinateur ou exécuté dans l'ordinateur.

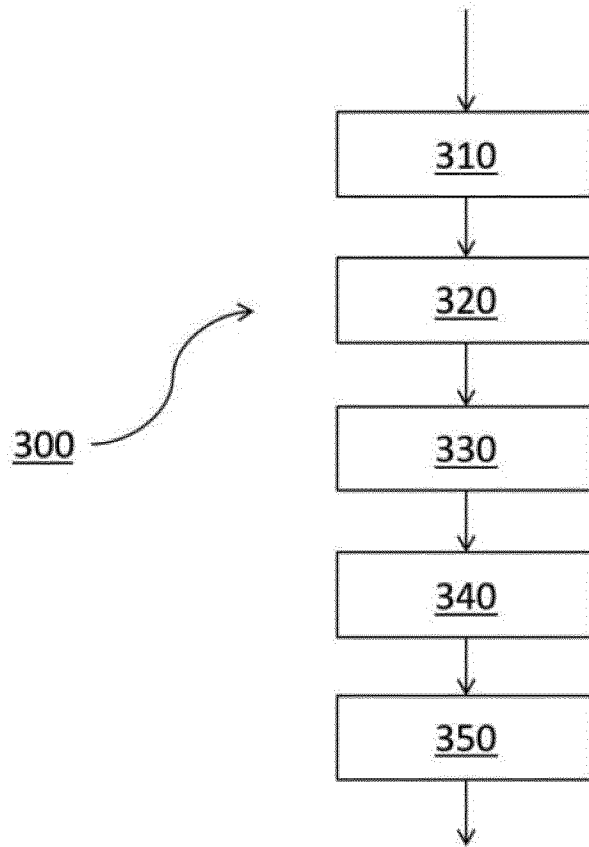
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/085392

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08G 1/02(2006.01)i; **B60W 40/06**(2012.01)i; **B60W 40/10**(2012.01)i; **B60W 40/12**(2012.01)i; **G07C 5/02**(2006.01)i;
G08G 1/01(2006.01)i; **G07C 5/08**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G08G; B60W; G07C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2017050599 A1 (GILBERT WAYNE [GB] ET AL) 23 February 2017 (2017-02-23) paragraphs [0003], [0007], [0018], [0032], [0037], [0042], [0051], [0070], [0075] - [0076], [0092] - [0093] paragraphs [0103], [0105], [0116], [0118] - [0119], [0125] figure 3	1-10
A	US 2015291177 A1 (LEE SOO HYUK [KR]) 15 October 2015 (2015-10-15) the whole document	1-10
A	SILVA NUNO ET AL. "Anomaly Detection in Roads with a Data Mining Approach" <i>PROCEDIA COMPUTER SCIENCE, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL</i> , Vol. 121, 14 December 2017 (2017-12-14), pages 415-422 DOI: 10.1016/J.PROCS.2017.11.056 ISSN: 1877-0509, XP085307981 paragraphs [3.5.1], [3.5.2]	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

08 May 2020

Date of mailing of the international search report

19 May 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Thareau-Berthet, N

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/085392

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JOSE CELAYA-PADILLA ET AL. "Speed Bump Detection Using Accelerometric Features: A Genetic Algorithm Approach" <i>SENSORS</i> , Vol. 18, No. 2, 03 February 2018 (2018-02-03), page 443 DOI: 10.3390/s18020443 XP055618013 the whole document	1-10
A	RAVI BHORASKAR ET AL. "Wolverine: Traffic and road condition estimation using smartphone sensors" <i>COMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS (COMSNETS), 2012 FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE</i> , 03 January 2012 (2012-01-03), pages 1-6 DOI: 10.1109/COMSNETS.2012.6151382 ISBN: 978-1-4673-0296-8. XP032115080 paragraph IV, A	1-10
A	US 2014195112 A1 (LU JIANBO [US] ET AL) 10 July 2014 (2014-07-10) paragraphs [0002], [0004], [0019] - [0022], [0024], [0026], [0028] - [0044], [0038] - [0039], [0047], [0049] - [0050] paragraphs [0052] - [0054], [0060] - [0062], [0068], [0083], [0139], [0142], [0147] - [0149] table 2 figure 3	1-10
A	V S K P VARMA ET AL. "Real Time Detection of Speed Hump/Bump and Distance Estimation with Deep Learning using GPU and ZED Stereo Camera" <i>PROCEDIA COMPUTER SCIENCE</i> , AMSTERDAM, NL, Vol. 143, 26 November 2018 (2018-11-26), pages 988-997 DOI: 10.1016/j.procs.2018.10.335 ISSN: 1877-0509, XP055618022 the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/085392

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017050599	A1	23 February 2017	AU	2015216776	A1	22 September 2016
				CA	2940151	A1	20 August 2015
				DK	3105085	T3	22 July 2019
				EP	3105085	A1	21 December 2016
				GB	2523548	A	02 September 2015
				US	2017050599	A1	23 February 2017
				WO	2015121639	A1	20 August 2015
US	2015291177	A1	15 October 2015	CN	104973052	A	14 October 2015
				DE	102014118414	A1	15 October 2015
				JP	2015204097	A	16 November 2015
				KR	20150118362	A	22 October 2015
				US	2015291177	A1	15 October 2015
US	2014195112	A1	10 July 2014	CN	103963593	A	06 August 2014
				DE	102014200031	A1	10 July 2014
				US	2014195112	A1	10 July 2014
				US	2014330483	A1	06 November 2014

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2019/085392

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G08G1/02 B60W40/06 B60W40/10 B60W40/12 G07C5/02 G08G1/01 G07C5/08 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G08G B60W G07C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2017/050599 A1 (GILBERT WAYNE [GB] ET AL) 23 février 2017 (2017-02-23) alinéas [0003], [0007], [0018], [0032], [0037], [0042], [0051], [0070], [0075] - [0076], [0092] - [0093] alinéas [0103], [0105], [0116], [0118] - [0119], [0125] figure 3	1-10
A	----- US 2015/291177 A1 (LEE SOO HYUK [KR]) 15 octobre 2015 (2015-10-15) le document en entier ----- -/--	1-10
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 8 mai 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 19/05/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Thareau-Berthet, N

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	SILVA NUNO ET AL: "Anomaly Detection in Roads with a Data Mining Approach", PROCEDIA COMPUTER SCIENCE, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 121, 14 décembre 2017 (2017-12-14), pages 415-422, XP085307981, ISSN: 1877-0509, DOI: 10.1016/J.PROCS.2017.11.056 alinéas [3.5.1], [3.5.2] -----	1-10
A	JOSE CELAYA-PADILLA ET AL: "Speed Bump Detection Using Accelerometric Features: A Genetic Algorithm Approach", SENSORS, vol. 18, no. 2, 3 février 2018 (2018-02-03), page 443, XP055618013, DOI: 10.3390/s18020443 le document en entier -----	1-10
A	RAVI BHORASKAR ET AL: "Wolverine: Traffic and road condition estimation using smartphone sensors", COMMUNICATION SYSTEMS AND NETWORKS (COMSNETS), 2012 FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 3 janvier 2012 (2012-01-03), pages 1-6, XP032115080, DOI: 10.1109/COMSNETS.2012.6151382 ISBN: 978-1-4673-0296-8 Paragraph IV, A -----	1-10
A	US 2014/195112 A1 (LU JIANBO [US] ET AL) 10 juillet 2014 (2014-07-10) alinéas [0002], [0004], [0019] - [0022], [0024], [0026], [0028] - [0044], [0038] - [0039], [0047], [0049] - [0050] alinéas [0052] - [0054], [0060] - [0062], [0068], [0083], [0139], [0142], [0147] - [0149] tableau 2 figure 3 -----	1-10
A	V S K P VARMA ET AL: "Real Time Detection of Speed Hump/Bump and Distance Estimation with Deep Learning using GPU and ZED Stereo Camera", PROCEDIA COMPUTER SCIENCE, vol. 143, 26 novembre 2018 (2018-11-26), pages 988-997, XP055618022, AMSTERDAM, NL ISSN: 1877-0509, DOI: 10.1016/j.procs.2018.10.335 le document en entier -----	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2019/085392

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017050599 A1	23-02-2017	AU 2015216776 A1	22-09-2016
		CA 2940151 A1	20-08-2015
		DK 3105085 T3	22-07-2019
		EP 3105085 A1	21-12-2016
		GB 2523548 A	02-09-2015
		US 2017050599 A1	23-02-2017
		WO 2015121639 A1	20-08-2015

US 2015291177 A1	15-10-2015	CN 104973052 A	14-10-2015
		DE 102014118414 A1	15-10-2015
		JP 2015204097 A	16-11-2015
		KR 20150118362 A	22-10-2015
		US 2015291177 A1	15-10-2015

US 2014195112 A1	10-07-2014	CN 103963593 A	06-08-2014
		DE 102014200031 A1	10-07-2014
		US 2014195112 A1	10-07-2014
		US 2014330483 A1	06-11-2014
