(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 127 065**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **21 09571**

(51) Int Cl[8] : ***G 08 G 1/00*** *(2020.12), B 60 W 40/06, G 01 W 1/10*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) Procédé de prédiction d'une condition météo de surface d'un segment routier.

(22) **Date de dépôt :** 13.09.21.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 17.03.23 Bulletin 23/11.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 04.08.23 Bulletin 23/31.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

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

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *CONTINENTAL AUTOMOTIVE GmbH* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** BONNET Jonathan, DANIEL Fabien et GOURSOLLE Anaïs.

(73) **Titulaire(s) :** CONTINENTAL AUTOMOTIVE GmbH.

(74) **Mandataire(s) :** CONTINENTAL AUTOMOTIVE FRANCE.

FR 3 127 065 - B1

Description

Titre de l'invention : Procédé de prédiction d'une condition météo de surface d'un segment routier

Domaine technique

[0001] L'invention appartient au domaine des transports intelligents, et concerne plus particulièrement un procédé et un dispositif pour prédire une condition météo à la surface d'un segment routier.

Art antérieur

[0002] On assiste aujourd'hui à un fort développement des systèmes avancés d'assistance à la conduite et des véhicules autonomes. Pour que ces véhicules puissent circuler en toute sécurité, ils doivent notamment disposer d'une parfaite connaissance des conditions de surface de la chaussée sur laquelle ils circulent. En particulier, les conditions météo de surface, comme la hauteur d'eau, la température ou la présence de gel, ont une influence directe sur comportement et la sécurité des véhicules, notamment sur les distances de freinage.

[0003] Les conditions de surface sur un segment particulier d'un réseau routier peuvent être estimées dans une certaine mesure par un serveur à partir de prévisions et d'observations météo locales. De telles prévisions sont généralement disponibles pour des périodes de 15 minutes avec une granularité de l'ordre du kilomètre auprès de fournisseurs de prévisions météo.

[0004] Toutefois, pour des observations météo identiques, les conditions de surface observées se révèlent parfois très différentes d'un segment routier à un autre.

[0005] Ainsi, le contexte spécifique de chaque segment routier devrait être pris en compte pour estimer avec fiabilité une condition de surface. A cet effet, il a été envisagé de collecter des informations sur l'état de la chaussée à partir de stations fixes (RWIS pour Road Weather Information System en anglais) disposées sur certains segments d'un réseau routier ou d'une flotte de véhicules contributeurs. De cette façon, on peut disposer de données permettant d'établir des corrélations entre une prévision ou une observation météo pour un emplacement particulier et les conditions de surface observées. Toutefois, maintenir une cartographie exhaustive de l'état de la chaussée sur l'ensemble d'un réseau routier nécessiterait un très grand nombre de stations fixes ou de véhicules contributeurs équipés de capteurs adaptés et de traiter en continue une quantité d'information gigantesque.

[0006] Il existe donc un besoin pour une technique permettant d'obtenir des conditions de surface fiables en tout point d'un réseau routier qui ne présente pas les inconvénients précités.

Résumé de l'invention

[0007] A cet effet, il est proposé un procédé de prédiction d'une condition météo de surface d'un segment routier particulier d'une zone géographique, le procédé comprenant les étapes suivantes :

[0008] - On partitionne la zone géographique en une pluralité de cellules météo,

[0009] - On subdivise la zone géographique en régions composées de cellules météo partageant des caractéristiques climatiques similaires,

[0010] - Pour chaque région définie, on entraine au moins un modèle de prédiction à partir de variables issues d'observations météo associées à des conditions de surface observées dans la région considérée,

[0011] - On associe à chaque segment routier du réseau au moins deux modèles de prédiction particuliers, au moins un des modèles étant choisi parmi les modèles entrainés, et

[0012] Lorsqu'une commande de prédiction d'une condition de surface est déclenchée pour un segment routier particulier :

[0013] - On sélectionne au moins les au moins deux modèles particuliers associés au segment considéré,

[0014] - On infère les modèles sélectionnés à partir de données météorologiques obtenues pour la localisation géographique du segment routier pour obtenir une pluralité de prédictions pour le segment, et

[0015] - On combine la pluralité de prédictions obtenues pour obtenir une condition de surface consolidée pour le segment.

[0016] De cette façon, il est possible de prédire une condition météo de surface pour un segment routier à partir d'un nombre limité de modèles de prédiction entrainés à cet effet. La subdivision de la zone géographique en régions de caractéristiques climatiques homogènes permet l'application d'un modèle de prédiction entrainé dans une région particulière à d'autres emplacement de la même région en conservant une bonne fiabilité de prédiction.

[0017] De plus, l'association d'au moins deux modèles de prédiction distincts à un segment routier particulier permet de prendre en compte les spécificités locales du segment routier. On améliore encore les prédictions réalisées sur ce segment.

[0018] Le procédé permet ainsi d'obtenir une estimation fiable des conditions météo de surface en tout point d'un réseau routier sans qu'il soit nécessaire de disposer d'observation terrain exhaustives.

[0019] Selon un mode particulier de réalisation, la prédiction d'une condition de surface pour un segment routier particulier est déclenchée par la réception, en provenance d'un véhicule, d'un message comprenant au moins une localisation géographique permettant

d'identifier le segment routier, le procédé comprenant en outre une étape de transmission au véhicule de la condition de surface consolidée.

[0020] Ainsi, le procédé permet à un véhicule en circulation sur un réseau routier d'obtenir « à la demande » une condition de surface pour un segment routier déterminé, par exemple pour un segment sur lequel il circule ou sur lequel il est susceptible de circuler dans un futur proche. Une telle disposition permet d'inférer les modèles uniquement lorsque cela est nécessaire. On limite ainsi le temps de calcul pour les segments peu fréquentés.

[0021] Selon un mode de réalisation particulier, la prédiction d'une condition de surface pour un segment routier particulier est déclenchée par l'obtention d'au moins une nouvelle donnée météo pour le segment, le procédé comprenant en outre une étape de mémorisation de la prédiction consolidée en association avec ledit segment routier.

[0022] De cette façon, une condition de surface consolidée prédite pour un segment routier est toujours immédiatement disponible pour une pluralité de véhicules. Une telle disposition est particulièrement avantageuse pour les segments routiers à fort trafic sur lesquels de nombreux véhicules sont susceptibles de demander une condition de surface.

[0023] Selon une réalisation particulière, les prédictions réalisées par les modèles associés au segment routier sont combinées selon une approche conservatrice selon laquelle un niveau de risque est associé à une condition de surface susceptible d'être prédite, la prédiction consolidée étant définie par la prédiction associée au plus haut risque.

[0024] Ainsi, lorsque plusieurs modèles associés à un segment routier particulier prédisent des conditions de surface différentes, la prédiction retenue est celle qui assure une sécurité maximale. Par exemple, si trois modèles associés à un segment routier prédisent respectivement des conditions « sec », « sec », et « verglas », la prédiction retenue sera « verglas » cette condition de surface présente le plus haut risque. Le paramétrage du véhicule peut alors être adapté de manière à prévenir le risque le plus élevé.

[0025] Selon un mode particulier de réalisation, les prédictions réalisées par les modèles associés au segment routier sont combinées selon une approche majoritaire selon laquelle la prédiction consolidée est définie par la classe majoritairement prédite par les modèles associés au segment routier.

[0026] Une telle approche permet de déterminer la condition de surface la plus probable lorsque les modèles divergent.

[0027] Dans un mode de réalisation particulier, la prédiction consolidée est définie par une moyenne des probabilités prédites par les modèles associés au segment routier.

[0028] Il est ainsi proposé de fusionner les probabilités d'événements pour déterminer une probabilité globale. Une telle disposition permet d'obtenir la prédiction la plus

probable lorsque les modèles divergent.

[0029] Dans une réalisation particulière, les au moins deux modèles sélectionnés pour un segment routier sont sélectionnés selon au moins un critère de similarité climatique.

[0030] De cette façon, un segment compris dans une région climatique homogène telle que déterminée lors de l'étape de subdivision est associé à au moins deux modèles entrainés à partir d'observations réalisées sur cette région.

[0031] Dans une réalisation particulière, les au moins deux modèles sélectionnés pour un segment routier sont sélectionnés de manière à minimiser l'écart entre une condition de surface consolidée et une condition de surface observée.

[0032] On obtient ainsi une combinaison de modèles particulièrement adaptée au segment routier considéré, ou au type de segment (route de campagne, autoroute, etc…).

[0033] Selon un autre aspect, il est proposé un dispositif de prédiction d'une condition météo de surface d'un segment routier particulier d'une zone géographique, le dispositif comprenant un processeur et une mémoire dans laquelle sont enregistrées des instructions de programme adaptées pour mettre en œuvre les étapes suivantes, lorsqu'elles sont exécutées par le processeur :

[0034] - On partitionne la zone géographique en une pluralité de cellules météo,

[0035] - On subdivise la zone géographique en régions composées de cellules météo partageant des caractéristiques climatiques similaires,

[0036] - Pour chaque région définie, on entraine au moins un modèle de prédiction à partir de variables issues d'observations météo associées à des conditions de surface observées dans la région considérée,

[0037] - On associe à chaque segment routier du réseau au moins deux modèles de prédiction particuliers, au moins un des modèles étant choisi parmi les modèles entrainés, et

[0038] Lorsqu'une commande de prédiction d'une condition de surface est déclenchée pour un segment routier particulier :

[0039] - On sélectionne au moins les au moins deux modèles particuliers associés au segment considéré,

[0040] - On infère les modèles sélectionnés à partir de données météorologiques obtenues pour la localisation géographique du segment routier pour obtenir une pluralité de prédictions pour le segment, et

[0041] - On combine la pluralité de prédictions obtenues pour obtenir une condition de surface consolidée pour le segment.

[0042] L'invention concerne aussi un serveur comprenant un dispositif de prédiction tel que décrit précédemment.

[0043] L'invention concerne aussi un support d'information comportant des instructions de programme d'ordinateur configurées pour mettre en œuvre les étapes d'un procédé de

prédiction tel que décrit précédemment, lorsque les instructions sont exécutées par un processeur.

[0044] Le support d'information peut être un support d'information non transitoire tel qu'un disque dur, une mémoire flash, ou un disque optique par exemple.

[0045] Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker des instructions. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, RAM, PROM, EPROM, un CD ROM ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple un disque dur.

[0046] D'autre part, le support d'informations peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens.

[0047] Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

[0048] Les différents modes ou caractéristiques de réalisation précités peuvent être ajoutés indépendamment ou en combinaison les uns avec les autres, aux étapes du procédé de prédiction. Les serveurs, dispositifs et supports d'information présentent au moins des avantages analogues à ceux conférés par le procédé auquel ils se rapportent.

Brève description des dessins

[0049] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui va suivre. Celle-ci est purement illustrative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[0050] [Fig.1] La [Fig.1] représente un environnement adapté pour mettre en œuvre le procédé de prédiction selon un mode particulier de réalisation.

[0051] [Fig.2] La [Fig.2] est un ordinogramme sur lequel sont représentées les principales étapes d'un procédé de prédiction selon un mode de réalisation particulier.

[0052] [Fig.3a] La [Fig.3a] représente une cartographie de l'Allemagne partitionnée en une pluralité de cellules météo.

[0053] [Fig.3b] La [Fig.3b] représente une cartographie de l'Allemagne sur laquelle on a représenté par des symboles, des caractéristiques climatiques de chaque cellule météo représentées sur la [Fig.3a].

Description détaillée

[0054] La [Fig.1] montre un serveur 100 d'un réseau de télécommunications 101. Le serveur 100 comprend un processeur, une mémoire et une interface de communication lui permettant d'échanger des messages avec un véhicule 102 par l'intermédiaire d'un réseau d'accès cellulaire 103 interconnecté avec le réseau de communication 101 et avec un serveur 104 d'un fournisseur de données météo. La mémoire du serveur 100

comprend des instructions de programme d'ordinateur adaptées pour mettre en œuvre les étapes d'un procédé de prédiction selon un mode particulier de réalisation. À l'initialisation, les instructions de programme d'ordinateur sont par exemple chargées dans une mémoire RAM (Random Access Memory en anglais) avant d'être exécutées par le processeur du serveur 100. Le processeur du serveur 100 met en œuvre les étapes du procédé de prédiction selon les instructions du programme d'ordinateur chargées dans la mémoire.

[0055] Le serveur 104 est adapté pour transmettre au serveur 101 des prévisions et des observations météo relatives à une zone géographique particulière. Le serveur 104 transmet des périodiquement données météo au serveur 100, par exemple toutes les 15 minutes, avec une granularité géographique d'environ 1° de longitude et de latitude. Bien entendu, des granularités géographiques ou temporelles différentes peuvent être envisagées sans modifier l'invention. Par exemple, le serveur 104 peut transmettre des données météo avec une granularité de l'ordre de 100km2, 25km2, ou même d'1km2.

[0056] Le véhicule 102 comprend une interface de communication sans fil lui permettant de se connecter au réseau d'accès cellulaire 103 pour échanger des messages avec des services en ligne de type « Cloud ». En particulier, l'interface de communication du véhicule 102 lui permet de consulter le serveur 100 afin d'obtenir notamment une condition météo de surface du segment routier sur lequel il circule et/ou sur lequel il circulera dans un futur proche, par exemple un degré d'humidité et/ou une hauteur d'un film d'eau sur la chaussée, la présence ou non de verglas ou de neige. L'interface de communication est par exemple une interface 2G, 3G, 4G, 5G, ou encore une interface WiFi ou Wimax.

[0057] L'interface de communication du serveur 100 lui permet également d'échanger des messages avec des stations au sol 105 réparties sur le territoire considéré et adaptées pour transmettre des observations sur l'état de la chaussée à divers emplacements d'un réseau routier.

[0058] Le procédé de prédiction d'une condition de surface d'un segment routier va maintenant être décrit en référence à la [Fig.2].

[0059] La [Fig.2] est un ordinogramme sur lequel sont représentées les principales étapes du procédé selon un mode particulier de réalisation.

[0060] Lors d'une première étape 200, le serveur 100 partitionne un territoire considéré en une pluralité de cellules pour lesquelles des prévisions et/ou des observations météo sont disponibles auprès du serveur 104. Sur la [Fig.3a], on a pris pour exemple une carte de l'Allemagne qui a été partitionnée en cellules dont la granularité correspond à la granularité offerte par le serveur de prévisions météo 104, c'est-à-dire dans cet exemple en cellules d'environ 25 km de côté.

[0061] Au cours d'une étape 201, le serveur 100 obtient un historique d'observations et/ou

de prévisions météo pour chacune des cellules définies à l'étape 200. Ces historiques ont par exemple une fréquence d'un jour sur les 5 dernières années. A partir des historiques ainsi collectés, le serveur 100 sélectionne pour chacune des cellules, des données caractéristiques, comme par exemple, de façon non exhaustive, des températures minimales, maximales et moyennes, une moyenne journalière de la vitesse du vent mesurée à 10 mètres d'altitude, une pression atmosphérique, une somme de précipitations, ou encore un potentiel d'évapotranspiration. Ces données sont normalisées et utilisées pour effectuer une classification non supervisée afin de déterminer des régions géographiques climatiquement homogène, par exemple des régions montagneuses, des régions côtières des plaines centrales, etc... Pour cela, le serveur 100 peut mettre en œuvre un algorithme de classification non supervisée de type K-means ou DBScan.

[0062] On a représenté sur la [Fig.3b] une carte de l'Allemagne sur laquelle on a indiqué par des cercles comportant des motifs distincts différentes caractéristiques climatiques identifiées pour chacune des cellules définies à l'étape 200. L'étape de classification non supervisée fait apparaitre 8 régions distinctes, telles qu'au sein d'une région particulière, on observe des conditions climatiques relativement homogènes.

[0063] A l'étape 202, le serveur 100 obtient des observations relatives à des conditions de surface d'au moins un segment routier pour chacune des régions géographiques déterminées à l'étape 201. Ces observations sont par exemple obtenues à partir de stations au sol comme la station 105 de la [Fig.1]. De telle stations sont adaptées pour observer l'état de la chaussée, comme une température de surface, la présence de verglas ou de neige, la sécheresse ou l'humidité de la surface, et/ou la hauteur d'un film d'eau à la surface de la route. De telle stations peuvent utiliser différents types de capteurs pour fournir ces observations, comme des caméras optiques ou thermiques, des sondes de températures, ou des anémomètres, et transmettre les données ainsi capturées vers un serveur tel que le serveur 100. Les données transmises comprennent en outre le type de revêtement ou de segment routier et la localisation et/ou un identifiant de la station. Ces stations étant couteuse et réparties de façon non uniforme sur le réseau routier, le fait d'avoir défini des régions dont les conditions climatiques sont homogènes permet de transposer avec une certaine confiance les observations réalisées par une station au sol à d'autres emplacements d'une même région.

[0064] Pour cela, le serveur 100 entraine au moins un modèle de prédiction à partir des observations recueillies auprès d'une station au sol comme la station 105 et des prévisions et/ou observations météo pour la cellule météo dans laquelle se situe la station. Plus précisément, le serveur associe dans un vecteur caractéristique d'une part des variables issues des prévisions et/ou observations météo, comme la pression atmosphérique, la fréquence, le type et la quantité des précipitations, la température, un

index UV, un taux d'ensoleillement ou une épaisseur d'une couverture nuageuse, et d'autre part des variables cibles issues des observations réalisées au sol par une station de la même cellule météo. Un tel entrainement permet d'établir des corrélations entre des observations ou des prévisions météo dans une cellule météo particulière et les conditions de surface d'un segment routier dans cette cellule météo. On peut entrainer ainsi une pluralité de modèles de prédictions à partir de toute vérité terrain observée sur un segment routier d'une région climatique particulière et des prévisions et/ou observations météo pour la cellule météo dans laquelle le segment routier est situé.

[0065] Dans une réalisation particulière, on entraine un modèle de prédiction global pour au moins une région climatique identifiée à l'étape 201 à partir de données météo obtenues et des observations au sol obtenues pour toute la région climatique considérée. On obtient ainsi un modèle générique applicable en tout point d'une région climatique particulière.

[0066] A l'étape 203, le serveur 100 associe un segment routier particulier avec au moins deux modèles de prédiction sélectionnés parmi les modèles entrainés à l'étape 202. L'association est par exemple mémorisée dans une base de données 106 du serveur 100.

[0067] Les modèles sélectionnés sont des modèles entrainés à partir d'observations au sol obtenues sur des segments routiers comparables au segment routier en question, c'est-à-dire des segments qui partagent au moins une caractéristique avec le segment considéré. Parmi ces caractéristiques on peut envisager par exemple le type de voie, le type et l'état d'usure du revêtement, l'environnement immédiat (forêt, ville, etc.), la topologie et/ou la région climatique telle que déterminée à l'étape 201. Selon un mode particulier le serveur peut également sélectionner un ou plusieurs modèles génériques, applicables en tout point d'un territoire sans considération d'une zone climatique particulière. Un tel modèle est par exemple entrainé à partir de données météo et d'observations au sol obtenues sans considération d'une région climatique particulière.

[0068] Par exemple, le serveur pourra de cette manière associer une autoroute en bord de mer pour laquelle il ne dispose pas d'observations au sol avec un modèle entrainé sur une autoroute de la même région climatique, un modèle générique et un modèle entrainé sur une petite route de bord de mer.

[0069] Selon une réalisation particulière, lorsque le serveur 100 dispose d'observations au sol pour un segment particulier, les modèles associés audit segment sont sélectionnés de manière à minimiser l'écart entre une condition de surface observée et une condition de surface déterminée par une combinaison des prédictions réalisés par les modèles sélectionnés.

[0070] L'étape 203 d'association d'au moins deux modèles entrainés à l'étape 202 avec un segment routier est répétée pour tous les segments routiers d'un réseau routier.

[0071] Lors d'une étape 204, le serveur 100 reçoit une requête en provenance du véhicule 102 en circulation sur le réseau routier. La requête comprend au moins un identifiant du segment routier sur lequel le véhicule circule, ou bien des données de positionnement géographique permettant au serveur de déterminer lors d'une étape 205, grâce à une cartographie numérique du réseau routier, le segment routier sur lequel circule le véhicule, par exemple une longitude et une latitude du véhicule ou d'un autre emplacement pour lequel le véhicule souhaite connaître une condition météo de surface. La requête est par exemple un message conforme à un protocole de communication V2I (Vehicle To Infrastructure) et transmis au serveur 100 par l'intermédiaire du réseau d'accès cellulaire 103 et du réseau de communication 101.

[0072] A l'étape 206, le serveur 100 effectue une requête à la base de données 106 pour obtenir les modèles associés lors de l'étape 203 au segment identifié à l'étape 205.

[0073] Lors de l'étape 207, le serveur interroge le serveur 104 pour obtenir des prévisions et/ou des observations météo concernant la cellule météo dans laquelle se situe le segment identifié et applique ces données météo aux modèles de prédiction associés au segment. Pour cela, le serveur extrait des données météo les variables utilisées pour entrainer les modèles, par exemple, la pression atmosphérique, la fréquence, le type et la quantité des précipitations, la température, un index UV, un taux d'ensoleillement ou une épaisseur d'une couverture nuageuse. Le serveur 100 obtient ainsi une pluralité de conditions météo de surface prédites à partir des modèles associés au segment.

[0074] A l'étape 208, les prédictions ainsi obtenues sont combinées pour obtenir une prédiction consolidée des conditions météo de surface du segment routier.

[0075] Selon une réalisation particulière, les prédictions réalisées par les modèles associés au segment routier sont combinées selon une approche conservatrice selon laquelle un niveau de risque est associé à une condition de surface susceptible d'être prédite, la prédiction consolidée étant définie par la prédiction associée au plus haut risque. Dans ce cas, le modèle de prédiction est un modèle de classification dans lequel chaque classe correspond à une condition de surface particulière, par exemple « sec », verglas », « neige » ou « pluie ». Dans une telle approche, si trois modèles associés à un segment particulier prédisent respectivement des conditions « sec », « sec » et « verglas », la prédiction consolidée correspondra à la prédiction associée au risque le plus élevé pour le véhicule, c'est-à-dire « verglas ».

[0076] Selon un mode particulier de réalisation, les prédictions réalisées par les modèles associés au segment routier sont combinées selon une approche majoritaire selon laquelle la prédiction consolidée est définie par la classe majoritairement prédite par les modèles associés au segment routier. Dans ce cas, le modèle de prédiction est un modèle de classification dans lequel chaque classe correspond à une condition de surface particulière, par exemple « sec », « verglas », « neige » ou « pluie ». Dans une

telle approche, si trois modèles associés à un segment particulier prédisent respectivement des conditions « sec », « sec » et « verglas », la prédiction consolidée correspondra à la classe majoritairement prédite par la sélection de modèles associée au segment, c'est-à-dire « sec ». Dans une réalisation particulière, lorsqu'aucune classe majoritaire ne se dégage, par exemple en cas d'égalité, la prédiction consolidée est la prédiction correspondant au risque le plus important. Par exemple, si pour un segment auxquels deux modèles sont associés, le premier modèle prédit « verglas » et le deuxième modèle prédit « sec », la prédiction consolidée sera « verglas » car une telle condition de surface est liée à un risque plus important pour les véhicules en circulation.

[0077] Selon un mode de réalisation particulier, la prédiction consolidée est définie par une moyenne des probabilités prédites par les modèles associés au segment routier. Dans un tel mode de réalisation, les modèles de prédiction sont adaptés pour prédire une probabilité d'occurrence pour différentes classes. Le serveur 100 calcule alors une probabilité moyenne à partir des probabilités d'occurrences prédites par les modèles sélectionnés.

[0078] Enfin, le serveur transmet au véhicule 102 la condition de surface consolidée lors d'une étape 209 en réponse à la requête reçue lors de l'étape 204.

[0079] Selon une réalisation particulière, les modèles sélectionnés pour un segment particulier sont inférés dès que l'inférence est rendue possible par l'obtention de nouvelles données météo et la prédiction consolidée est mémorisée en association avec le segment correspondant dans la base de données 106. Ainsi, le serveur dispose toujours, pour un segment particulier, des dernières conditions de surface pouvant être prédites pour le segment. Une telle disposition est avantageuse lorsqu'un grand nombre de véhicules circulent sur le segment car on évite d'inférer plusieurs fois les modèles avec des données identiques, et permet à un véhicule d'obtenir une prédiction avec une réactivité améliorée. A l'inverse, en inférant les modèles associés à un segment particulier « à la demande », c'est-à-dire à la réception d'une requête en provenance d'un véhicule, on optimise le temps de calcul pour les segments peu fréquentés.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de prédiction d'une condition météo de surface d'un segment routier particulier d'une zone géographique, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- On partitionne (200) la zone géographique en une pluralité de cellules météo,
- On subdivise (201) la zone géographique en régions composées de cellules météo partageant des caractéristiques climatiques similaires,
- Pour chaque région définie, on entraine (202) au moins un modèle de prédiction à partir de variables issues d'observations météo associées à des conditions de surface observées dans la région considérée,
- On associe (203) à chaque segment routier du réseau au moins deux modèles de prédiction particuliers, dont un modèle entrainé pour la région à laquelle appartient le segment en question et un modèle générique, entrainé à partir d'observations obtenues pour un segment comparable de la zone géographique, sans considération d'une région climatique particulière, et

Lorsqu'une commande de prédiction d'une condition de surface est déclenchée pour un segment routier particulier :

- On sélectionne (206) au moins les au moins deux modèles particuliers associés au segment considéré,
- On infère (207) les modèles sélectionnés à partir de données météorologiques obtenues pour la localisation géographique du segment routier pour obtenir une pluralité de prédictions pour le segment, et
- On combine (208) la pluralité de prédictions obtenues pour obtenir une condition de surface consolidée pour le segment.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1 dans lequel la commande de prédiction d'une condition de surface pour un segment routier particulier est déclenchée par la réception (204), en provenance d'un véhicule, d'un message comprenant au moins une localisation géographique permettant

d'identifier (205) un segment routier, le procédé comprenant en outre une étape de transmission au véhicule de la condition de surface consolidée.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 dans lequel la commande de prédiction d'une condition de surface pour un segment routier particulier est déclenchée par l'obtention d'au moins une nouvelle donnée météo pour le segment, le procédé comprenant en outre une étape de mémorisation de la prédiction consolidée en association avec ledit segment routier.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les prédictions réalisées par les modèles sélectionnés pour le segment routier sont combinées selon une approche conservatrice selon laquelle un niveau de risque est associé à une condition de surface susceptible d'être prédite, la prédiction consolidée étant définie par la prédiction associée au plus haut risque.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel les prédictions réalisées par les modèles sélectionnés pour le segment routier sont combinées selon une approche majoritaire selon laquelle la prédiction consolidée est définie par la classe majoritairement prédite par les modèles associés au segment routier.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel la prédiction consolidée est définie par une moyenne des probabilités prédites par les modèles sélectionnés pour le segment routier.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les au moins deux modèles associés à un segment routier sont sélectionnés selon au moins un critère de similarité climatique.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les au moins deux modèles associés à un segment routier sont sélectionnés de manière à minimiser l'écart entre une condition de surface consolidée et une condition de surface observée.

[Revendication 9] Dispositif de prédiction d'une condition météo de surface d'un segment routier particulier d'une zone géographique, le dispositif comprenant un processeur et une mémoire dans laquelle sont enregistrées des instructions de programme adaptées pour mettre en œuvre les étapes suivantes, lorsqu'elles sont exécutées par le processeur :

- On partitionne (200) la zone géographique en une pluralité de cellules météo,
- On subdivise (201) la zone géographique en régions

composées de cellules météo partageant des caractéristiques climatiques similaires,

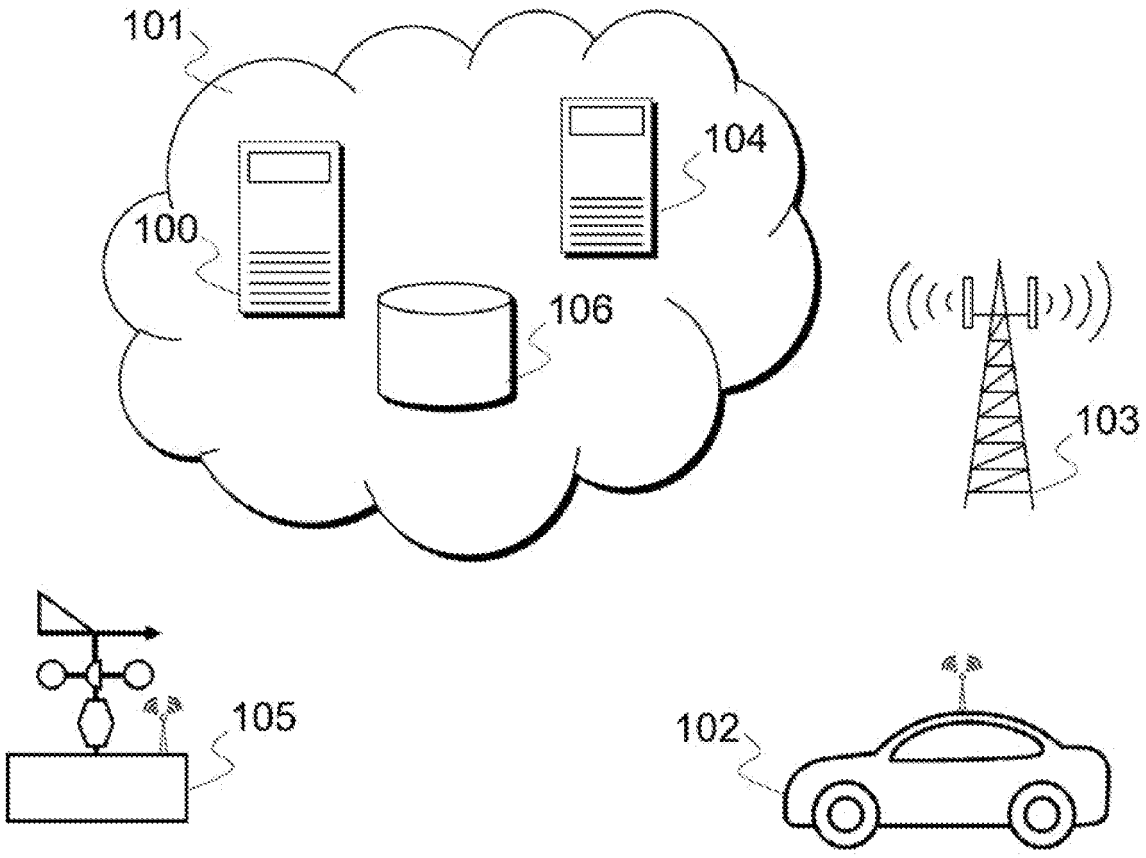
- Pour chaque région définie, on entraine (202) au moins un modèle de prédiction à partir de variables issues d'observations météo associées à des conditions de surface observées dans la région considérée,
- On associe (203) à chaque segment routier du réseau au moins deux modèles de prédiction particuliers, dont un modèle entrainé pour la région à laquelle appartient le segment en question et un modèle générique, entrainé à partir d'observations obtenues pour un segment comparable de la zone géographique, sans considération d'une région climatique particulière,

Lorsqu'une commande de prédiction d'une condition de surface est déclenchée pour un segment routier particulier :

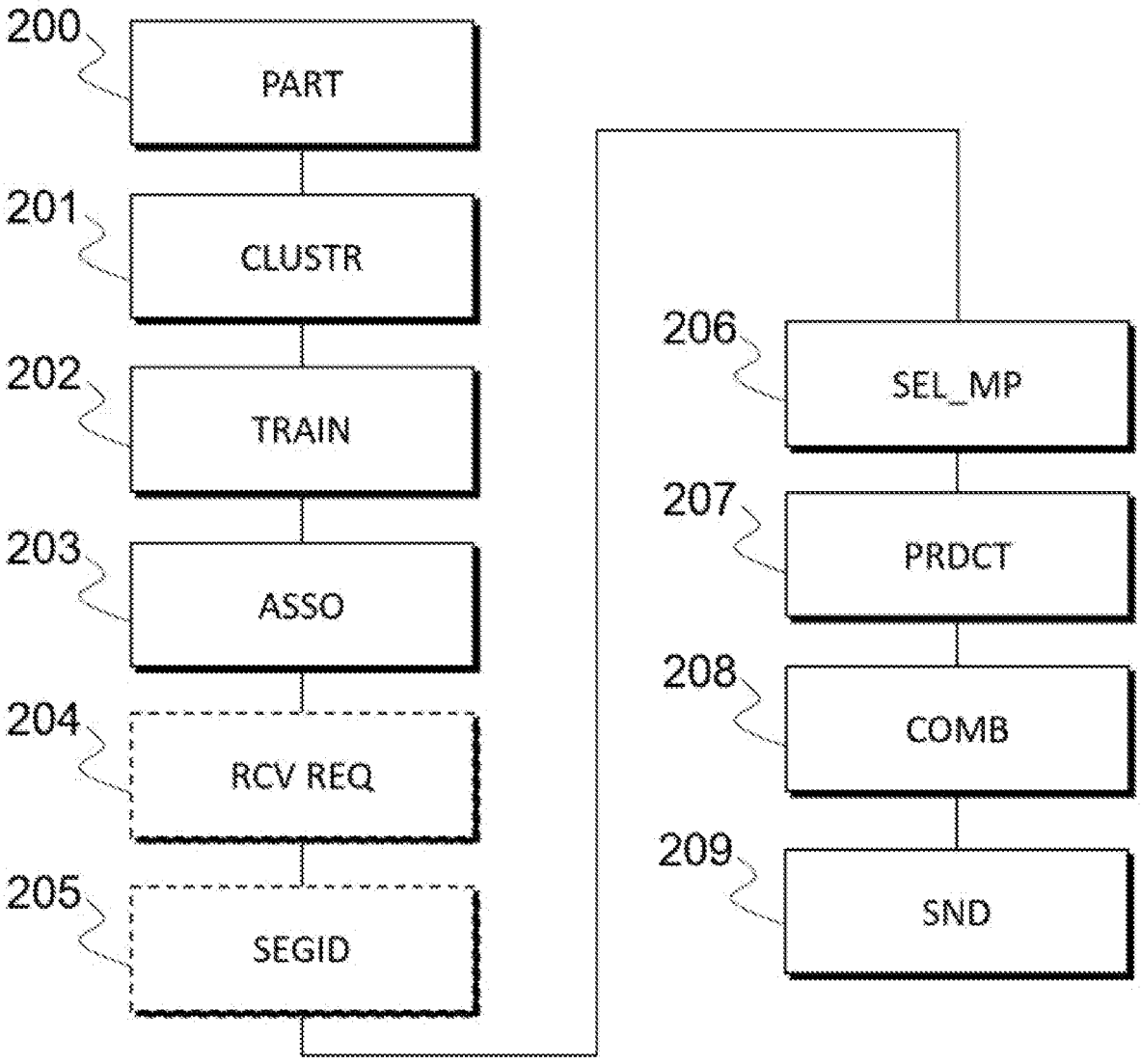
- On sélectionne (206) au moins les au moins deux modèles particuliers associés au segment considéré,
- On infère (207) les modèles sélectionnés à partir de données météorologiques obtenues pour la localisation géographique du segment routier pour obtenir une pluralité de prédictions pour le segment, et
- On combine (208) la pluralité de prédictions obtenues pour obtenir une condition de surface consolidée pour le segment.

[Revendication 10] Serveur comprenant un dispositif selon la revendication 9.

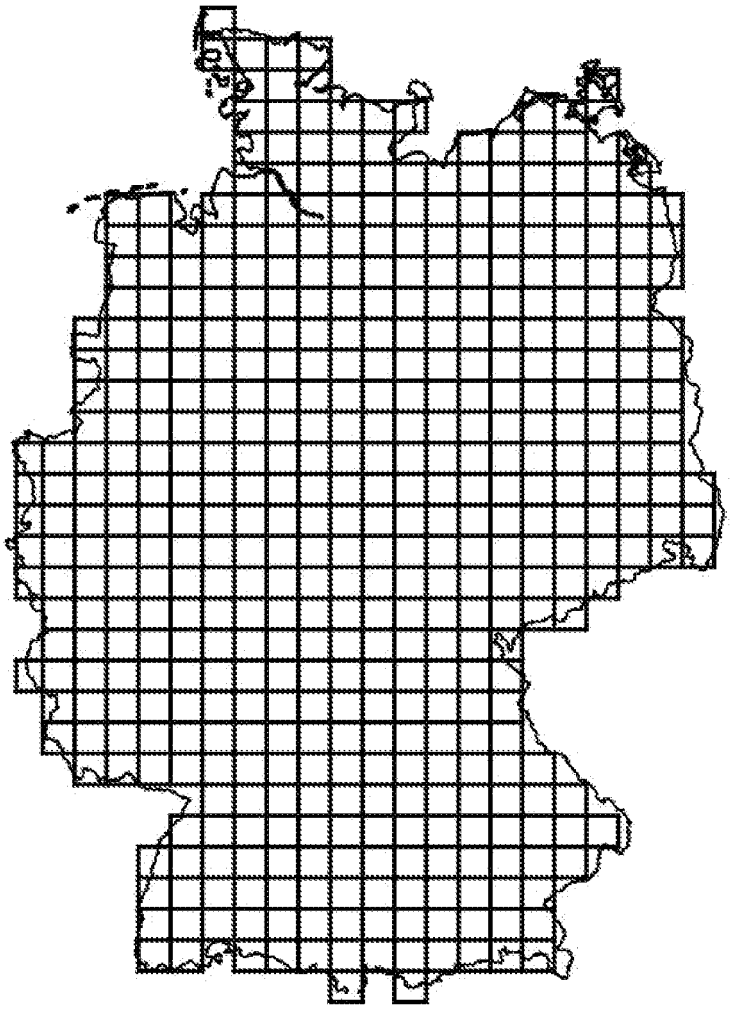
[Fig. 1]



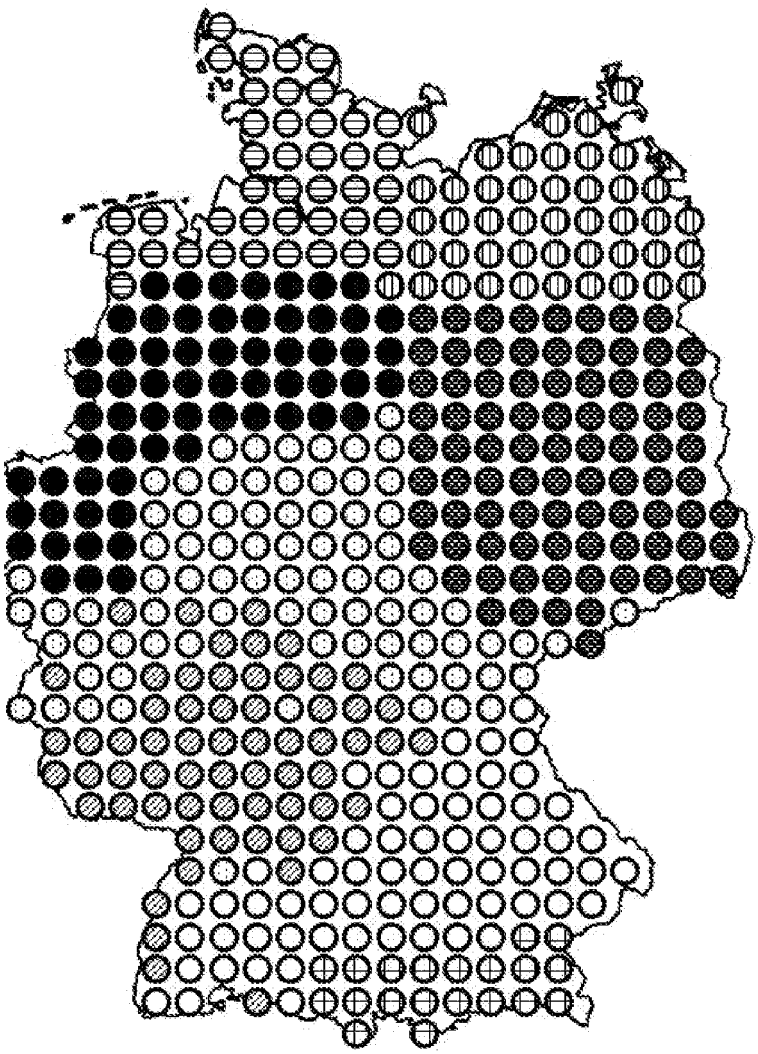
[Fig. 2]


200
PART
201
CLUSTR
202
TRAIN
203
ASSO
204
RCV REQ
205
SEGID
206
SEL_MP
207
PRDCT
208
COMB
209
SND

[Fig. 3a]



[Fig. 3b]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 3 581 454 A1 (VOLVO CAR CORP [SE])
18 décembre 2019 (2019-12-18)

FR 3 106 112 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE [DE]) 16 juillet 2021 (2021-07-16)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

EP 2 757 539 B1 (KLIMATOR AB [SE])
20 mai 2020 (2020-05-20)

EP 2 172 377 A1 (SEMCON CARAN AB [SE])
7 avril 2010 (2010-04-07)

BAC-BRONOWICZ JOANNA ET AL:
"Regionalization of geographical space according to selected topographic factors in reference to spatial distribution of precipitation: application of artificial neural networks in GIS",
ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, BERLIN/HEIDELBERG,
vol. 77, no. 18,
12 septembre 2018 (2018-09-12), pages 1-17, XP036611633,
ISSN: 1866-6280, DOI: 10.1007/S12665-018-7811-X
[extrait le 2018-09-12]

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT