

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫2 Date de dépôt : 26.07.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.02.24 Bulletin 24/05.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

⑦2 Inventeur(s) : GILBERT VINCENT, PIERRE THEO,
ALLEGRE JEAN MARC et MONTEIL CHRISTOPHE.

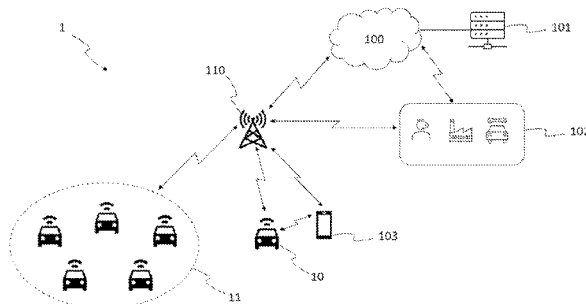
⑦3 Titulaire(s) : STELLANTIS AUTO SAS Société par
actions simplifiée.

⑦4 **Procédé et dispositif de contrôle de système d'aide
à la conduite d'un véhicule en fonction d'un niveau
de performance des pneumatiques.**

⑤7 La présente invention concerne un procédé et un dispositif de contrôle d'un ou plusieurs systèmes ADAS d'un premier véhicule (10) en fonction d'un niveau de performance des pneus du premier véhicule (10). Le niveau de performance est déterminé par classification de données représentatives du comportement dynamique du véhicule (10) et de données

représentatives de l'environnement (1) du premier véhicule (10) sur la base d'un modèle appris lors d'une phase d'apprentissage à partir de données de comportement dynamique d'un ensemble de deuxième véhicules (11) et de données de leur environnement.

Figure pour l'abrégé : Figure 1



Description

Titre de l'invention : Procédé et dispositif de contrôle de système d'aide à la conduite d'un véhicule en fonction d'un niveau de performance des pneumatiques

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne les procédés et dispositifs de contrôle d'au moins un système d'aide à la conduite, dit système ADAS (de l'anglais « Advanced Driver-Assistance System » ou en français « Système d'aide à la conduite avancé »), d'un véhicule. La présente invention concerne également un procédé et un dispositif de détermination ou de prédiction d'un niveau de performance d'un ou plusieurs pneumatiques, dits pneus, d'un véhicule. La présente invention concerne également un procédé et un dispositif de contrôle d'un véhicule, notamment un véhicule autonome ou semi-autonome.

Arrière-plan technologique

- [0002] Les véhicules contemporains sont formés d'un grand nombre de composants ou d'organes, chacun susceptible de panne, de défaut ou d'usure.
- [0003] Lorsque le conducteur d'un véhicule est confronté à une usure ou un défaut d'un organe du véhicule tels que les pneumatiques du véhicule, le comportement du véhicule peut s'en trouver affecté avec un risque pour la sécurité du véhicule et de ses occupants.
- [0004] Un des problèmes rencontrés par le conducteur est que le défaut ou l'usure de l'organe concerné n'est pas aisément détectable par le conducteur. Pour établir le diagnostic, il est souvent nécessaire de faire contrôler le véhicule par un professionnel.
- [0005] Pour limiter les risques de panne ou de défaut, pour mesurer le niveau d'usure et prévenir les problèmes associés, des opérations de maintenance préventive des véhicules sont planifiées. Cependant, ces opérations de maintenance ne garantissent pas qu'un organe du véhicule rencontre un défaut ou subisse une panne ou une usure non prévue après coup.
- [0006] Une telle surveillance par la mise en place d'opérations de maintenance préventives régulières est par ailleurs synonyme de coûts et de gêne occasionnée par l'immobilisation du véhicule pendant l'action de maintenance.

Résumé de la présente invention

- [0007] Un objet de la présente invention est de résoudre au moins l'un des problèmes de l'arrière-plan technologique décrit précédemment.
- [0008] Un autre objet de la présente invention est de prévenir les risques associés à une usure ou un défaut des pneumatiques d'un véhicule.

- [0009] Un autre objet de la présente invention est d'améliorer la prédiction des pannes ou d'usure des pneumatiques d'un véhicule.
- [0010] Selon un premier aspect, la présente invention concerne un procédé de contrôle d'au moins un système d'aide à la conduite, dit système ADAS, d'un véhicule, le procédé étant mis en œuvre par au moins un processeur et comprenant les étapes suivantes :
- [0011] - réception de premières données représentatives d'un comportement dynamique du véhicule depuis un ensemble de capteurs embarqués dans le véhicule, l'ensemble de capteurs comprenant au moins un capteur ;
- [0012] - réception de deuxièmes données représentatives d'un environnement dans lequel circule le véhicule ;
- [0013] - détermination de premières informations représentatives d'un niveau de performance d'un ensemble de pneus du véhicule par classification des premières et deuxièmes données à partir d'un modèle de classification appris dans une phase dite d'apprentissage préalable à la réception des premières et deuxièmes données, le niveau de performance étant associé à une classe d'un ensemble de classes en sortie du modèle de classification ;
- [0014] - contrôle du au moins un système ADAS en fonction des premières informations.
- [0015] L'utilisation de données représentatives du comportement dynamique du véhicule et sur des données d'environnement du véhicule acquises en temps réel pour les croiser avec un modèle de classification appris au préalable permet de déterminer ou de prédire un niveau de performance (par exemple un niveau d'usure et/ou un niveau d'adhérence) d'un ou plusieurs pneus du véhicule en temps réel. Un ou plusieurs systèmes ADAS (par exemple le système ABS, le système ESP et/ou un système contrôlant un ou plusieurs organes de la chaîne de traction) sont alors contrôlés en fonction du niveau de performance, par exemple pour adapter le mode de conduite du véhicule pour anticiper un problème associé au niveau de performance déterminé.
- [0016] Cela permet d'améliorer la sécurité du véhicule et de ses passagers et/ou d'améliorer la durée de vie des pneus du véhicule en adaptant le fonctionnement des systèmes ADAS du véhicule au niveau de performance estimé des pneus.
- [0017] Selon une variante, les premières informations comprennent des deuxièmes informations représentatives d'un niveau de performance de chaque pneu de l'ensemble de pneus, le procédé comprenant en outre les étapes de :
- [0018] - comparaison des deuxièmes informations entre elles ;
- [0019] - détermination de troisièmes informations représentatives de dissymétrie entre au moins deux pneus de l'ensemble de pneus en fonction d'un résultat de la comparaison.
- [0020] Selon une autre variante, le procédé comprend en outre une étape de rendu d'un message représentatif du niveau de performance et/ou de la dissymétrie dans un habitacle du véhicule.

- [0021] Selon une variante supplémentaire, le au moins un système ADAS appartient à un ensemble de systèmes ADAS comprenant :
- [0022] - un système de contrôle électronique de stabilité, dit système ESC ;
- [0023] - un système antiblocage des roues, dit système ABS ;
- [0024] - un système de régulation de vitesse ;
- [0025] - un système de contrôle de trajectoire ;
- [0026] - un système de contrôle d'itinéraire ;
- [0027] - un système de contrôle d'au moins un organe d'une chaîne de traction du véhicule.
- [0028] Selon encore une variante, les premières données appartiennent à un ensemble de données comprenant :
- [0029] - des données représentatives d'accélération ;
- [0030] - des données représentatives de vitesse de lacet ;
- [0031] - des données représentatives de vitesse ;
- [0032] - des données représentatives d'angle volant ;
- [0033] - des données représentatives d'utilisation d'une pédale de frein du véhicule ;
- [0034] - des données représentatives d'utilisation d'une pédale d'accélérateur du véhicule.
- [0035] Selon une variante additionnelle, les deuxièmes données appartiennent à un ensemble de données comprenant :
- [0036] - des données représentatives de conditions météorologiques ;
- [0037] - des données représentatives d'état et/ou de niveau d'entretien de chaussée ;
- [0038] - des données représentatives de type de route.
- [0039] Selon une autre variante, la classification est mise en œuvre via une méthode de partition en k-moyennes mise en œuvre par un réseau de neurones.
- [0040] Selon une variante supplémentaire, le réseau de neurones est un réseau de type réseau récurrent à mémoire court et long terme, dit réseau LSTM.
- [0041] Selon un deuxième aspect, la présente invention concerne un dispositif de contrôle d'au moins un système d'aide à la conduite, dit système ADAS, d'un véhicule, le dispositif comprenant une mémoire associée à un processeur configuré pour la mise en œuvre des étapes du procédé selon le premier aspect de la présente invention.
- [0042] Selon un troisième aspect, la présente invention concerne un véhicule, par exemple de type automobile, comprenant un dispositif tel que décrit ci-dessus selon le deuxième aspect de la présente invention.
- [0043] Selon un quatrième aspect, la présente invention concerne un programme d'ordinateur qui comporte des instructions adaptées pour l'exécution des étapes du procédé selon le premier aspect de la présente invention, ceci notamment lorsque le programme d'ordinateur est exécuté par au moins un processeur.
- [0044] Un tel programme d'ordinateur peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme d'un code source, d'un code objet, ou d'un code in-

termédiaire entre un code source et un code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable.

- [0045] Selon un cinquième aspect, la présente invention concerne un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon le premier aspect de la présente invention.
- [0046] D'une part, le support d'enregistrement peut être n'importe quel entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une mémoire ROM, un CD-ROM ou une mémoire ROM de type circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique ou un disque dur.
- [0047] D'autre part, ce support d'enregistrement peut également être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, un tel signal pouvant être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio classique ou hertzienne ou par faisceau laser autodirigé ou par d'autres moyens. Le programme d'ordinateur selon la présente invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau de type Internet.
- [0048] Alternativement, le support d'enregistrement peut être un circuit intégré dans lequel le programme d'ordinateur est incorporé, le circuit intégré étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

Brève description des figures

- [0049] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description des exemples de réalisation particuliers et non limitatifs de la présente invention ci-après, en référence aux figures 1 à 5 annexées, sur lesquelles :
- [0050] [Fig.1] illustre schématiquement un environnement de communication d'un véhicule, selon un exemple de réalisation particulier de la présente invention ;
- [0051] [Fig.2] illustre schématiquement un regroupement ou un partitionnement de données obtenues dans l'environnement de la [Fig.1] en un nombre prédéterminé de groupes, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0052] [Fig.3] illustre schématiquement une cellule à mémoire court terme et long terme selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ;
- [0053] [Fig.4] illustre schématiquement un dispositif 4 configuré pour contrôler au moins un système ADAS d'un véhicule de la [Fig.1], selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention ; et
- [0054] [Fig.5] illustre un organigramme des différentes étapes d'un procédé de contrôle d'au moins un système ADAS d'un véhicule de la [Fig.1], selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.

Description des exemples de réalisation

- [0055] Un procédé et un dispositif de contrôle d'au moins un système ADAS d'un véhicule vont maintenant être décrits dans ce qui va suivre en référence conjointement aux figures 1 à 5. Des mêmes éléments sont identifiés avec des mêmes signes de référence tout au long de la description qui va suivre.
- [0056] Selon un exemple particulier et non limitatif de réalisation de l'invention, le contrôle d'un ou plusieurs systèmes ADAS d'un véhicule (par exemple le système ABS, le système ESP, un système de régulation de vitesse, un système contrôlant la trajectoire ou l'itinéraire, etc.) en fonction d'un niveau de performance d'un ou plusieurs pneumatiques (dits pneus dans le reste du texte) du véhicule déterminés en temps réel permet d'adapter le mode de conduite du véhicule en fonction de l'état des pneus.
- [0057] A cet effet, des premières données représentatives du comportement dynamique du véhicule sont reçues ou collectées depuis un ensemble de capteurs embarqués dans le véhicule. Des deuxièmes données représentatives de l'environnement dans lequel évolue le véhicule sont également reçues ou collectées.
- [0058] Des premières informations représentatives d'un niveau de performance (comprenant par exemple des informations sur l'état d'usure, sur un défaut, sur le niveau d'adhérence, sur une dissymétrie entre deux pneus, par exemple une dissymétrie d'usure) d'un ensemble de pneus du véhicule est déterminé ou prédit par classification des premières et deuxièmes données à partir d'un modèle de classification appris dans une phase dite d'apprentissage.
- [0059] L'usure ou un défaut des pneus entraîne une capacité moindre des pneus à maintenir une bonne tenue de route du véhicule (par exemple une adhérence suffisante des roues avec la chaussée), ce qui a pour effet de réduire la sécurité du véhicule.
- [0060] La classification est par exemple mise en œuvre dans une méthode d'apprentissage machine (de l'anglais « machine learning »), par exemple mise en œuvre avec un réseau de neurones. Une telle méthode permet d'estimer de manière plus fiable et en temps réel le niveau de performance des pneus du véhicule en fonction de données courantes du véhicule et de son environnement, sur la base d'un modèle appris à partir de mêmes données d'un ensemble d'autres véhicules.
- [0061] Un tel avantage est obtenu par la détermination, lors d'une phase d'apprentissage, de la corrélation entre les données collectées d'un ensemble de véhicules et représentant l'utilisation réelle qui est faite de ces véhicules avec un ensemble de niveaux de performance des pneus de ces mêmes véhicules.
- [0062] La prédiction du niveau de performance permet d'anticiper un problème pour potentiellement le corriger avant son apparition en contrôlant le ou les systèmes ADAS contrôlant le véhicule, améliorant la prévention du défaut ou d'un risque pour le véhicule et ses passagers.
- [0063] La [Fig.1] illustre schématiquement un environnement de communication 1 d'un

premier véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.

[0064] Le premier véhicule 10 correspond par exemple à un véhicule à moteur thermique, à moteur(s) électrique(s) ou encore un véhicule hybride avec un moteur thermique et un ou plusieurs moteurs électriques. Le véhicule 10 correspond ainsi par exemple à un véhicule terrestre, par exemple une automobile, un camion, un car, une moto.

[0065] Le premier véhicule 10 embarque également avantageusement un système de communication configuré pour communiquer avec un ou plusieurs dispositifs distants 101 via une infrastructure d'un réseau de communication sans fil. Le dispositif distant 101 correspond avantageusement à un dispositif configuré pour traiter des données, par exemple des données stockées en mémoire du dispositif distant 101 et/ou des données reçues du véhicule 10. Le dispositif distant 101 correspond par exemple à un serveur du « cloud » 100.

[0066] Le système de communication du premier véhicule 10 comprend par exemple une ou plusieurs antennes de communication reliées à une unité de contrôle télématique, dite TCU (de l'anglais « Telematic Control Unit »), elle-même reliée à un ou plusieurs calculateurs du système embarqué du premier véhicule 10. La ou les antennes, l'unité TCU et le ou les calculateurs forment par exemple une architecture multiplexée pour la réalisation de différents services utiles pour le bon fonctionnement du premier véhicule 10 et pour assister le conducteur et/ou les passagers du premier véhicule 10 dans le contrôle du premier véhicule 10 et/ou pour établir un diagnostic sur le fonctionnement d'un ou plusieurs composants du premier véhicule 10. Le ou les calculateurs et l'unité TCU communiquent et échangent des données entre eux par l'intermédiaire d'un ou plusieurs bus informatiques, par exemple un bus de communication de type bus de données CAN (de l'anglais « Controller Area Network » ou en français « Réseau de contrôleurs »), CAN FD (de l'anglais « Controller Area Network Flexible Data-Rate » ou en français « Réseau de contrôleurs à débit de données flexible »), FlexRay (selon la norme ISO 17458) ou Ethernet (selon la norme ISO/IEC 802-3).

[0067] L'infrastructure de communication mobile permettant la communication sans fil de données entre le premier véhicule 10 et le dispositif distant 101 comprend par exemple ou plusieurs équipements de communication 110 de type antenne relais (réseau cellulaire) ou unité bord de route, dite UBR. Dans un mode de communication utilisant une telle architecture réseau, les données sont par exemple transmises par le premier véhicule 10 au dispositif distant 101 du « cloud » 100 via une antenne relais 110 (l'antenne 110 étant par exemple relié au « cloud » 100 via une liaison filaire).

[0068] Le système de communication sans fil permettant l'échange de données entre le premier véhicule 10 et le dispositif distant 101 correspond par exemple à :

[0069] - un système de communication véhicule à infrastructure V2I (de l'anglais

« vehicle-to-infrastructure »), par exemple basé sur les standards 3GPP LTE-V ou IEEE 802.11p de ITS G5 ; ou

[0070] - un système de communication de type réseau cellulaire, par exemple un réseau de type LTE (de l'anglais « Long-Term Evolution » ou en français « Evolution à long terme »), LTE-Advanced (ou en français LTE-avancé) aussi appelé LTE 3G, 4G ou 5G ; ou

[0071] - un système de communication de type Wifi selon IEEE 802.11, par exemple selon IEEE 802.11n ou IEEE 802.11ac.

[0072] Le premier véhicule 10 correspond par exemple à un véhicule circulant sous la supervision totale d'un conducteur ou circulant dans un mode autonome ou semi-autonome. Le premier véhicule 10 circule selon un niveau d'autonomie égale à 0 ou selon un niveau d'autonomie allant de 1 à 5 par exemple, selon l'échelle définie par l'agence fédérale américaine qui a établi 5 niveaux d'autonomie allant de 1 à 5, le niveau 0 correspondant à un véhicule n'ayant aucune autonomie, dont la conduite est sous la supervision totale du conducteur, le niveau 1 correspondant à un véhicule avec un niveau d'autonomie minimal, dont la conduite est sous la supervision du conducteur avec une assistance minimale d'un système ADAS, et le niveau 5 correspondant à un véhicule complètement autonome.

[0073] Les 5 niveaux d'autonomie de la classification de l'agence fédérale chargée de la sécurité routière sont :

[0074] - niveau 0 : aucune automatisation, le conducteur du véhicule contrôle totalement les fonctions principales du véhicule (moteur, accélérateur, direction, freins) ;

[0075] - niveau 1 : assistance au conducteur, l'automatisation est active pour certaines fonctions du véhicule, le conducteur gardant un contrôle global sur la conduite du véhicule ; le régulateur de vitesse fait partie de ce niveau, comme d'autres aides telles que l'ABS (système antiblocage des roues) ou l'ESP (électro-stabilisateur programmé) ;

[0076] - niveau 2 : automatisation de fonctions combinées, le contrôle d'au moins deux fonctions principales est combiné dans l'automatisation pour remplacer le conducteur dans certaines situations ; par exemple, le régulateur de vitesse adaptatif combiné avec le centrage sur la voie permet à un véhicule d'être classé niveau 2, tout comme l'aide au stationnement (de l'anglais « Park assist ») automatique ;

[0077] - niveau 3 : conduite autonome limitée, le conducteur peut céder le contrôle complet du véhicule au système automatisé qui sera alors en charge des fonctions critiques de sécurité ; la conduite autonome ne peut cependant avoir lieu que dans certaines conditions environnementales et de trafic déterminées (uniquement sur autoroute par exemple) ;

[0078] - niveau 4 : conduite autonome complète sous conditions, le véhicule est conçu pour

assurer seul l'ensemble des fonctions critiques de sécurité sur un trajet complet ; le conducteur fournit une destination ou des consignes de navigation mais n'est pas tenu de se rendre disponible pour reprendre le contrôle du véhicule ;

[0079] - niveau 5 : conduite complètement autonome sans l'aide de conducteur dans toutes les circonstances.

[0080] Selon un exemple particulier de réalisation, le premier véhicule 10 circule selon un mode semi-autonome ou autonome, c'est-à-dire avec un niveau d'autonomie supérieur ou égal à 2 selon la classification ci-dessus.

[0081] Le premier véhicule 10 embarque avantageusement un ou plusieurs systèmes ADAS pour une conduite en mode autonome ou semi-autonome. Des exemples de tels système ADAS sont fournis à titre d'illustration de manière non exhaustive ci-dessous :

[0082] - système anti-blocage des roues, dit système ABS (de l'allemand « Antiblockiersystem ») ;

[0083] - système de contrôle électronique de stabilité, dit système ESC (de l'anglais « Electronic Stability Control » ou en français « Contrôle électronique de la stabilité »), DSC (de l'anglais « Dynamic Stability Control » ou en français « Contrôle dynamique de la stabilité ») ou encore ESP (de l'anglais « Electronic Stability Program » ou en français « Programme électronique de la stabilité ») ;

[0084] - système de contrôle de trajectoire tel qu'un système d'aide au maintien dans la file de circulation du véhicule, dit système LKA (de l'anglais « Lane-Keeping Assist » ou en français « Assistant de maintien dans la file ») ;

[0085] - système de régulation de vitesse tel que le système de régulation adaptative de vitesse, dit ACC (de l'anglais « Adaptive Cruise Control ») et/ou le régulateur de vitesse prédictif, dit système PCC (de l'anglais « Predictive Cruise Control ») ;

[0086] - système de contrôle d'un ou plusieurs organes de la chaîne de traction du premier véhicule 10.

[0087] Un processus de contrôle d'un ou plusieurs systèmes ADAS du premier véhicule 10 est avantageusement mis en œuvre par le premier véhicule 10, c'est-à-dire par un calculateur ou une combinaison de calculateurs du système embarqué du premier véhicule 10, par exemple par le ou les calculateurs en charge de contrôler le ou les systèmes ADAS du premier véhicule 10 lorsque ce dernier circule selon un mode de conduite autonome ou semi-autonome.

[0088] Un tel processus de contrôle de système ADAS comprend des opérations d'un processus de classification de données, lequel s'inscrit par exemple dans un processus de prédiction ou de détermination d'un niveau de performance de l'ensemble de pneus du premier véhicule 10.

[0089] Le processus de classification et/ou de prédiction est par exemple mis en œuvre par

le premier véhicule 10 ou par un système comprenant le premier véhicule 10 (c'est-à-dire par un ou plusieurs dispositifs embarqués dans le véhicule 10, par exemple un ou plusieurs calculateurs) et le dispositif distant 101 relié en communication avec le premier véhicule 10 via une connexion ou une liaison sans fil.

- [0090] Le processus de prédiction/détermination du niveau de performance de l'ensemble de pneus du premier véhicule 10 comprend avantageusement deux phases, chacune de ces phases comprenant une ou plusieurs opérations.
- [0091] La première phase correspond à une phase dite d'apprentissage ou d'entraînement d'un ou plusieurs modèles de prédiction (et/ou d'un modèle ou plusieurs modèles de classification) et la deuxième phase correspond à une phase dite de production ou de prédiction basée sur le ou les modèles appris dans la phase d'apprentissage et de données alimentant le ou les modèles appris.
- [0092] La première phase et la deuxième phase sont par exemple mises en œuvre par le dispositif distant 101.
- [0093] Selon une variante de réalisation, la première phase est mise en œuvre par le dispositif distant 101 (ou par un serveur hors « cloud », par exemple un serveur hébergé dans un centre (par exemple un bureau d'étude) adapté pour faire l'apprentissage) et la deuxième phase par le premier véhicule 10, par exemple par un calculateur du système embarqué du premier véhicule 10.
- [0094] Selon une autre variante de réalisation, l'apprentissage est mis en œuvre dans la première phase et les paramètres du ou des modèles de prédiction sont affinés en temps réel à partir des données relatives au premier véhicule 10 reçues ou collectées pendant la deuxième phase.
- [0095] Phase d'apprentissage
- [0096] L'apprentissage mis en œuvre dans la première phase correspond avantageusement à un apprentissage supervisé à partir d'un ensemble de données associées à un ensemble ou groupe de deuxièmes véhicules 11 comprenant par exemple quelques dizaines, quelques centaines, des milliers ou des dizaines/centaines de milliers de deuxièmes véhicules. Selon une variante de réalisation, l'apprentissage mis en œuvre dans la première phase correspond à un apprentissage non supervisé à partir de l'ensemble de données associées à l'ensemble de deuxièmes véhicules.
- [0097] Selon un exemple particulier, les deuxièmes véhicules compris dans l'ensemble de deuxièmes véhicules 11 possèdent tous la même configuration ou une configuration similaire, c'est-à-dire qu'ils correspondent tous à un même type de véhicule (par exemple une même série d'un modèle particulier de véhicule) avec des composants ou organes identiques ou similaires (même version par exemple), par exemple des mêmes pneus ou des pneus de même type.
- [0098] Dans une première opération de la phase d'apprentissage, le dispositif distant 101

collecte un ensemble de données représentatives du comportement dynamique de chaque deuxième véhicule 11, ces données étant par exemple émises par chacun des deuxièmes véhicules de l'ensemble 11 au fur et à mesure des déplacements des deuxièmes véhicules. Les données sont par exemple transmises par chaque deuxième véhicule via l'infrastructure réseau sans fil décrite ci-dessus à destination du dispositif distant 101. Les données correspondent par exemple à une partie ou à l'ensemble des signaux véhicule émis par des capteurs embarqués dans chaque deuxième véhicule et/ou par des capteurs (par exemple un ou plusieurs gyroscopes et/ou accéléromètres) de dispositifs de communication mobile 103 (par exemple une tablette, un téléphone intelligent (de l'anglais « Smartphone ») embarqués dans les deuxièmes véhicules 11 et par exemple reliés en communication avec le deuxième véhicule (par exemple en Bluetooth® ou en Wifi®) qui les embarque. Ces données sont par exemple transmises de manière continue à une fréquence déterminée (par exemple toutes les secondes, heures, jours, etc.) ou à chaque variation d'une grandeur mesurée par un capteur ou un calculateur embarqué dans chaque deuxième véhicule. Les données reportées au dispositif distant 101 correspondent par exemple aux données d'une liste déterminée et stockée en mémoire d'un calculateur du système embarqué de chaque deuxième véhicule qui fait une sélection des données à transmettre parmi l'ensemble des données ou grandeurs physiques que chaque deuxième véhicule détecte ou mesure.

[0099] Les données représentatives du comportement dynamique de chaque deuxième véhicule 11 comprennent par exemple tout ou partie des données suivantes :

[0100] - des données représentatives d'accélération, par exemple une accélération longitudinale, latérale et/ou verticale obtenue par exemple d'une centrale inertielle du véhicule ;

[0101] - des données représentatives de vitesse de lacet ;

[0102] - des données représentatives de vitesse (par exemple longitudinale et/ou latérale), mesurée par un odomètre par exemple ;

[0103] - des données représentatives d'angle volant mesuré par un capteur d'angle volant ;

[0104] - des données représentatives d'utilisation de la pédale de frein (par exemple fréquence d'utilisation, intensité de pression exercée sur la pédale à chaque freinage, nombre d'utilisations de la pédale et/ou niveau du freinage (freinage doux ou fort par exemple, correspondant à la vitesse d'appui sur la pédale lors d'un freinage)), obtenues d'un ou plusieurs capteurs associés à la pédale et/ou d'un calculateur recevant les commandes de la pédale ;

[0105] - des données représentatives d'utilisation de la pédale d'accélérateur (par exemple fréquence d'utilisation, intensité de pression exercée sur la pédale à chaque accélération, nombre d'utilisations de la pédale et/ou niveau de l'accélération (accélération douce ou forte ou brusque par exemple, correspondant à la vitesse d'appui sur la

pédale lors d'une accélération)), obtenues d'un ou plusieurs capteurs associés à la pédale et/ou d'un calculateur recevant les commandes de la pédale ;

- [0106] - des données représentatives de bruit acquises par un ou plusieurs microphones embarqués dans le deuxième véhicule ou dans un dispositif de communication mobile 103 présent dans le deuxième véhicule, le bruit de roulage étant par exemple caractéristique d'une usure ou d'un défaut sur un ou plusieurs pneus.
- [0107] Ces données sont par exemples acquises ou mesurées par des accéléromètres, des microphones, des capteurs gyroscopiques intégrés dans chaque deuxième véhicule ou intégré dans un dispositif de communication mobile embarqué dans chaque deuxième véhicule. Ces capteurs permettent de mesurer les mouvements, les accélérations, les variations de trajectoire du véhicule selon chaque direction d'un repère tridimensionnelle associé au véhicule par exemple.
- [0108] Dans une deuxième opération de la phase d'apprentissage, le dispositif distant 101 collecte un ensemble de données représentatives de l'environnement dans lequel circule chaque deuxième véhicule 11. Ces données sont par exemples acquises par un ou plusieurs capteurs (par exemple une caméra) embarqués dans les deuxièmes véhicules, par un ou plusieurs capteurs arrangés dans l'environnement. Selon un autre exemple, tout ou partie de ces données sont reçues d'un ou plusieurs dispositifs de traitement ou de stockage de données (par exemple un serveur) reliés en communication au dispositif distant 101, par exemple un serveur de données météorologiques, un serveur de données cartographiques, un serveur de données de maintenance des routes, etc.
- [0109] Les données représentatives de l'environnement dans lequel circulent les deuxièmes véhicules 11 comprennent par exemple tout ou partie des données suivantes :
- [0110] - des données représentatives de conditions météorologiques (pluie, neige, verglas, température, ensoleillement, etc.) ;
- [0111] - des données représentatives d'état et/ou de niveau d'entretien de chaussée (présence de trous, de nids de poule, qualité de l'enrobé, etc.) ;
- [0112] - des données représentatives de type de route, par exemple route de type voie rapide, de type autoroute, de type route en agglomération (une route en agglomération présentant par exemple une densité de carrefours, par exemple giratoires et/ou une densité de ralentisseurs plus importante que les autres types de routes).
- [0113] Dans une troisième opération, le dispositif distant 101 collecte des données représentatives d'un niveau de performance des pneus de chaque deuxième véhicule 11.
- [0114] Ces données sont par exemple obtenues d'un ou plusieurs serveurs 102 associés à des services après-vente fournis par une ou plusieurs entreprises assurant la réparation des véhicules 11 (garage automobile par exemple), lesquelles assurent la mise à jour d'une base de données relatives aux véhicules ayant subi une opération de maintenance

(préventive ou curative), notamment en relation avec le ou les pneus de chaque deuxième véhicule 11. Le ou les serveurs 102 transmettent par exemple un ensemble de données identifiants chaque deuxième véhicule pour laquelle un niveau de performance (degré ou niveau d'usure, défaut, niveau d'adhérence, etc.) d'un ou plusieurs pneus a été mesuré, détecté ou déterminé. L'ensemble de données comprend avantageusement pour chaque deuxième véhicule et pour chaque panne identifiée la date à laquelle la mesure ou la maintenance a été réalisée. L'ensemble de données comprend en outre avantageusement un identifiant de chaque deuxième véhicule permettant de déterminer une ou plusieurs des informations suivantes :

- [0115] - le type de véhicule ;
- [0116] - le modèle du véhicule ;
- [0117] - la marque du véhicule ;
- [0118] - la configuration matérielle et logicielle du véhicule.
- [0119] L'identifiant de chaque deuxième véhicule correspond par exemple au numéro dit VIN (de l'anglais « Vehicle Identification Number » ou en français « Numéro d'identification de véhicule »).
- [0120] La collecte des données obtenues aux première, deuxième et/ou troisième opérations est par exemple mise en œuvre sur un intervalle temporel déterminé correspondant par exemple à plusieurs mois ou plusieurs années d'utilisation des deuxièmes véhicules, par exemple en temps réel.
- [0121] Ces données relatives à l'ensemble de deuxièmes véhicules pendant l'intervalle temporel déterminé sont avantageusement stockées en mémoire du dispositif distant 101 ou d'un dispositif distant dédié à la collecte et au stockage de ces données et connectés au dispositif distant 101, par exemple via une liaison filaire.
- [0122] Selon une variante de réalisation, une information représentative de l'instant temporel auquel chaque donnée a été mesurée, transmise ou reçue est associé à ladite donnée. Dit autrement, les données sont horodatées.
- [0123] Dans une quatrième opération de la phase d'apprentissage, le dispositif distant 101 traite les données obtenues lors des première, deuxième et troisième opérations.
- [0124] Le traitement comprend un croisement de ces données pour la génération d'un ensemble de classes, chaque classe de l'ensemble étant associée à un niveau de performance particulier, les classes ou groupes étant dits labélisés, c'est-à-dire qu'une étiquette (de l'anglais « label ») est associée à chaque classe ou groupe. Par exemple, si 5 classes ou groupes sont générés lors de la classification des données, 5 niveaux de performance seront également générés (par exemple de 0 à 4), avec par exemple le niveau 0 correspondant au niveau de performance le plus faible ou minimal et 4 au niveau de performance le plus élevé ou maximal. Selon un autre exemple, si 3 classes sont générées, 3 niveaux de performances seront générés avec par exemple : un niveau

minimal, un niveau standard et un niveau maximal.

- [0125] Un niveau de performance est par exemple aussi appelé Indicateur Clé de Performance, ou ICP (de l'anglais « Key Performance Indicator », ou PKI).
- [0126] Le ou les modèles de prédiction du niveau de performance (ou en d'autres termes le ou les modèles de classification) est/sont généré(s) ou entraîné(s) par classification des données obtenues.
- [0127] Un modèle de prédiction / classification est par exemple obtenu pour chaque type de véhicule de l'ensemble de deuxièmes véhicules 11. Selon une variante, un seul modèle de prédiction / classification est obtenu pour l'ensemble de deuxièmes véhicules 11.
- [0128] La classification mise en œuvre correspond par exemple à une classification via une méthode de partition en k-moyennes (de l'anglais « k-means »). Cette méthode de partition en k-moyennes est par exemple associée à une méthode dite « Elbow » (ou « coude » en français) afin de regrouper les différents profils obtenus en groupes ou classes de différents niveaux de performance.
- [0129] La méthode de partition en k-moyennes est décrite en regard de la [Fig.2]. Les principes d'une telle méthode associée à la méthode « Elbow » sont connus de l'homme du métier et par exemple décrit dans le document intitulé « Determining the appropriate cluster number using elbow method for K-means algorithm », publié par H. Humaira et R. Rasyidah en janvier 2018.
- [0130] Un tel processus de classification / prédiction est avantageusement mis en œuvre par un réseau de neurones mettant en œuvre une méthode d'apprentissage automatique, aussi appelée méthode d'apprentissage machine (de l'anglais « machine learning »), par exemple une méthode d'apprentissage profond (de l'anglais « deep learning »).
- [0131] Selon un exemple particulier et non-limitatif, le réseau de neurones correspond à un réseau de neurones récurrent à mémoire court et long terme, dit réseau LSTM (de l'anglais « Long Short Term Memory »), un exemple d'un tel réseau LSTM étant décrit dans le document « Long short-term memory » publié par Sepp Hochreiter et Jürgen Schmidhuber, dans *Neural Computation*. 9 (8): 1735 1780.doi:10.1162/neco.1997.9.8. 1735. PMID 9377276. Un réseau de neurones de type LSTM est constitué de cellules (neurones) interconnectées interagissant non-linéairement, dont un exemple est décrit en regard de la [Fig.3]. La sortie d'une cellule est une combinaison non linéaire de ses entrées. Un réseau de neurones de type LSTM est constitué de cellules (neurones) interconnectées interagissant non-linéairement. La sortie d'une cellule est une combinaison non linéaire de ses entrées.
- [0132] Lorsque la phase de prédiction ou de classification est mise en œuvre par le premier véhicule 10, les paramètres définissant chaque modèle de prédiction ou de classification obtenu à la quatrième opération sont transmis par le dispositif distant 101 au premier véhicule 10 qui les stocke en mémoire associée à un calculateur du système

embarqué pour la mise en œuvre par ce calculateur de la phase de prédiction / classification.

- [0133] Une telle phase d'apprentissage permet ainsi de croiser les données issues des (ou associées aux) deuxièmes véhicules avec des données obtenues de services après-vente (données sur les pannes / défauts / niveau d'usure / niveaux de performance des pneus rencontrés par les pneus de ces deuxièmes véhicules).
- [0134] Phase de prédiction
- [0135] Dans une première opération de la phase de prédiction, le dispositif en charge de la phase de prédiction (c'est-à-dire le dispositif distant 101 ou un ou plusieurs calculateurs du système embarqué du premier véhicule 10) collecte un ensemble de premières données représentatives du comportement dynamique du premier véhicule 10. Ces premières données correspondent par exemple aux données représentatives du comportement dynamique des deuxièmes véhicules ayant été utilisées dans la phase d'apprentissage.
- [0136] Les premières données sont par exemple transmises par le premier véhicule 10 au dispositif distant 101 via l'infrastructure de réseau sans fil au fil du temps, par exemple à intervalles réguliers ou lorsqu'une nouvelle mesure est effectuée par un des capteurs faisant l'acquisition des premières données.
- [0137] Les premières données comprennent ainsi tout ou partie des données suivantes par exemple :
- [0138] - des données représentatives d'accélération, par exemple une accélération longitudinale, latérale et/ou verticale ; et/ou
- [0139] - des données représentatives de vitesse de lacet ; et/ou
- [0140] - des données représentatives de vitesse (par exemple longitudinale et/ou latérale) ; et/ou
- [0141] - des données représentatives d'angle volant ; et/ou
- [0142] - des données représentatives d'utilisation de la pédale de frein ; et/ou
- [0143] - des données représentatives d'utilisation de la pédale d'accélérateur ; et/ou
- [0144] - des données représentatives de bruit acquises par un ou plusieurs microphones embarqués.
- [0145] Lorsque la phase de prédiction est mise en œuvre par le premier véhicule 10, les premières données sont stockées dans une mémoire associée au calculateur du système embarqué du premier véhicule 10, ou dans un serveur du « cloud » auquel est connecté le premier véhicule 10.
- [0146] Selon une variante de réalisation, une information représentative de l'instant temporel auquel chaque première donnée a été mesurée ou acquise ou transmise est associé à ladite première donnée. Dit autrement, chaque première donnée est horodatée.

- [0147] Dans une deuxième opération de la phase de prédiction, le dispositif en charge de la phase de prédiction (c'est-à-dire le dispositif distant 101 ou un ou plusieurs calculateurs du système embarqué du premier véhicule 10) collecte un ensemble de deuxièmes données représentatives de l'environnement dans lequel le premier véhicule 10 circule ou évolue. Ces deuxièmes données correspondent par exemple aux données d'environnement obtenues pour les deuxièmes véhicules 11, de manière similaire ou identique, qui ont été utilisées dans la phase d'apprentissage.
- [0148] Les deuxièmes données comprennent ainsi par exemple tout ou partie des données suivantes :
- [0149] - des données représentatives de conditions météorologiques ; et/ou
 - [0150] - des données représentatives d'état et/ou de niveau d'entretien de chaussée ; et/ou
 - [0151] - des données représentatives de type de route.
- [0152] La collecte des premières données et des deuxièmes données est ainsi similaire ou identique à la collecte des données de comportement dynamique des deuxièmes véhicules 11 et des données d'environnement des deuxièmes véhicules 11 décrite en regard de la phase d'apprentissage.
- [0153] Dans une troisième opération de la phase de prédiction, les premières et deuxièmes données sont utilisées pour alimenter le ou les modèles de prédiction / classification appris ou entraînés pendant la phase d'apprentissage. Il ressort de ce ou ces modèles une information représentative d'une prédiction du niveau de performance de chaque pneu ou de l'ensemble de pneus du premier véhicule 10.
- [0154] La détermination du niveau de performance des pneus du premier véhicule 10 est par exemple mise en œuvre en utilisant la méthode dite des k-moyennes, laquelle est par exemple mise en œuvre par un réseau de neurones, par exemple de type LSTM. Le réseau de neurones de type LSTM permet de prédire le niveau de performance du ou des pneus du premier véhicule en temps réel à partir des premières et deuxièmes données collectées.
- [0155] Les premières et deuxièmes données sont ainsi traitées pour déterminer la probabilité d'appartenance à chaque classe de la pluralité de classes générées pendant la phase d'apprentissage. Le niveau de performance déterminé pour le premier véhicule 10 correspond au niveau de performance associé à la classe pour laquelle la probabilité d'appartenance est la plus élevée.
- [0156] Dans une quatrième opération, le ou les systèmes ADAS du premier véhicule 10 sont contrôlés en fonction du niveau de performance obtenu à la quatrième opération.
- [0157] Le contrôle de ces systèmes ADAS permet d'adapter le mode de conduite du premier véhicule 10 et/ou son itinéraire en fonction du niveau de performance déterminé.
- [0158] Par exemple, lorsque le niveau de performance est minimal, un itinéraire privilégiant les grands axes (autoroute et voies rapides) sera privilégié pour éviter les routes ayant

des chaussées de moins bonne qualité et/ou pour éviter les routes présentant des ralentisseurs, des carrefours, etc. (routes dans les agglomérations par exemple) susceptibles d'user plus rapidement les pneus.

- [0159] Selon un autre exemple, le système ABS et/ou le système ESP seront adaptés, par exemple en passant dans un mode économisant les pneus le niveau de performance des pneus est dégradé ou faible, c'est-à-dire inférieur à un seuil.
- [0160] Selon encore un autre exemple, l'allure du premier véhicule sera adaptée pour réduire la vitesse et limiter les accélérations / décélérations lorsque le niveau de performance est dégradé ou faible. Ceci est par exemple obtenu en contrôlant le système de régulation de vitesse du premier véhicule 10.
- [0161] De manière optionnelle, lorsqu'un niveau de performance est obtenu pour chaque pneu du premier véhicule 10, les niveaux de performances de chaque pneu sont comparés entre eux pour détecter une éventuelle dissymétrie entre 2 pneus, par exemple entre le pneu avant (respectivement arrière) gauche et le pneu avant (respectivement arrière) droit.
- [0162] Selon une autre variante optionnelle, un message d'alerte est par exemple généré en fonction du niveau de performance déterminé. Par exemple, lorsque le niveau de performance est inférieur à un seuil déterminé, un message d'alerte est généré et rendu dans l'habitacle du premier véhicule 10, par exemple pour affichage sur un écran d'affichage du premier véhicule 10. L'affichage du message est par exemple mis en œuvre au travers d'une IHM (Interface Homme Machine) contrôlée par le calculateur IVI (de l'anglais « In-Vehicle Infotainment » ou en français « Infodivertissement embarqué ») du premier véhicule 10.
- [0163] Un tel message permet d'alerter le conducteur du premier véhicule 10 pour que ce dernier fasse par exemple les démarches nécessaires pour faire réparer / changer les pneus.
- [0164] La [Fig.2] illustre schématiquement un regroupement des données de comportement dynamique et des données d'environnement en un nombre prédéterminé K de groupes selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0165] Selon cet exemple de réalisation, une méthode dite « k-means » (« k-moyennes » en français) est utilisée.
- [0166] La méthode « k-means » regroupe les ensembles de données (représentés par des carrés) en k (ici k=3) groupes appelés « clusters » en anglais. Pour cela, chaque ensemble est représenté dans un espace multidimensionnel (ici dans un espace bidimensionnel). Chaque groupe G_{Ri} est représenté dans cet espace par un centroïde C_i (ici une moyenne) dont la valeur initiale est une valeur aléatoire. Sur la [Fig.2], chaque centroïde C_i est représenté par un cercle 201, 202, 203. Pour chaque ensemble de données ajouté, une distance D_i est calculée entre un point de l'espace représentant cet

ensemble et chaque centroïde C_i . L'ensemble de données est alors ajouté au groupe GR_i dont la distance D_i est minimale. Le centroïde C_i du groupe C_i dans lequel vient d'être ajouté l'ensemble de données est alors mis à jour en tenant compte de l'ensemble de données ajouté.

[0167] En variante, plusieurs regroupements d'ensembles de données sont calculés pour des nombres K différents et l'un de ces regroupements est conservé.

[0168] Par exemple, le regroupement conservé est celui qui minimise des écarts types entre les ensembles de données des groupes de ce regroupement et le centroïde associé à ces groupes.

[0169] La [Fig.3] illustre schématiquement une cellule, notée 'c', à mémoire court terme et long terme selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.

[0170] L'idée associée à un réseau de neurones à mémoire court terme et long terme, dit réseau LSTM, est que chaque cellule est liée à deux états internes ; l'un dit état caché (h_t) et l'autre dit état de la cellule (o_t) qui joue le rôle de mémoire. Le passage d'un état d'entrée c_{t-1} d'une cellule à un instant temporel $(t-1)$ à un état de sortie c_t à un instant temporel suivant t se fait par transfert à gain constant et égal à 1. De cette façon les erreurs se propagent aux pas antérieurs sans phénomène de disparition de gradient. L'état de la cellule peut être modifié à travers une porte d'entrée I_t qui autorise ou bloque la mise à jour. De même pour une porte contrôle O_t si l'état de cellule est communiqué en sortie de la cellule. Les cellules peuvent aussi utiliser une porte F_t permettant la remise à zéro de l'état de la cellule.

[0171] Selon un exemple, en considérant les valeurs initiales suivantes : $c_0 = 0$ et $h_0 = 0$, et en considérant une fonction d'activation de ces cellules de type sigmoïde σ et tangente hyperbolique $\tanh$, les états des portes de remise à zéro, de sortie et de mise à jour ainsi que les états cachés, de la cellule et de sortie sont donnés par :

[0172] [Math.1]

$$\begin{aligned} F_t &= \sigma(W_F x_t + U_F h_{t-1} + b_F) \\ I_t &= \sigma(W_I x_t + U_I h_{t-1} + b_I) \\ O_t &= \sigma(W_O x_t + U_O h_{t-1} + b_O) \\ c_t &= F_t o_{t-1} + I_t o \tanh(W_c x_t + U_c h_{t-1} + b_c) \\ h_t &= O_t o \tanh(c_t) \\ o_t &= f(W_o h_t + b_o) \end{aligned}$$

[0173] dans lesquelles o est un opérateur symbolisant le produit matriciel de Hadamard (produit terme à terme) et $W_F, U_F, W_I, U_I, W_c, U_c, W_o$ sont des poids (paramètres) et b_F, b_I, b_o, b_c sont des valeurs de décalages (paramètres).

[0174] En variante, d'autres fonctions peuvent être utilisées.

- [0175] Lors de la phase d'apprentissage, le réseau de neurones apprend à produire une prédiction du niveau de performance des pneus à partir d'ensemble de données (premières et deuxième données) collectées.
- [0176] Un algorithme d'apprentissage classique de réseau de neurones est alors utilisé pour l'apprentissage. Le principe de cet algorithme d'apprentissage est que le réseau de neurones apprend les valeurs des paramètres des cellules par rétropropagation du gradient de l'erreur c'est-à-dire que l'algorithme calcule progressivement les valeurs des paramètres de manière à minimiser une fonction de coût pour chacune des cellules à mémoire court terme et long terme en partant des sorties du réseau de neurones.
- [0177] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, la fonction de coût est une fonction de précision donnée par :
- [0178] [Math.2]
- $$\text{accuracy} = \frac{\text{vrais positifs} + \text{vrais négatifs}}{\text{vrais positifs} + \text{faux positifs} + \text{vrais négatifs} + \text{faux négatifs}}$$
- [0179] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, la fonction de coût est une fonction de type F1 donnée par :
- [0180] [Math.3]
- $$\text{F1 score} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Rappel}}{\text{Précision} + \text{Rappel}}$$
- [0181] Cette fonction de coût peut être minimisée en utilisant un algorithme classique de descente de gradient tel que l'algorithme supervisé ADAM de descente de gradient (*Kingma & Ba (2015) Adam: A Method for Stochastic Optimization. Proceedings of the International Conference for Learning Representations, San Diego(ICLR)*).
- [0182] Lors de la phase de production, le réseau de neurones est identique au réseau de neurones en phase d'apprentissage, excepté que l'entrée du réseau de neurones n'est plus alimentée par des données des deuxième véhicules 11 mais par les premières et deuxième données relatives au premier véhicule 10 et à son environnement. Le réseau de neurones est alors capable de reproduire une prédiction du niveau de performance des pneus qui correspond à un niveau de performance associé au groupe GRi auquel appartient l'ensemble de premières et deuxième données.
- [0183] Selon une variante, le réseau de neurones de type LSTM comporte une seule cellule.
- [0184] En variante, le réseau de neurones de type LSTM comporte plusieurs cellules.
- [0185] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le réseau de neurones est mémorisé dans une mémoire ou une base de données du premier véhicule 10.
- [0186] La [Fig.4] illustre schématiquement un dispositif 4 configuré pour contrôler un ou plusieurs systèmes ADAS d'un véhicule, par exemple le premier véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention.
- [0187] Selon un autre exemple de réalisation, le dispositif 4 est configuré pour déterminer ou prédire un niveau de performance de l'ensemble de pneus d'un véhicule, par

exemple du premier véhicule 10.

- [0188] Un tel dispositif 4 est configuré pour la mise en œuvre de la phase d'apprentissage et de la phase de production d'une méthode d'apprentissage machine.
- [0189] Selon encore un autre exemple, le dispositif 4 est à la fois configuré pour contrôler un ou plusieurs systèmes ADAS d'un véhicule et pour déterminer ou prédire un niveau de performance de l'ensemble de pneus de ce véhicule.
- [0190] Le dispositif 4 est par exemple configuré pour la mise en œuvre des opérations décrites en regard des figures 1, 2, et 3 et/ou des étapes du procédé décrit en regard de la [Fig.5]. Des exemples d'un tel dispositif 4 comprennent, sans y être limités, un ordinateur, un ordinateur portable, un serveur, un téléphone portable, une tablette ou encore un équipement électronique embarqué tel qu'un ordinateur de bord d'un véhicule ou un calculateur électronique tel qu'une UCE (« Unité de Commande Electronique. Les éléments du dispositif 4, individuellement ou en combinaison, peuvent être intégrés dans un unique circuit intégré, dans plusieurs circuits intégrés, et/ou dans des composants discrets. Le dispositif 4 peut être réalisé sous la forme de circuits électroniques ou de modules logiciels (ou informatiques) ou encore d'une combinaison de circuits électroniques et de modules logiciels.
- [0191] Le dispositif 4 comprend un (ou plusieurs) processeur(s) 40 configurés pour exécuter des instructions pour la réalisation des étapes du procédé et/ou pour l'exécution des instructions du ou des logiciels embarqués dans le dispositif 4. Le processeur 40 peut inclure de la mémoire intégrée, une interface d'entrée/sortie, et différents circuits connus de l'homme du métier. Le dispositif 4 comprend en outre au moins une mémoire 41 correspondant par exemple à une mémoire volatile et/ou non volatile et/ou comprend un dispositif de stockage mémoire qui peut comprendre de la mémoire volatile et/ou non volatile, telle que EEPROM, ROM, PROM, RAM, DRAM, SRAM, flash, disque magnétique ou optique.
- [0192] Le code informatique du ou des logiciels embarqués comprenant les instructions à charger et exécuter par le processeur est par exemple stocké sur la mémoire 41.
- [0193] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif 4 comprend un bloc 42 d'éléments d'interface pour communiquer avec des dispositifs externes, par exemple un serveur distant ou le « cloud », d'autres nœuds du réseau ad hoc. Les éléments d'interface du bloc 42 comprennent une ou plusieurs des interfaces suivantes :
- [0194] - interface radiofréquence RF, par exemple de type Wi-Fi® (selon IEEE 802.11), par exemple dans les bandes de fréquence à 2,4 ou 5 GHz, ou de type Bluetooth® (selon IEEE 802.15.1), dans la bande de fréquence à 2,4 GHz, ou de type Sigfox utilisant une technologie radio UBN (de l'anglais Ultra Narrow Band, en français bande ultra étroite), ou LoRa dans la bande de fréquence 868 MHz, LTE (de l'anglais

- « Long-Term Evolution » ou en français « Evolution à long terme »), LTE-Advanced (ou en français LTE-avancé) ;
- [0195] - interface USB (de l'anglais « Universal Serial Bus » ou « Bus Universel en Série » en français) ;
- [0196] - interface HDMI (de l'anglais « High Definition Multimedia Interface », ou « Interface Multimedia Haute Definition » en français) ;
- [0197] - interface LIN (de l'anglais « Local Interconnect Network », ou en français « Réseau interconnecté local »).
- [0198] Selon un autre exemple de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif 4 comprend une interface de communication 43 qui permet d'établir une communication avec d'autres dispositifs (tels que d'autres calculateurs du système embarqué) via un canal de communication 430. L'interface de communication 43 correspond par exemple à un transmetteur configuré pour transmettre et recevoir des informations et/ou des données via le canal de communication 430. L'interface de communication 43 correspond par exemple à un réseau filaire de type CAN (de l'anglais « Controller Area Network » ou en français « Réseau de contrôleurs »), CAN FD (de l'anglais « Controller Area Network Flexible Data-Rate » ou en français « Réseau de contrôleurs à débit de données flexible »), FlexRay (standardisé par la norme ISO 17458) ou Ethernet (standardisé par la norme ISO/IEC 802-3).
- [0199] Selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif, le dispositif 4 peut fournir des signaux de sortie à un ou plusieurs dispositifs externes, tels qu'un écran d'affichage, tactile ou non, un ou des haut-parleurs et/ou d'autres périphériques (système de projection) via des interfaces de sortie respectives.
- [0200] La [Fig.5] illustre un organigramme des différentes étapes d'un procédé de contrôle d'un ou plusieurs systèmes ADAS d'un véhicule, par exemple du premier véhicule 10, selon un exemple de réalisation particulier et non limitatif de la présente invention. Le procédé est par exemple mis en œuvre par un dispositif embarqué dans le véhicule, par exemple par le dispositif 4 de la [Fig.4], ou par un système comprenant le dispositif embarqué relié en communication sans fil à un dispositif distant de type serveur ou ordinateur.
- [0201] Dans une première étape 51, des premières données représentatives d'un comportement dynamique du véhicule sont reçues depuis un ensemble de capteurs embarqués dans le véhicule, l'ensemble de capteurs comprenant au moins un capteur.
- [0202] Dans une deuxième étape 52, des deuxièmes données représentatives d'un environnement dans lequel circule le véhicule sont reçues.
- [0203] Dans une troisième étape 53, des premières informations représentatives d'un niveau de performance d'un ensemble de pneus du véhicule sont déterminées par classification des premières et deuxièmes données à partir d'un modèle de classification

appris dans une phase dite d'apprentissage préalable à la réception des premières et deuxièmes données, le niveau de performance étant associé à une classe d'un ensemble de classes en sortie du modèle de classification.

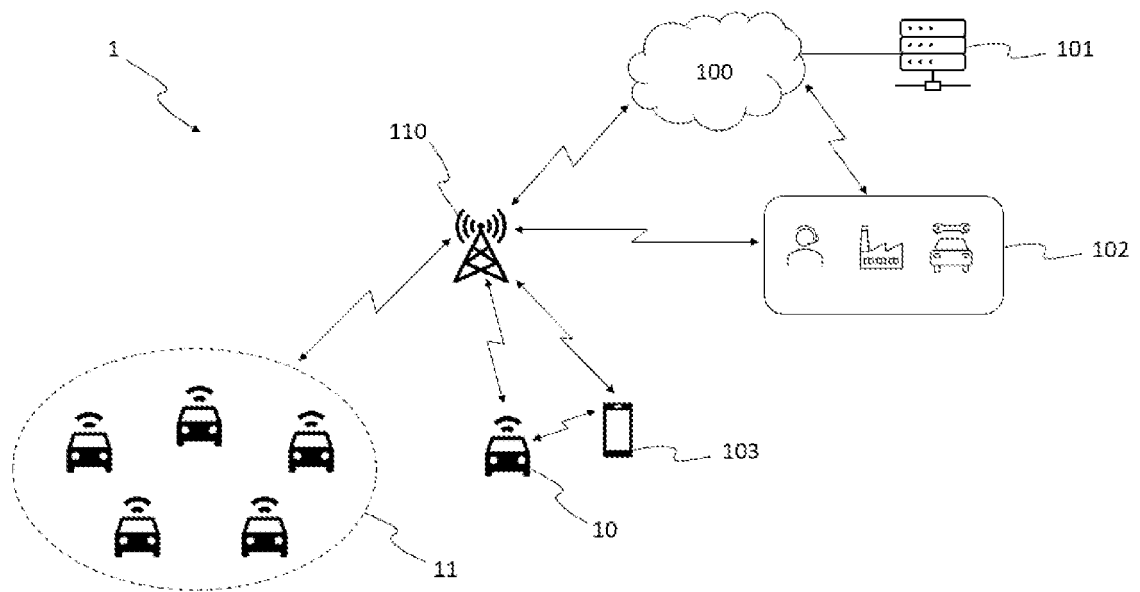
- [0204] Dans une quatrième étape 54, au moins un système ADAS est contrôlé en fonction des premières informations.
- [0205] Selon une variante, les variantes et exemples des opérations décrits en relation avec les figures 1, 2 et 3 s'appliquent aux étapes du procédé de la [Fig.5].
- [0206] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas aux exemples de réalisation décrits ci-avant mais s'étend à un procédé de prédiction d'un niveau de performance d'un ensemble de pneus de véhicule, qui inclurait des étapes secondaires, sans pour cela sortir de la portée de la présente invention. Il en serait de même d'un dispositif configuré pour la mise en œuvre d'un tel procédé.
- [0207] La présente invention concerne également un véhicule, par exemple automobile, comprenant le dispositif de la [Fig.4].
- [0208] La présente invention concerne également un système comprenant un véhicule et un ou plusieurs dispositifs distants de type serveur, le véhicule étant relié en communication sans fil à le ou les dispositifs distants.

Revendications

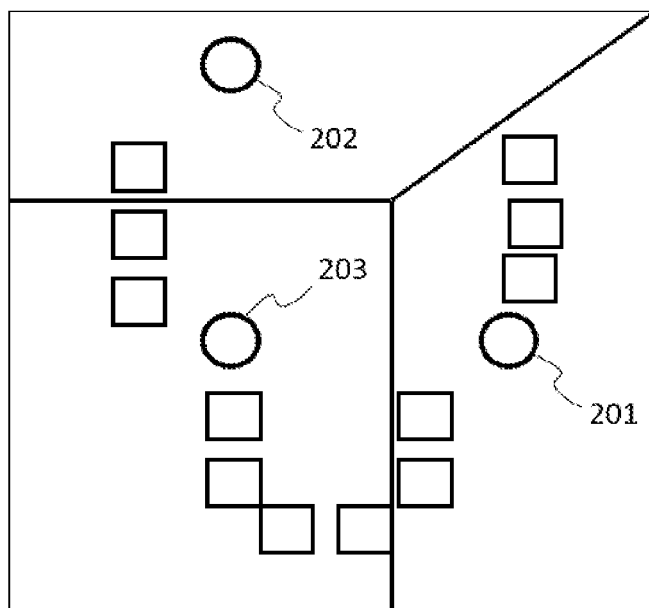
- [Revendication 1] Procédé de contrôle d'au moins un système d'aide à la conduite, dit système ADAS, d'un véhicule (10), ledit procédé étant mis en œuvre par au moins un processeur et comprenant les étapes suivantes :
- réception (51) de premières données représentatives d'un comportement dynamique dudit véhicule (10) depuis un ensemble de capteurs embarqués dans ledit véhicule (10), ledit ensemble comprenant au moins un capteur ;
 - réception (52) de deuxièmes données représentatives d'un environnement (1) dans lequel circule ledit véhicule (10) ;
 - détermination (53) de premières informations représentatives d'un niveau de performance d'un ensemble de pneus dudit véhicule (10) par classification desdites premières et deuxièmes données à partir d'un modèle de classification appris dans une phase dite d'apprentissage préalable à ladite réception des premières et deuxièmes données, ledit niveau de performance étant associé à une classe d'un ensemble de classes en sortie dudit modèle de classification ;
 - contrôle (54) dudit au moins un système ADAS en fonction desdites premières informations.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, pour lequel lesdites premières informations comprennent des deuxièmes informations représentatives d'un niveau de performance de chaque pneu dudit ensemble de pneus, ledit procédé comprenant en outre les étapes de :
- comparaison desdites deuxièmes informations entre elles ;
 - détermination de troisièmes informations représentatives de dissymétrie entre au moins deux pneus dudit ensemble de pneus en fonction d'un résultat de ladite comparaison.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, comprenant en outre une étape de rendu d'un message représentatif dudit niveau de performance et/ou de ladite dissymétrie dans un habitacle dudit véhicule (10).
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, pour lequel ledit au moins un système ADAS appartient à un ensemble de systèmes ADAS comprenant :
- un système de contrôle électronique de stabilité, dit système ESC ;
 - un système antiblocage des roues, dit système ABS ;
 - un système de régulation de vitesse ;
 - un système de contrôle de trajectoire ;

- un système de contrôle d'itinéraire ;
 - un système de contrôle d'au moins un organe d'une chaîne de traction dudit véhicule.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, pour lequel lesdites premières données appartiennent à un ensemble de données comprenant :
- des données représentatives d'accélération ;
 - des données représentatives de vitesse de lacet ;
 - des données représentatives de vitesse ;
 - des données représentatives d'angle volant ;
 - des données représentatives d'utilisation d'une pédale de frein dudit véhicule ;
 - des données représentatives d'utilisation d'une pédale d'accélérateur dudit véhicule,
- et pour lequel lesdites deuxièmes données appartiennent à un ensemble de données comprenant :
- des données représentatives de conditions météorologiques ;
 - des données représentatives d'état et/ou de niveau d'entretien de chaussée ;
 - des données représentatives de type de route.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, pour lequel ladite classification est mise en œuvre via une méthode de partition en k-moyennes mise en œuvre par un réseau de neurones.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, pour lequel ledit réseau de neurones est un réseau de type réseau récurrent à mémoire court et long terme, dit réseau LSTM.
- [Revendication 8] Programme d'ordinateur comportant des instructions pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, lorsque ces instructions sont exécutées par un processeur.
- [Revendication 9] Dispositif (4) de contrôle d'au moins un système d'aide à la conduite, dit système ADAS, d'un véhicule, ledit dispositif (4) comprenant une mémoire (41) associée à au moins un processeur (40) configuré pour la mise en œuvre des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.
- [Revendication 10] Véhicule (10) comprenant le dispositif (4) selon la revendication 9.

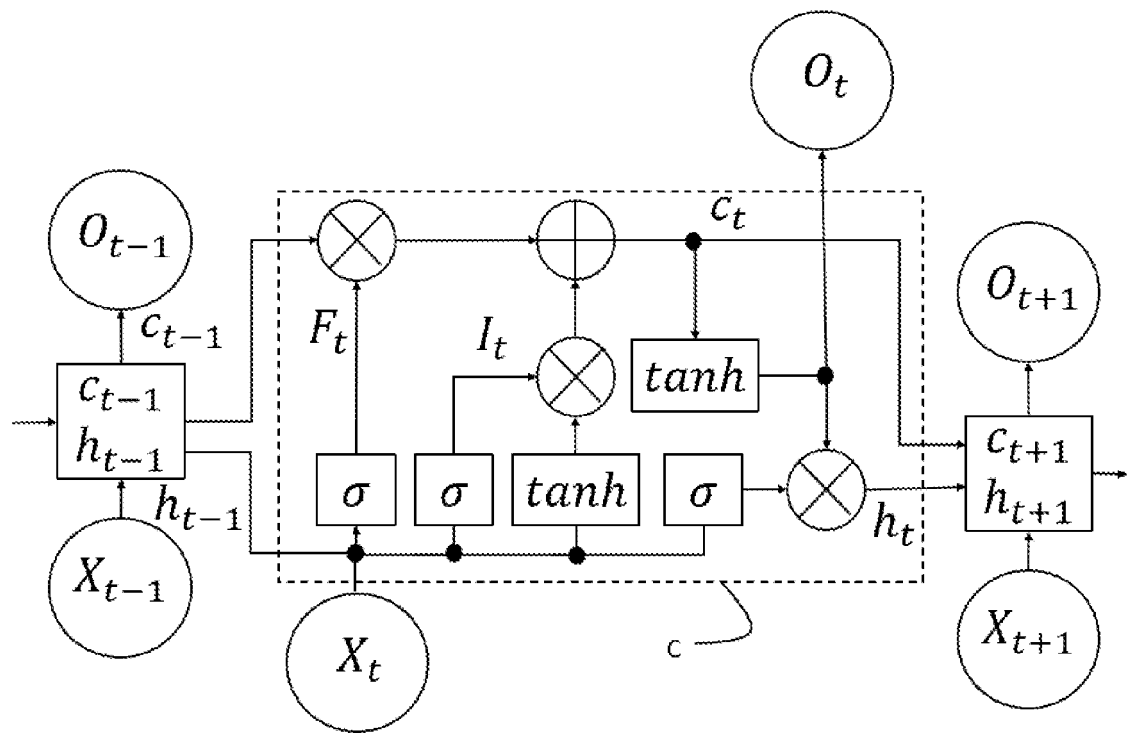
[Fig. 1]



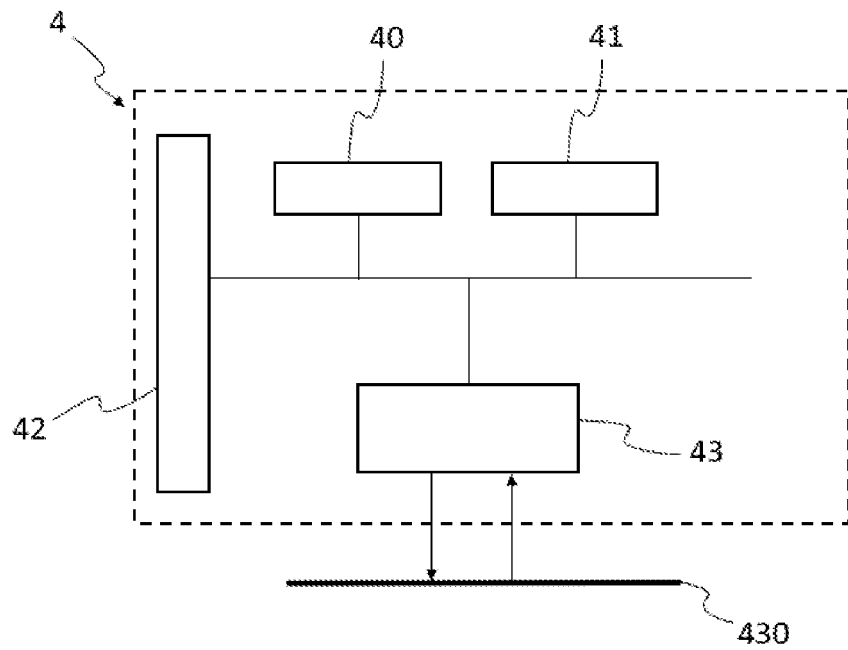
[Fig. 2]



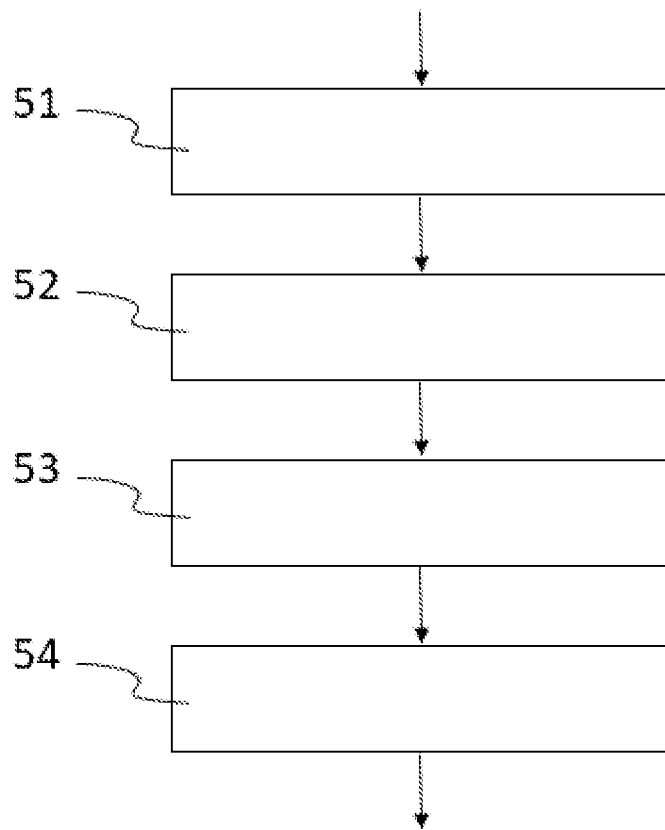
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement
national

FA 909634
FR 2207657

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2019/016445 A1 (MICHELIN & CIE [FR]) 24 janvier 2019 (2019-01-24) * alinéa [0002] - alinéa [0004] * * alinéa [0011] - alinéa [0015] * * alinéa [0057] - alinéa [0084]; figures 1-6 * * le document en entier * -----	1-10	B60W50/04 B60W50/12 B60C23/00
X	US 2021/125428 A1 (TEDESCO MARCELLO [US] ET AL) 29 avril 2021 (2021-04-29) * alinéa [0076] - alinéa [0159]; figures 1-12 * -----	1-10	
X	WO 2022/051044 A1 (BRIDGESTONE AMERICAS TIRE OPERATIONS LLC [US]) 10 mars 2022 (2022-03-10) * alinéa [0031] - alinéa [0058]; figures 1-5 * -----	1-10	
X	US 2021/122340 A1 (BHIMANI MOHAK [US] ET AL) 29 avril 2021 (2021-04-29) * alinéa [0016] - alinéa [0046]; figures 1-4 * -----	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	DE 10 2021 000919 B3 (UNIV ILMENAU TECH [DE]) 15 juin 2022 (2022-06-15) * alinéa [0036] - alinéa [0038] * * alinéa [0067] - alinéa [0098]; figures 1,2 * -----	1-4, 6-10	B60W B60C G07C B60T G06N
X	DE 103 20 809 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 25 novembre 2004 (2004-11-25) * alinéa [0012] - alinéa [0065]; figures 1-6 * -----	1-10	
A	US 2022/068053 A1 (HINDUJA HITESH [IN] ET AL) 3 mars 2022 (2022-03-03) * alinéa [0075] * -----	7	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
7 mars 2023		Engelhardt, Helmut	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2207657 FA 909634**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **07-03-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2019016445 A1	24-01-2019	CN 110914683 A	24-03-2020
		EP 3655770 A1	27-05-2020
		US 2020158692 A1	21-05-2020
		WO 2019016445 A1	24-01-2019

US 2021125428 A1	29-04-2021	AUCUN	

WO 2022051044 A1	10-03-2022	AUCUN	

US 2021122340 A1	29-04-2021	EP 4051550 A1	07-09-2022
		US 2021122340 A1	29-04-2021
		WO 2021083860 A1	06-05-2021

DE 102021000919 B3	15-06-2022	DE 102021000919 B3	15-06-2022
		WO 2022174849 A1	25-08-2022

DE 10320809 A1	25-11-2004	DE 10320809 A1	25-11-2004
		WO 2004101300 A1	25-11-2004

US 2022068053 A1	03-03-2022	US 2022068053 A1	03-03-2022
		WO 2022044041 A1	03-03-2022
