

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 054 684

②1 N° d'enregistrement national : **16 57337**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 05 D 1/00 (2017.01), G 01 C 23/00, B 60 W 50/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 29.07.16.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.02.18 Bulletin 18/05.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : INSTITUT VEDECOM — FR.

⑦② Inventeur(s) : BRACQUEMOND ANNIE.

⑦③ Titulaire(s) : INSTITUT VEDECOM.

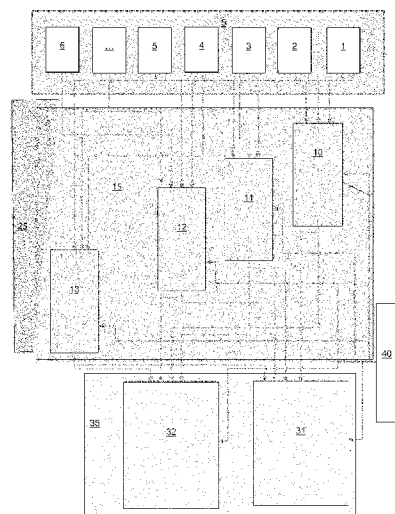
⑦④ Mandataire(s) : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA Société anonyme.

⑫④ SYSTEME DE PILOTAGE D'UN VEHICULE AUTONOME.

⑫⑤ la présente invention concerne un système de pilotage d'un véhicule autonome comportant une pluralité de capteurs (1 à 6) de natures différentes, des calculateurs exécutant des programmes informatiques pour la détermination d'informations de conduite déléguée en fonction des données délivrées par lesdits capteurs

caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un module d'arbitrage (15) comprenant un calculateur exécutant un programme informatique pour décider la sélection d'une desdites informations de conduite déléguée en fonction d'une pluralité d'informations représentatives :

- des conditions d'environnement,
- des niveaux de confiance de chacune desdites informations de conduite déléguée,
- de la cohérence de variables associées auxdites informations déléguées
- de la fiabilité matérielle et logicielle des composants du dit système
- de l'historique de conduite du véhicule.



FR 3 054 684 - A1



Système de pilotage d'un véhicule autonomeDomaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine des véhicules autonomes et plus précisément des équipements informatiques destinés à la commande de véhicules autonomes.

Un véhicule est qualifié d'autonome s'il peut se déplacer sans l'intervention et la surveillance continues d'un opérateur humain. Selon le Ministère des transports des États-Unis d'Amérique, cela signifie que la voiture peut fonctionner sans qu'un conducteur n'intervienne au niveau de la conduite, de l'accélération ou du freinage. Le niveau d'automatisation du véhicule reste néanmoins l'élément le plus important.

La *National Highway Traffic Safety*

Administration (l'administration américaine chargée de la sécurité routière sur les autoroutes) définit ainsi cinq "niveaux" d'automatisation :

- **Niveau 0 : Aucune automatisation.** Le conducteur a un contrôle total et à tout instant des fonctions principales du véhicule (moteur, accélérateur, direction, freins).
- **Niveau 1 : Automatisation de certaines fonctions.** L'automatisation est présente pour certaines fonctions du véhicule, mais ne font qu'assister le conducteur qui garde le contrôle global. Par exemple, le système antiblocage des roues (ABS) ou l'électro stabilisateur (ESP) vont automatiquement agir sur le freinage pour aider le conducteur à garder le contrôle du véhicule.
- **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. Le régulateur de vitesse adaptatif combiné avec le centrage sur la voie fait entrer le véhicule dans cette catégorie, tout comme le *Park Assist* qui permet le stationnement sans que le conducteur n'agisse sur le volant ou les pédales.
- **Niveau 3 : Conduite autonome limitée.** Le conducteur peut céder le contrôle complet du véhicule au système

automatisé qui sera alors chargé des fonctions critiques de sécurité. Cependant la conduite autonome ne peut avoir lieu que dans certaines conditions environnementales et de trafic (uniquement sur autoroute par exemple). Il est
5 imposé au conducteur d'être en mesure de pouvoir reprendre le contrôle dans un temps acceptable sur demande du système (notamment lorsque les conditions de circulation autonome ne sont plus réunies : sortie de l'autoroute, bouchon, etc.). La Google Car (nom
10 commercial) est actuellement à ce stade d'automatisation.

- **Niveau 4 : Conduite autonome complète.** Le véhicule est conçu pour assurer seul l'ensemble des fonctions critiques de sécurité sur un trajet complet. Le
15 conducteur fournit une destination ou des consignes de navigation mais n'est pas tenu de se rendre disponible pour reprendre le contrôle. Il peut d'ailleurs quitter le poste de conduite et le véhicule est capable de circuler sans occupant à bord.

Les véhicules sans conducteur fonctionnent en
20 accumulant de multiples informations provenant de caméras, de capteurs, de dispositifs de géolocalisation (dont des radars), de cartes numériques, de systèmes de programmation et de navigation ainsi que de données transmises par d'autres
véhicules connectés et infrastructures en réseau. Les systèmes
25 d'exploitation et les logiciels traitent ensuite l'ensemble de ces informations et assurent la coordination des fonctions mécaniques du véhicule. Ces procédés reproduisent l'infinie complexité des tâches effectuées par un conducteur tenu, pour conduire correctement, d'être tout à la fois concentré sur la
30 route, le comportement de son véhicule et son propre comportement.

L'architecture informatique de tels véhicules doit
permettre de gérer la multitude de signaux provenant des capteurs et des sources d'informations externes et procéder
35 aux traitements pour extraire de ces signaux des données pertinentes, éliminer les données anormales et combiner ces données pour commander les organes électromécaniques du véhicule (direction, freinage, régime moteur, alarmes, ...).

Compte tenu du contexte d'utilisation, l'architecture informatique doit garantir une fiabilité absolue, même en cas d'erreur sur une carte numérique, d'un capteur défaillant ou d'un dysfonctionnement du logiciel de navigation, ou de ces trois éléments à la fois.

Etat de la technique

On a proposé dans l'état de la technique différentes solutions d'architectures informatiques destinées à des véhicules autonomes.

10 Le brevet américain US6223110 décrit par exemple une architecture modulaire pour organiser et coordonner des composants destinés à coordonner le flux de données entre les composants. L'architecture comprend trois divisions principales:

- 15
- un pipeline de capteur,
 - les modules exploitant les données de capteur,
 - et les planificateurs d'actions et de commande mécatronique.

20 Le pipeline de capteur reçoit des données brutes provenant des capteurs embarqués, tel qu'un système de télémètre laser ou radar, et convertit les données en une forme qui peut être utilisée par les autres composants du système. Les données du capteur peuvent également être représentées sous la forme d'une carte d'élévation du terrain
25 environnant pour d'autres composants logiciels à utiliser. N'importe quel nombre et les types de systèmes de détection peuvent être ajoutés à l'architecture logicielle selon les besoins et les possibilités du système. Les modules d'exploitation de données utilisent les données des capteurs
30 en entrée et appliquent des algorithmes spécifiques pour produire des informations sur l'environnement de la machine pour une utilisation par d'autres composants du système. Le planificateur de mouvement reçoit des informations fournies par les modules d'exploitation de données, et fournit des
35 commandes de sortie aux contrôleurs.

On connaît aussi le brevet US7499774 décrivant un système de traitement d'un signal de sécurité dans un véhicule autonome. Les signaux de sécurité sont typiquement générés en

réponse à la détection de conditions dangereuses ou sont envoyés par le conducteur du véhicule. Dans les deux cas, les signaux de sécurité sont transmis en utilisant des voies de communication redondantes. Les chemins d'accès comprennent un réseau informatique et d'une boucle de courant. Les signaux de sécurité sont traités, ce qui provoque des actionneurs (par exemple, les liens) pour manipuler les périphériques d'entrée (par exemple, les contrôles d'articulation et d'entraînement des contrôles, comme un accélérateur, frein, mécanisme de direction, accélérateur, changement de vitesses).

Le brevet américain US7415331 décrit également un système pour assurer la sécurité de véhicules autonomes comprenant :

- une pluralité de composants pour effectuer une analyse de la situation, la planification de la mission, la mission replanification, l'exécution du plan de mission, et la collaboration entre les véhicules autonomes;
- un premier dispositif d'identification des composants de sécurité critiques de ladite pluralité de composants;
- un second dispositif de sécurité pour l'identification des composants sensibles de ladite pluralité de composants;
- et un troisième dispositif destiné à isoler ledit composant de sécurité critiques de contamination par d'autres composants de ladite pluralité de composants, ledit troisième dispositif d'isolement des données sensibles de sécurité à partir des composants contaminants non sensibles à la sécurité de ladite pluralité de composants.

On connaît aussi la demande de brevet WO 2013150244 décrivant un système de commande de véhicule comportant des organes de commande humaine générant des signaux de pilotage manuel d'actionneurs du véhicule, un module de commande automatique générant des signaux de pilotage autonome des actionneurs du véhicule et un module de commutation agencé pour sélectionner les signaux de pilotage manuel dans un mode de fonctionnement manuel et les signaux de pilotage autonome dans un mode de fonctionnement autonome. Le module de commande automatique comprend un bloc d'élaboration automatique d'au

moins un signal de pilotage autonome calculé et un bloc de sécurisation agencé pour transmettre au module de commutation un signal de pilotage autonome calculé dans un cas de fonctionnement autonome normal et un signal de pilotage autonome d'urgence dans un cas de fonctionnement autonome anormal.

Inconvénients de l'art antérieur

Les solutions de l'art antérieur ne sont pas totalement satisfaisantes car les architectures proposées concernent un traitement « linéaires » des données, venant de capteurs et sources disparates, dont certaines sont potentiellement erronées ou défaillantes. Avec les architectures proposées, le traitement de telles données erronées ou douteuses est déterministe et peut conduire à des actions inopinées.

Les solutions proposées dans l'art antérieur ne sont pas totalement adaptées aux contraintes sécuritaires très fortes pour le pilotage de véhicules autonomes.

L'environnement du véhicule, intégrant entre autres les aspects météorologiques et atmosphériques mais également le contexte routier, est riche de perturbations.

Il comporte de nombreux facteurs aléatoires donc imprévisibles et les contraintes sécuritaires émanant de ces perturbations environnantes présentent des variantes en nombre infini. Les conditions météorologiques, par exemple, peuvent perturber les capteurs mais le contexte ou la situation de route peut également mettre l'algorithme dans une position qu'il ne peut ou ne sait gérer. On connaît les limites d'un capteur mais on ne connaît pas précisément l'ensemble des situations dans lesquelles les capteurs et leurs intelligences vont atteindre leurs limites.

Les solutions proposées n'associent pas d'étage de décision intelligente s'appuyant en même temps sur le fonctionnel sûr et sur le dysfonctionnel, sans intervention humaine.

Solution apportée par l'invention

Afin de remédier à ces inconvénients, l'invention concerne selon son acception la plus générale un système de pilotage d'un véhicule autonome comportant une pluralité de capteurs de natures différentes, des calculateurs exécutant des programmes informatiques pour la détermination d'informations de conduite déléguée en fonction des données délivrées par lesdits capteurs caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins un module d'arbitrage comprenant un calculateur exécutant un programme informatique pour décider la sélection d'une desdites informations de conduite déléguée en fonction d'une pluralité d'informations représentatives :

- des conditions d'environnement,
- des niveaux de confiance de chacune desdites informations de conduite délégué,
- de la cohérence de variables associées auxdites informations délégués
- de la fiabilité matérielle et logicielle des composants dudit système
- de l'historique de conduite du véhicule,
- et, de préférence, de principes sécuritaires.

Ces principes sécuritaires se traduisent techniquement par une base de règles enregistrée dans une mémoire informatique. Ces règles modélisent les bonnes pratiques, par exemple « arrêt pour laisser passer un piéton » ou « ne pas dépasser la vitesse maximum autorisée » et associent des paramètres de prise de décision. Ces règles sont par exemple regroupées dans la norme ISO26262.

Cette base de règles est exploitée par un processeur modifiant le calcul du niveau de risque, et la conséquence sur les choix techniques.

L'invention permet de répondre aux inconvénients de l'art antérieur par une architecture répartie, avec des calculateurs spécialisés affecté uniquement au traitement des données des capteurs, des calculateurs d'un autre type spécifiquement affectés à l'exécution des programmes informatiques pour la détermination d'informations de conduite

déléguée et un calculateur additionnel pour décider la sélection d'une desdites informations de conduite déléguée.

Les éventuelles perturbations et anomalies concernant un capteur ou une source de données ne se propagent ainsi pas dans l'ensemble des systèmes. Le système présente, avec l'architecture proposée, une grande flexibilité et robustesse par rapport à des dysfonctionnements locaux.

De préférence, le système de pilotage d'un véhicule autonome comporte une pluralité de modules d'arbitrage pour le traitement de groupes de capteurs et des calculateurs associés, comprenant :

- des capteurs de position du véhicule
- des capteurs d'identification de la route sur laquelle se déplace le véhicule
- des capteurs des obstacles dynamiques et statiques
- des capteurs d'infrastructures et de signalisation [feux, panneaux, structure physique de la route,...]

et un module de construction d'une pluralité de trajectoires de déplacement du véhicule en fonction des informations transmises par lesdits modules d'arbitrage.

De préférence, le système comporte en outre un module de décision des informations de conduite déléguée optimales en terme de fiabilité et de sécurité des personnes, en fonction d'une pluralité d'informations du résultat des étapes de calcul desdites informations représentatives et de l'historique de conduite du véhicule et, de préférence, de comportements sécuritaires prédéterminés.

Selon une variante, le module d'arbitrage reçoit en outre des informations provenant d'un moyen de fusion des informations provenant d'une pluralité de capteurs.

Selon une autre variante, le système comporte en outre un module de calcul d'une trajectoire de refuge activé en cas d'impossibilité de détermination d'une trajectoire nominale.

L'invention concerne également un procédé de pilotage d'un véhicule autonome comprenant :

- des étapes d'acquisition d'une pluralité d'informations par des capteurs
- 5 - des étapes de traitement desdites informations acquises pour la détermination d'informations de conduite déléguée
- des étapes d'acquisition des conditions d'environnement,
- des étapes de calcul d'informations représentatives
 - 10 o des niveaux de confiance de chacune desdites informations de conduite déléguée,
 - o de la cohérence de variables associées auxdites informations déléguées
 - o de la fiabilité matérielle et logicielle des composants dudit système
- 15 - des étapes de décision des informations de conduite déléguée optimales en terme de fiabilité et de sécurité des personnes, en fonction d'une pluralité d'informations du résultat des étapes de calcul desdites informations représentatives, de l'historique de conduite du véhicule
- 20 et des règles de comportements sécuritaires (sécurité routière, bonnes pratiques, niveau de risques sécurités des situations de vie).

25 Description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée d'un exemple non limitatif de l'invention qui suit, se référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue schématique de l'architecture d'un système de pilotage d'un véhicule autonome selon l'invention.

L'architecture informatique illustrée par la figure 1 comprend :

- 35 • un premier étage de production de données comprenant :
 - o une pluralité de capteurs embarqués (1 à 3)

- o une pluralité de composants connectés (11 à 13) communiquant avec des sources d'informations extérieures (40)
- un deuxième étage d'exploitation directe des données
5 comprenant des modules d'hyperperception comprenant chacun des ports d'entrée des signaux provenant d'un ou plusieurs capteurs et composants connectés et un ordinateur exécutant un programme d'hyperperception d'objets, pour réaliser les fonctions de :
 - 10 o perception qui permettent au véhicule d'interpréter son environnement et de percevoir des objets statiques ou dynamiques;
 - o localisation qui permettent au véhicule de se situer sur une cartographie;
- 15 • un troisième étage d'exploitation des signaux délivrés par les modules d'hyperperception comprenant :
 - o un module d'hyperplanification nominale (31) réalisant la fonction de planification qui permettent de calculer la trajectoire latérale et longitudinale que le véhicule
20 doit suivre pour calculant un ensemble d'ordres de pilotage
 - o un module d'hyperplanification de secours (32) calculant une solution de repli afin de mettre le véhicule en sécurité même dans les contextes les plus critiques.

25

L'ensemble des traitements est de type déclaratif et non déterministe : à tout moment, les informations utilisées et calculées sont associées à des niveaux de confiances dont la valeur n'est connue qu'au cours de
30 l'exécution des programmes.

Quatre mécanismes de robustesse sont mis en œuvre :

- Redondances intrinsèques concernant les supports physiques de calcul ainsi que les modules de
35 traitement : ces redondances conduisent à des tests de cohérences pouvant donner lieu à des votes majoritaires ;

- Redondances fonctionnelles conditionnées (par les conditions environnementales) et pondérées (par des niveaux de confiance) concernant la production de données et de résultats intermédiaires ;
- 5 • Redondances fonctionnelles concernant la production des résultats de calcul de trajectoires ;
- Utilisation centralisée d'informations croisées et recoupées pour une stratégie de supervision sûre et de décision intelligente.

10

Le système selon l'invention met en œuvre les choix techniques suivants :

- 15 - mise en œuvre, dans le premier étage (5), d'une diversité des capteurs et, dans le deuxième étage (15) de redondances fonctionnelles (15, 25) de perception pour percevoir un même objet de façons différentes. De cette manière, des tests croisés peuvent être réalisés sur ces résultats de perception - au niveau de la fiabilité, de 20 la cohérence et de la confiance associées - afin de faire des comparaisons du point de vue de ces différents critères et de choisir le meilleur résultat de perception.
- 25 - Utilisation, dans le troisième étage (35), de la diversité des moyens de planification, eux-mêmes alimentés par des résultats de perception, pour définir plusieurs trajectoires possibles. De cette manière, des tests croisés peuvent également être réalisés sur ces trajectoires - au niveau de la fiabilité, de la cohérence 30 et de la confiance associée - afin de faire des comparaisons du point de vue de ces différents critères et de choisir les meilleures trajectoires.
- 35 - Utilisation de la diversité des moyens de planification pour assurer toutes les possibilités de repli possible en cas d'urgence, c'est-à-dire la définition de trajectoires de refuge. C'est l'hyperplanification de refuge.
- Croisement du contexte de roulage du véhicule (c'est-à-dire les obstacles, l'infrastructure, l'historique...) avec

les meilleures trajectoires afin de suivre la trajectoire la plus sûre.

De cette manière, le système du véhicule autonome tend à être plus fiable en utilisant le maximum de ces capacités technologiques et fonctionnelles. Mais il devient également plus tolérant aux fautes car capable de les détecter et de s'en prémunir en adaptant continuellement son comportement.

Premier étage

10

Le premier étage (5) comprend les modules (1 à 3) de traitement des signaux provenant de différents capteurs embarqués du véhicule et les modules connectés (4 à 6) recevant des données externes.

15

Plusieurs capteurs et sources détectent le même objet. La fusion de ces données permet de confirmer la perception.

20

Les sources du véhicule autonome sont une base multiple pour la détection de l'environnement. Chaque capteur et chaque source est associée à une information représentative de la fiabilité et du niveau de confiance.

25

Les résultats de détection sont ensuite traités pour être exploitables, par le deuxième étage: la production des variables de perception.

Deuxième étage

30

L'étage (15, 25) d'hyperperception se décompose en deux parties:

35

- La partie « Production de variables de perception » regroupant l'ensemble des algorithmes de perception qui interprètent les détections des capteurs et autres sources et calculent des variables de perception représentative d'un objet.

- La partie « Safe supervision » qui regroupe un ensemble de tests croisés, sur les fiabilités, les erreurs

logicielles et matérielles, les niveaux de confiance et les cohérences algorithmiques. Cet ensemble permet de déterminer l'objet de perception le plus compétitif - c'est-à-dire l'objet qui, en termes de représentativité, de confiance, de fiabilité et d'intégrité - est le meilleur.

A partir de ces résultats de détection et via de nombreux algorithmes, des variables de perception sont calculées. Ces dernières permettront au système de décrire les objets de la scène et de définir, à partir de ceux-ci, une trajectoire sûre pour le véhicule.

Afin de pouvoir satisfaire la méthodologie de sécurité, une variable de perception d'objet doit être donnée par au moins deux algorithmes différents. Une fusion multi-sources, lorsqu'elle est possible, doit également être utilisée pour produire ces variables.

Combinées dans un algorithme intelligent, toutes les approches de fusion impliquant plusieurs capteurs ou autres sources peuvent améliorer les différentes variables de perception. L'ensemble des variables de perception d'objet sont ensuite croisées pour tester leur validité et le niveau de confiance qui peut leur être attribué. C'est la troisième étape.

A ce stade, plusieurs ensembles de variables représentatives d'un même objet ont été calculés. Elles doivent donc être comparées entre elles afin de pouvoir sélectionner la ou les « meilleures ».

Cette sélection se déroule en quatre étapes :

- Le tri des niveaux de confiances qui permet de classer les variables à partir de la corrélation existante sur les niveaux de confiance source/algorithme et des conditions environnementales. Ce test va donc considérer aussi bien le niveau de confiance de l'algorithme qui a calculé la(les) variable(s) que celui de sa(ses) source(s). Il s'agit ici de répondre à la question : quelles variables sont de meilleure qualité, celles qui apparaissent les plus sûres ?

- Le traitement de la fiabilité qui permet de s'assurer que tous les éléments menant à la perception d'un

objet sont intrinsèquement fiables. Cette analyse va alors considérer la fiabilité de tous les hardwares et softwares. Il s'agit de répondre à la question : les objets perçus sont-ils fiables conformément aux principes de sûreté de fonctionnement ?

- L'analyse de la cohérence algorithmique qui compare les différentes variables des objets de perception entre elles, et identifie les incohérences potentielles. Cette analyse met en évidence une variable incohérente ou absurde.
- Il s'agit ici de répondre à la question : quelles variables présentent le maximum de cohérence, pour éliminer celles qui présentent le minimum de cohérence ?

Le calculateur exécute un traitement qui synthétise l'ensemble des résultats et décide du meilleur objet à envoyer à la planification. Il s'agit ici de répondre à la question : quels sont les meilleurs objets en termes de cohérence, de fiabilité et de confiance.

Ce deuxième étage est dédoublé tant du point de vue matériel (calculateurs et bus de communication) que du point de vue logiciel.

Il comprend donc deux calculateurs indépendants, recevant les signaux provenant des capteurs du premier étage par l'intermédiaire de deux bus de communication distincts.

Ce deuxième étage transmet au troisième étage deux fois les mêmes données.

Troisième étage

Le troisième étage (35) d'hyperplanification comprend deux modules (31, 32) de planification du pilotage du véhicule autonome.

Le processus de planification se décompose en trois parties distinctes :

- La partie « Modules d'hyperperception » qui regroupe l'ensemble des fonctions, des hyperperceptions

associées à chaque fonction de perception, ainsi que d'autres modules d'entrée comme des fichiers cartographiques qui permettent de comparer les résultats de localisation à des informations connues par ailleurs, et ainsi de calculer une
5 trajectoire pour le véhicule autonome.

- La partie « Production de trajectoires » qui regroupe l'ensemble des algorithmes de planification et qui calcule les différentes trajectoires que peut emprunter le
10 véhicule autonome. Ce calcul de trajectoire se base sur les fonctions de perception de l'environnement du véhicule.

- La partie « supervision de sécurité et de décision intelligente » qui regroupe un ensemble de tests
15 croisés, sur les fiabilités, les niveaux de confiance et les cohérences algorithmiques. Cet ensemble permet de déterminer la trajectoire la plus compétitive - c'est-à-dire la trajectoire qui, en termes de représentativité, de confiance, de fiabilité et d'intégrité - est la meilleure.

20 Cette partie reçoit les deux séries de signaux provenant du deuxième étage, et décide de la fiabilité matérielle et logicielle des deux séries de signaux pour sélectionner la série de signaux la plus pertinente.

25 Plusieurs algorithmes calculent les trajectoires que le véhicule autonome peut emprunter. Chaque algorithme calcule un type de trajectoire spécifique aux objets de perception qu'il considère. Cependant, il peut calculer une ou
30 plusieurs trajectoires de même type en fonction du nombre de voies que le véhicule peut potentiellement emprunter. Par exemple, si le véhicule se déplace sur un segment de route à double voie, le système de planification peut calculer une trajectoire pour chaque voie.

35 Afin de satisfaire la méthodologie de sécurité mise en place, les algorithmes de calcul de trajectoires doivent envoyer la ou les potentielles trajectoires accompagnées du niveau de confiance et de la fiabilité intrinsèque qui leur

sont associés. Une autre spécificité de la méthodologie de sécurité est d'utiliser un algorithme de fusion multi-perception afin de diversifier davantage les moyens de calcul de trajectoire.

5 A ce stade, plusieurs trajectoires ont été calculées. Elles doivent être comparées entre elles et confrontées au contexte routier (code de la route, historique, infrastructures, obstacles, navigation) afin d'être priorisées.

10 Cette priorisation se déroule en quatre étapes :

 - Le tri des niveaux de confiance qui oriente le choix de la trajectoire uniquement à partir de la corrélation existante entre les niveaux de confiance source/algorithme et les conditions environnementales. Ce test va donc considérer
15 aussi bien le niveau de confiance de l'algorithme qui a calculé la trajectoire que le niveau de confiance de la source de celui-ci. Il s'agit ici de répondre à la question : quelle est la trajectoire de meilleure qualité, en terme de niveau de confiance ?

20 - Le contrôle de la fiabilité qui s'assure que tous les éléments menant à la définition d'une trajectoire sont intrinsèquement fiables. Cette analyse va alors considérer la fiabilité de tous les circuits électroniques et
25 des développements informatiques. Il s'agit de répondre à la question : la trajectoire calculée est-elle conforme aux principes de sûreté de fonctionnement ?

 - L'analyse de la cohérence algorithmique qui
30 compare les trajectoires entre elles et identifie les incohérences qui peuvent exister. Cette analyse met en évidence une trajectoire qui pourrait être incohérente ou absurde. Il s'agit de répondre à la question : quelle trajectoire présente le maximum de cohérence ?

35 - La décision intelligente de sécurité qui synthétise l'ensemble des résultats et décide de la ou des meilleures trajectoires, en terme de sécurité des personnes dans une situation de vie donnée. Il s'agit donc ici de

répondre à la question : quelle est la meilleure trajectoire que le véhicule peut emprunter en garantissant la sécurité des personnes ?

5 Cette sélection est influencée par l'historique du trajet suivi par le véhicule autonome, du trafic, des types d'infrastructure, des comportements de bonnes pratiques de la sécurité routière, du code de la route et de la criticité des risques potentiels associés à chaque trajectoire, tel que par exemple définis par la norme ISO26262. Ce choix intègre
10 l'hyperplanification du mode refuge.

L'algorithme de choix comportemental est une dernière couche d'intelligence qui analyse toutes les stratégies possibles et opte pour la plus sécurisante et la
15 plus « confortable ». Il va donc choisir la trajectoire la plus adaptée pour le véhicule et la vitesse qui devra l'accompagner.

Le module (32) d'hyperplanification de refuge
20 calcule une trajectoire refuge nécessite également d'être calculée afin d'assurer toutes les possibilités de repli envisageables en cas d'urgence. Cette trajectoire est calculée à partir des objets de perception déterminés suivant la méthodologie de l'hyperperception et de l'hyperplanification,
25 mais considérés dans ce cas pour une alternative en mode refuge.

Revendications

1 - Système de pilotage d'un véhicule autonome
comportant une pluralité de capteurs (1 à 6) de natures
différentes, des calculateurs exécutant des programmes
5 informatiques pour la détermination d'informations de conduite
déléguée en fonction des données délivrées par lesdits
capteurs

caractérisé en ce qu'il comporte en outre au moins
un module d'arbitrage (15) comprenant un calculateur exécutant
10 un programme informatique pour décider la sélection d'une
desdites informations de conduite déléguée en fonction d'une
pluralité d'informations représentatives :

- des conditions d'environnement,
- des niveaux de confiance de chacune desdites informations
15 de conduite déléguée,
- de la cohérence de variables associées auxdites
informations déléguées
- de la fiabilité matérielle et logicielle des composants
dudit système
- 20 • de l'historique de conduite du véhicule.

2 - Système de pilotage d'un véhicule autonome
selon la revendication 1 caractérisé en ce que le programme
informatique pour décider la sélection d'une desdites
25 informations de conduite déléguée prend en compte en outre des
informations représentatives de règles de comportements
sécuritaires.

3 - Système de pilotage d'un véhicule autonome
30 selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une
pluralité de modules d'arbitrage pour le traitement de groupes
de capteurs et des calculateurs associés, comprenant :

- des capteurs de position du véhicule
- des capteurs d'identification de la route sur laquelle se
35 déplace le véhicule
- des capteurs des obstacles dynamiques et statiques

- des capteurs d'infrastructures et de signalisation [feux, panneaux, structure physique de la route,...]

et un module de construction d'une pluralité de trajectoires de déplacement du véhicule en fonction des informations transmises par lesdits modules d'arbitrage.

4 - Système de pilotage d'un véhicule autonome selon la revendication 2 caractérisé en ce qu'il comporte en outre un module de décision des informations de conduite déléguée optimales en terme de fiabilité et de sécurité des personnes, en fonction d'une pluralité d'informations du résultat d'étapes de calcul desdites informations représentatives de l'historique de conduite du véhicule et de règles de comportements sécuritaires.

15

5 - Système de pilotage d'un véhicule autonome selon l'une au moins des revendications précédentes, caractérisé en ce que le module d'arbitrage reçoit en outre des informations provenant d'un moyen de fusion des informations provenant d'une pluralité de capteurs.

20

6 - Système de pilotage d'un véhicule autonome selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un module de calcul d'une trajectoire de refuge activé en cas d'impossibilité de calcul d'une trajectoire nominale.

25

7 - Procédé de pilotage d'un véhicule autonome comprenant :

30

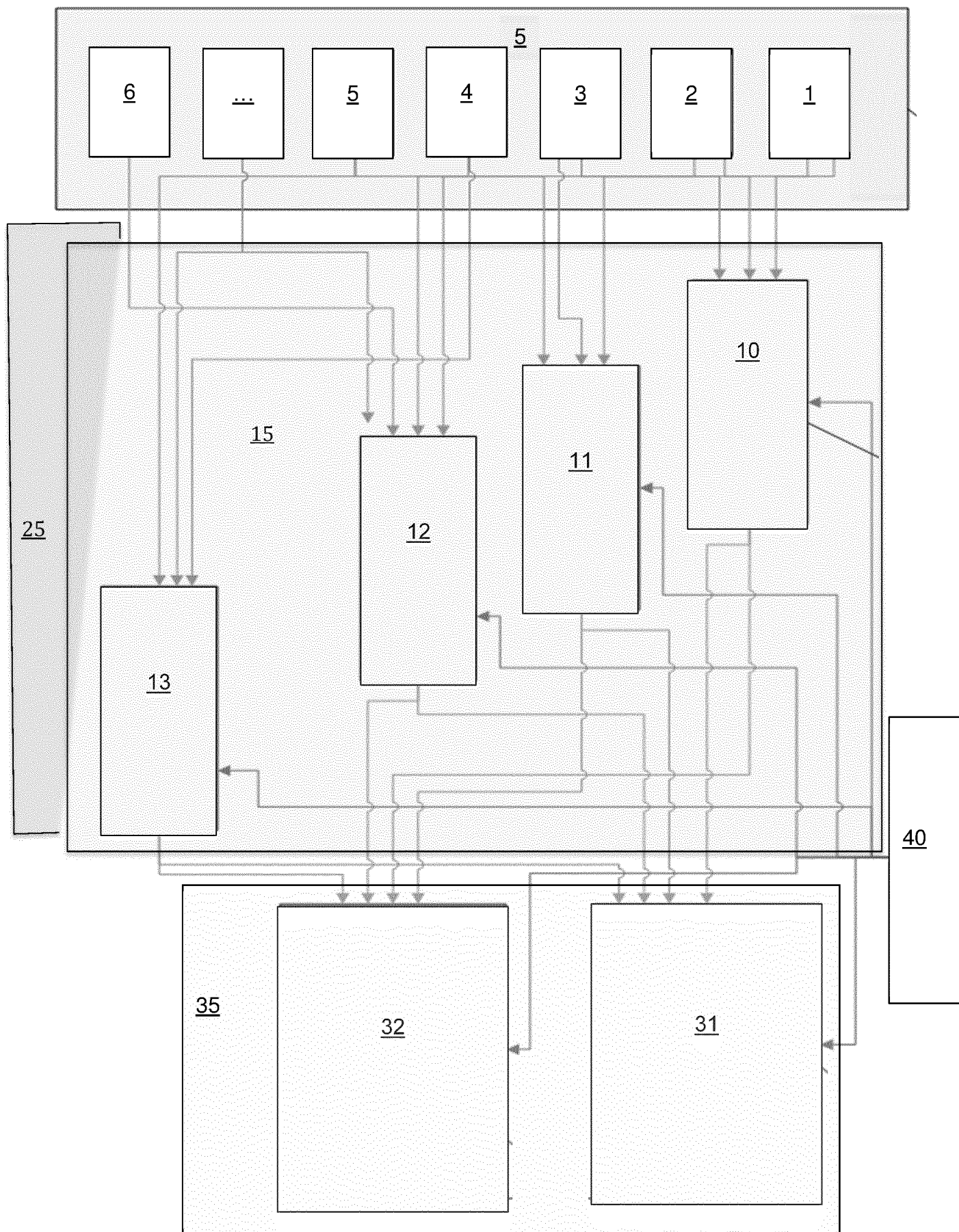
- des étapes d'acquisition d'une pluralité d'informations par des capteurs
- des étapes de traitement desdites informations acquises pour la détermination d'informations de conduite déléguée
- des étapes d'acquisition des conditions d'environnement,
- des étapes de calcul d'informations représentatives
 - o des niveaux de confiance de chacune desdites informations de conduite déléguée,
 - o de la cohérence de variables associées auxdites informations déléguées

35

- o de la fiabilité matérielle et logicielle des composants dudit système
- des étapes de décision des informations de conduite déléguée optimales en terme de fiabilité et de sécurité des personnes, en fonction d'une pluralité d'informations du résultat des étapes de calcul desdites informations représentatives, de l'historique de conduite du véhicule et des règles de comportements sécuritaires.

1/1

Fig. 1





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 829119
FR 1657337

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 2014/044480 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 mars 2014 (2014-03-27) * le document en entier *	1-7	G05D1/00 G01C23/00 B60W50/02
X	US 2005/021201 A1 (KLOTZ ALBRECHT [DE] ET AL) 27 janvier 2005 (2005-01-27) * le document en entier *	1,7	
A	US 2010/104199 A1 (ZHANG WENDE [US] ET AL) 29 avril 2010 (2010-04-29) * le document en entier *	1-7	
A	US 8 930 060 B1 (LU JIANBO [US] ET AL) 6 janvier 2015 (2015-01-06) * le document en entier *	1-7	
A	EP 2 865 575 A1 (HONDA RES INST EUROPE GMBH [DE]) 29 avril 2015 (2015-04-29) * le document en entier *	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G05D B60W
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
31 mars 2017		Thomann, Jérôme	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

2

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1657337 FA 829119**

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 **31-03-2017**

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 2014044480 A2	27-03-2014	CN 104937512 A	23-09-2015
		DE 102012217002 A1	27-03-2014
		EP 2898383 A2	29-07-2015
		US 2015246678 A1	03-09-2015
		WO 2014044480 A2	27-03-2014

US 2005021201 A1	27-01-2005	DE 10133945 A1	06-02-2003
		EP 1412773 A1	28-04-2004
		US 2005021201 A1	27-01-2005
		WO 03008995 A1	30-01-2003

US 2010104199 A1	29-04-2010	CN 101966846 A	09-02-2011
		DE 102009050503 A1	18-11-2010
		US 2010104199 A1	29-04-2010

US 8930060 B1	06-01-2015	CN 104290750 A	21-01-2015
		DE 102014212962 A1	15-01-2015
		MX 339796 B	10-06-2016
		US 8930060 B1	06-01-2015

EP 2865575 A1	29-04-2015	EP 2865575 A1	29-04-2015
		JP 2015081083 A	27-04-2015
		US 2015112570 A1	23-04-2015
