

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

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
10 avril 2014 (10.04.2014)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2014/053735 A2

- (51) Classification internationale des brevets :  
B60W 30/08 (2012.01) B60W 40/09 (2012.01)  
B60W 30/095 (2012.01) B60W 40/10 (2012.01)  
B60W 40/04 (2006.01) G08G 1/16 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2013/052218
- (22) Date de dépôt international :  
24 septembre 2013 (24.09.2013)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :  
1259493 5 octobre 2012 (05.10.2012) FR
- (71) Déposants : RENAULT S.A.S. [FR/FR]; 13-15 quai Le Gallo, F-92100 Boulogne-Billancourt (FR). INRIA - INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE EN INFORMATIQUE ET EN AUTOMATIQUE [FR/FR]; Domaine de Voluceau-Rocquencourt, F-78150 Le Chesnay (FR).
- (72) Inventeurs : LEFEVRE, Stéphanie; 12 bis chemin de la Vie Vieille, F-31370 Cugnaux (FR). IBANEZ-GUZMAN, Javier; 100 route de Boulard, F-78125 Raizeux (FR). LAUGIER, Christian; 230 route de la Doux, F-38330 Montbonnot-Saint-Martin (FR).

- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :  
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD FOR ASSESSING THE RISK OF COLLISION AT AN INTERSECTION

(54) Titre : PROCÉDE D'EVALUATION DU RISQUE DE COLLISION A UNE INTERSECTION

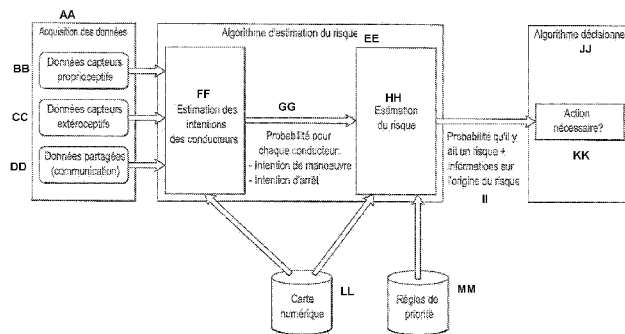


Fig. 1

- AA Data acquisition  
BB Proprioceptive sensor data  
CC Exteroceptive sensor data  
DD Shared data (communication)  
EE Risk-estimation algorithm  
FF Estimation of driver intentions  
GG Probability for each driver: intention to manoeuvre, intention to stop  
HH Risk estimation  
II Probability of there being a risk + information on the source of the risk  
JJ Decision-making algorithm  
KK Action required?  
LL Digital map  
MM Priority rules

(57) Abstract : The invention relates to a method for assessing the risk of collision between a first vehicle approaching an intersection and at least one second vehicle driving through said intersection, said first vehicle being provided with a measurement means and a computing means. The method according to the invention is mainly characterised in that same includes the following steps: a step of determining the respective positions of said first vehicle and each second vehicle, a step of estimating the intentions of the driver of said first vehicle and of each second vehicle, a step of estimating the need for the first vehicle and for each second vehicle to stop in accordance with the results provided by the two preceding steps and the traffic rules applicable to said intersection, and a step of estimating the risk of collision between the first vehicle and each second vehicle.

(57) Abrégé : L'invention se rapporte à un procédé d'évaluation du risque de collision entre un premier véhicule s'approchant d'une intersection et au moins un deuxième véhicule évoluant au niveau de ladite intersection, ledit premier véhicule étant doté de moyens de mesure et de moyens de calcul. La principale caractéristique d'un procédé selon l'invention est qu'il comprend les étapes

[Suite sur la page suivante]

---

suivantes: -une étape de détermination des positions respectives dudit premier véhicule et de chaque deuxième véhicule, -une étape d'estimation des intentions du conducteur dudit premier véhicule et de chaque deuxième véhicule, -une étape d'estimation de la nécessité d'arrêt pour le premier véhicule et pour chaque deuxième véhicule à partir des résultats fournis par les deux étapes précédentes et des règles de la circulation en vigueur à ladite intersection, -une étape d'estimation du risque de collision entre le premier véhicule et chaque deuxième véhicule.

## PROCEDE D'EVALUATION DU RISQUE DE COLLISION A UNE INTERSECTION

5 L'invention se rapporte à un procédé d'évaluation du risque de collision à une intersection.

Les intersections sont les zones les plus dangereuses du réseau routier. A titre d'exemple, en 2004, 43% des accidents en Europe ont eu lieu au niveau d'une intersection. Ce sont aussi des zones particulièrement anxiogènes, 10 surtout pour les conducteurs âgés, qui ont parfois du mal à analyser la scène et à prendre une décision adaptée au contexte de la situation. Il y a donc un grand intérêt à développer des systèmes sécuritaires, capables d'estimer précisément le risque d'une collision à une intersection. De tels systèmes peuvent être utilisés pour augmenter la conscience situationnelle du 15 conducteur, qui approche puis traverse une intersection, et peuvent ainsi réduire le stress causé par la présence de ladite intersection et améliorer la sécurité dans ces zones.

Le problème technique peut se résumer de la manière suivante. Un véhicule accumule au cours du temps :

- 20 - des informations sur son état par l'intermédiaire de ses capteurs proprioceptifs, comme par exemple un navigateur GPS (*de l'anglais* Global Positioning System) ou des données circulant sur son bus CAN (*de l'anglais*, Control Area Network),
- et des informations sur son environnement,
- 25     o via ses capteurs extéroceptifs embarqués, comme par exemple une camera ou un radar, et/ou
- o via un lien de communication avec les autres véhicules et/ou avec des bornes de communication intégrées à l'infrastructure routière, comme par exemple un standard de 30 communication de type IEEE 802.11p.

Le véhicule dispose également d'une carte numérique statique de l'environnement, qui peut prendre plusieurs formes, comme par exemple unecarte 2D du réseau routier ou un nuage de points 3D de l'environnement.

Cette carte contient des informations sur le contexte, par exemple sur les routes, sur les voies, ainsi que sur la réglementation en vigueur à chaque intersection, comme par exemple la limitation de la vitesse et/ou la présence d'un panneau de signalisation.

5 Pour estimer le risque d'une collision à une intersection, il est donc nécessaire de fusionner toutes ces informations et données dans l'espace et dans le temps, afin de reconstruire la situation réelle et donc d'évaluer les dangers potentiels.

Or, une difficulté souvent rencontrée en procédant de cette manière, 10 réside dans le fait que ces données et informations sont incertaines, dues en particulier à des erreurs de mesure inhérentes aux capteurs, à des erreurs de localisation, et à des erreurs de carte. De plus, les intersections demeurent des zones complexes dans lesquelles l'évolution dans le temps d'un véhicule est plus dépendante de l'intention du conducteur que des caractéristiques 15 physiques du véhicule, ceci rendant l'interprétation des données difficile et sujette à de nombreuses incertitudes.

Généralement, pour estimer le risque d'une collision à une intersection, les méthodes proposées reposent sur des modèles physiques, qui peuvent être dynamiques ou cinématiques, des véhicules pour prédire leurs trajectoires 20 futures. Le risque est ainsi calculé comme une fonction de l'occurrence d'une collision sur ces trajectoires futures. Ce type de méthode présente deux limites :

- elle n'est applicable que pour les collisions à court terme, car les modèles physiques ne sont valides qu'à court terme. En effet, pour être 25 capable de prédire de manière fiable les trajectoires à plus long terme, il faudrait raisonner à plus haut niveau, en intégrant par exemple l'intention de manœuvre des conducteurs, et prendre en compte le contexte, comme par exemple la géométrie et la topologie de l'intersection ainsi que les règles de la circulation.

30 - elle est coûteuse en temps de calcul, en raison de la prédiction des trajectoires potentielles de tous les véhicules présents à l'intersection, et de la détection des points d'intersection entre ces trajectoires, la

longueur de ce temps de calcul étant incompatible avec les contraintes de temps réel des applications sécuritaires.

D'autres méthodes plus complètes, comme par exemple, celle qui est décrite dans la demande de brevet US2012/0016581, reposent sur la prise en  
5 compte de l'intention du conducteur à l'approche de l'intersection, en supposant par exemple, qu'il va tourner à droite ou à gauche, ou bien aller tout droit. L'évaluation des situations potentiellement dangereuses s'effectue alors en associant cette intention à la prédiction des trajectoires de tous les  
10 véhicules présents à l'intersection, et en évaluant les points d'intersection de ces trajectoires. Bien que plus complète et plus précise que les méthodes ci-avant mentionnées, cette méthode demeure très consommatrice en temps de calcul, et n'apparaît pas plus adaptée pour mettre en œuvre instantanément des applications sécuritaires.

Les procédés d'évaluation du risque de collision à une intersection  
15 selon l'invention, proposent un diagnostic rigoureux et précis en matière d'évaluation dudit risque tout en mettant en œuvre une phase de calcul écourtée, tout à fait compatible avec les contraintes de temps réel des applications sécuritaires. Autrement dit, lesdits procédés allient qualité et performance, avec une rapidité d'exécution améliorée.

20 L'invention a pour objet un procédé d'évaluation du risque de collision entre un premier véhicule s'approchant d'une intersection et au moins un deuxième véhicule évoluant au niveau de ladite intersection, ledit premier véhicule étant doté de moyens de mesure et de moyens de calcul.

La principale caractéristique d'un procédé selon l'invention est qu'il  
25 comprend les étapes suivantes,

- une étape de détermination des positions respectives dudit premier véhicule et dudit deuxième véhicule,
- une étape d'estimation des intentions du conducteur dudit premier véhicule et dudit deuxième véhicule, en matière d'arrêt ou non à  
30 l'entrée de l'intersection et en matière de manœuvre pour estimer

la direction que compte prendre chacun desdits conducteurs à la sortie de ladite intersection,

- une étape d'estimation de la nécessité d'arrêt pour le premier véhicule et ledit deuxième véhicule à partir des résultats fournis par les deux étapes précédentes et des règles de la circulation en vigueur à ladite intersection,

5

- une étape d'estimation du risque de collision entre le premier véhicule et ledit deuxième véhicule, ladite estimation étant fondée sur une comparaison entre l'intention d'arrêt de chaque véhicule et la nécessité d'arrêt de ceux-ci.

10

Un tel procédé permet d'estimer un risque de collision du premier véhicule avec au moins un deuxième véhicule, sans avoir à évaluer les trajectoires potentielles desdits véhicules et à déterminer leur point d'intersection. Ce procédé évite ainsi l'utilisation de calculs trop longs et trop lourds, qui peuvent constituer des sources d'erreur, et est parfaitement adapté aux contraintes de temps réel des applications sécuritaires. Il est supposé que le premier véhicule constitue le véhicule source, et qu'il est doté de moyens de mesures et de calculs pour mettre en œuvre les différentes étapes du procédé selon l'invention. Le terme « deuxième » est utilisé pour distinguer le premier véhicule des autres véhicules qui évoluent au niveau de l'intersection. De même le terme « évoluer » signifie que le deuxième véhicule peut entrer dans l'intersection, ou être à l'arrêt au niveau de ladite intersection ou qu'il peut en sortir par une voie identifiée. Le deuxième véhicule peut également être situé sur la même voie d'accès à l'intersection que celle sur laquelle se trouve le premier véhicule, ledit deuxième véhicule étant placé devant ledit premier véhicule. Les règles de circulation en vigueur à l'intersection peuvent être matérialisées par tout type de panneaux de signalisation, ou par des feux. Il est supposé qu'un tel procédé est piloté par un calculateur embarqué, comme par exemple une unité centrale de calcul servant à gérer tous les équipements électriques ou électroniques du véhicule, ledit calculateur possédant le logiciel adapté.

15

20

25

30

Avantageusement, les règles de circulation en vigueur à ladite intersection sont communiquées au premier véhicule par au moins un moyen d'information à choisir parmi une carte numérique statique de l'environnement, une communication entre le premier véhicule et des bornes  
5 de communication situées sur l'infrastructure, et des capteurs extéroceptifs.

De façon préférentielle, les règles de circulation en vigueur sont indiquées par au moins un moyen à choisir parmi un panneau de signalisation et par des feux de signalisation, lesdites règles fournissant au moins une information à choisir parmi une vitesse limite autorisée au niveau de  
10 l'intersection, une signalisation d'arrêt, une signalisation de sens interdit et une signalisation de cession de passage.

Préférentiellement, l'estimation du risque de collision correspond au calcul de la probabilité qu'un des véhicules n'ait pas l'intention de s'arrêter alors qu'il le devrait. En effet, à titre d'exemple, le risque de collision est  
15 important si un deuxième véhicule devant s'arrêter à l'intersection en raison de la présence d'un stop, ne marque pas cet arrêt en continuant de rouler à vitesse réduite.

De façon avantageuse, l'étape de détermination des positions respectives du premier véhicule et dudit deuxième véhicule est complétée par  
20 une étape de détermination d'au moins un paramètre supplémentaire concernant le premier véhicule et ledit deuxième véhicule, à choisir parmi l'orientation desdits véhicules, leur vitesse et les actions du conducteur sur les commandes du véhicule. Cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par d'autres paramètres, qui seraient disponibles et qui pourraient  
25 apporter des précisions supplémentaires sur l'état des véhicules en présence. A titre d'exemple, les actions du conducteur sur les commandes peuvent être représentées par une pression sur la pédale de frein ou la pédale d'accélérateur.

Avantageusement, l'étape de détermination des positions du premier  
30 véhicule et dudit deuxième véhicule ainsi que l'étape de détermination d'au moins un paramètre supplémentaire sont réalisées par l'intermédiaire de

capteurs de mesure proprioceptifs et extéroceptifs embarqués sur le premier véhicule, ou par l'intermédiaire d'un lien de communication sans fil entre les véhicules. Il est rappelé que les capteurs proprioceptifs sont intégrés au premier véhicule et qu'ils apportent des renseignements sur l'état propre dudit

5 véhicule, et que les capteurs extéroceptifs sont également embarqués dans le premier véhicule et qu'ils apportent des renseignements sur chaque deuxième véhicule. Le lien de communication sans fil permet l'échange d'informations entre les véhicules et/ou entre les véhicules et des bornes présentes sur l'infrastructure. Par exemple, le standard de communication IEEE 802.11p

10 peut être utilisé.

De façon préférentielle, les capteurs proprioceptifs comprennent au moins un capteur à choisir parmi un navigateur de type GPS (de l'anglais *Global Positioning System*) et des données circulant sur un bus de type CAN (de l'anglais *Controller Area Network*). Cette liste n'est pas exhaustive et peut

15 intégrer notamment d'autres types de navigateurs avec des technologies différentes.

Préférentiellement, les capteurs extéroceptifs comprennent au moins un capteur à choisir parmi une caméra embarquée, un radar, et un laser.

De façon avantageuse, un procédé d'évaluation du risque selon l'invention, est piloté par une unité centrale de calcul embarquée dans le

20 premier véhicule. L'unité centrale de calcul pilote tous les équipements électriques et électroniques présents dans un véhicule. Il suffit de lui adjoindre un logiciel adapté, prenant en compte les différentes étapes dudit procédé, pour pouvoir piloter lesdites étapes et apporter un diagnostic précis sur le

25 risque de collision entre le premier véhicule et chaque deuxième véhicule.

Avantageusement, le procédé comprend une étape de prise de décision ayant pour but d'agir sur le comportement routier du véhicule afin de l'adapter au risque détecté. En effet, l'un des intérêts majeurs d'un procédé d'évaluation selon l'invention est une modification du comportement routier du véhicule,

30 afin de sécuriser le véhicule ainsi que les occupants dudit véhicule. La modification peut être obtenue par le biais d'une action automatique sur les

commandes du véhicule, ou par le biais d'un message adressé au conducteur du véhicule. Ce message peut prendre la forme d'un signal à choisir parmi un signal visuel, sonore, ou haptique.

Un procédé d'évaluation du risque selon l'invention présente l'avantage  
5 d'être rapide, précis et donc parfaitement compatible avec les contraintes de temps réel liées aux applications sécuritaires. Autrement dit, si une situation de danger est détectée à l'approche d'une intersection par l'intermédiaire de ce procédé, un système avancé d'aide à la conduite de type ADAS, peut par exemple, procéder à une opération de freinage automatique. De plus, en  
10 raisonnant sur les intentions des conducteurs plutôt que sur la trajectoire des véhicules, un procédé selon l'invention permet une meilleure analyse de la scène, et une prédiction plus fiable des collisions à long terme. Enfin, un procédé selon l'invention a l'avantage de se fonder sur une approche probabiliste, permettant la prise en compte des incertitudes sur les données  
15 d'entrée et sur l'interprétation de ces données.

On donne, ci-après, une description détaillée d'un mode de réalisation préféré d'un procédé d'évaluation du risque de collision entre deux véhicules à une intersection, en se référant aux figures 1 à 3.

- 20 - La figure 1 est une vue synoptique détaillant les différentes étapes d'un procédé selon l'invention,
- La figure 2 est une vue schématique d'une première situation à une intersection,
- La figure 3 est une vue schématique d'une deuxième situation à une intersection.

25 Il est supposé qu'un procédé d'évaluation du risque selon l'invention est réalisé dans le premier véhicule par l'intermédiaire de moyens de mesure et de moyens de calcul, et est piloté par une unité centrale de calcul, qui est un organe central gérant les équipements électriques et électroniques du véhicule.

Un tel procédé d'évaluation du risque de collision entre un premier véhicule et au moins un deuxième véhicule évoluant au niveau d'une intersection, par exemple pour tous véhicules évoluant à une distance inférieure à 500m de l'intersection et sur une voie d'accès à ladite intersection,

5 comprend les étapes suivantes :

- une étape de détermination des positions respectives dudit premier véhicule et de chaque deuxième véhicule, et de différents paramètres permettant de renseigner sur l'état de chacun desdits véhicules,
- 10 - une étape d'estimation des intentions du conducteur dudit premier véhicule et de chaque deuxième véhicule, en matière d'arrêt ou non à l'entrée de l'intersection et en matière de manœuvre pour estimer la direction que compte prendre chacun desdits conducteurs à la sortie de ladite intersection,
- 15 - une étape d'estimation de la nécessité d'arrêt pour le premier véhicule et pour chaque deuxième véhicule à partir des résultats fournis par les deux étapes précédentes et des règles de la circulation en vigueur à ladite intersection,
- 20 - une étape d'estimation du risque de collision du premier véhicule avec chaque deuxième véhicule, à partir des résultats fournis par les deux étapes précédentes, ladite estimation étant basée sur une comparaison entre l'intention d'arrêt de chaque véhicule et la nécessité d'arrêt de ceux-ci,
- 25 - une étape de prise de décision ayant pour but d'agir sur le comportement routier du véhicule afin de l'adapter au risque détecté. Cette prise de décision peut se traduire par une action automatique sur des commandes du véhicule, ou par un message adressé au conducteur du véhicule. Ce message peut prendre la
- 30 forme d'un signal à choisir parmi un signal visuel, sonore, ou haptique. Les commandes du véhicules comportent, par exemple,

l'état des clignotants, la pédale d'accélérateur la pédale de frein et le cas échéant la pédale d'embrayage et le rapport de la boîte de vitesse engagé.

En se référant à la figure 1, l'étape de détermination des positions  
5 respectives dudit premier véhicule et de chaque deuxième véhicule, et de différents paramètres permettant de renseigner sur l'état de chacun desdits véhicules, consiste en une étape d'acquisition de données réalisée par l'intermédiaire de capteurs proprioceptifs, de capteurs extéroceptifs et de données partagées. Cette étape d'acquisition de données permet au premier  
10 véhicule d'accumuler au cours du temps des informations sur son propre état et sur son environnement statique et dynamique. Le nombre de capteurs ainsi que leur type n'est pas limité, la seule contrainte étant que lesdits capteurs doivent donner au moins une mesure de la position du premier véhicule et de chaque deuxième véhicule. Cependant, toute information supplémentaire  
15 renseignant sur l'état de chaque véhicule, est utile car elle permettra une meilleure estimation des intentions des conducteurs. A titre d'exemple, les capteurs proprioceptifs peuvent être constitués par un navigateur de type GPS, ou par des données circulant sur un bus CAN. Les capteurs extéroceptifs peuvent être représentés par exemple, par une caméra et/ou un radar et/ou  
20 un laser. Les données partagées peuvent être obtenues grâce à un lien de communication avec les autres véhicules et/ou un lien de communication avec des bornes intégrées dans l'infrastructure routière, comme par exemple un standard de communication de type IEEE 802.11p. En dehors de la position de chaque véhicule, d'autres paramètres, comme par exemple, l'orientation dans  
25 l'espace desdits véhicules, leur vitesse et les actions du conducteur sur les commandes du véhicule, peuvent constituer des sources d'information déterminantes qui permettront d'évaluer l'intention de chaque conducteur à l'intersection.

Grâce aux informations et aux données collectées lors de l'étape  
30 précédente, le procédé selon l'invention met en œuvre une étape d'estimation des intentions du conducteur dudit premier véhicule et de chaque deuxième véhicule, en matière d'arrêt ou non à l'entrée de l'intersection et en matière de

manœuvre pour estimer la direction que compte prendre chacun desdits conducteurs à la sortie de ladite intersection. En effet, il est important de savoir si un véhicule compte s'arrêter ou non à une intersection et quelle direction il a l'intention de prendre une fois qu'il se retrouve à l'intersection, 5 pour évaluer le risque de collision. La première étape d'acquisition de données permet ainsi d'anticiper l'intention de chaque conducteur de s'arrêter ou non à l'intersection, et de connaître la direction qu'il souhaite prendre à la sortie de l'intersection.

L'étape d'estimation de la nécessité d'arrêt pour le premier véhicule et 10 pour chaque deuxième véhicule s'effectue à partir des résultats fournis par les deux étapes précédentes et des règles de la circulation en vigueur à ladite intersection. Les règles de circulation en vigueur à l'intersection peuvent être matérialisées par des panneaux de signalisation comme par exemple un stop, un sens interdit, une cession de passage ou une vitesse maximale autorisée, 15 et/ou par des feux de signalisation. Ces règles de circulation en vigueur à ladite intersection, sont communiquées au premier véhicule par des moyens d'information comme par exemple, une carte numérique statique de l'environnement, une communication entre le premier véhicule et des bornes de communication situées sur l'infrastructure routière, et des capteurs 20 extéroceptifs comme un radar ou une caméra embarquée.

L'étape d'estimation du risque de collision entre le premier véhicule et chaque deuxième véhicule, est réalisée au moyen d'une comparaison entre l'intention d'arrêt de chaque véhicule et la nécessité d'arrêt de ceux-ci.

L'intention des conducteurs est estimée en fusionnant de manière 25 probabiliste les données disponibles sur les véhicules et sur le contexte, ce qui permet de prendre en compte les incertitudes sur les données et sur l'interprétation de ces données. Cette étape permet d'accéder à une description sémantique de la scène en répondant notamment à la question : Qui a l'intention de faire quoi, et avec quelle probabilité ?

30 Des modèles probabilistes d'écart de temps acceptable (en anglais *gap acceptance*) existent déjà dans la littérature, et permettent de calculer la

probabilité qu'un véhicule n'ayant pas la priorité ait suffisamment de temps pour exécuter sa manœuvre avant l'arrivée d'un véhicule prioritaire. En combinant ces modèles avec les règles de la circulation en vigueur à l'intersection, l'approche estime de manière probabiliste si un véhicule devrait  
5 s'arrêter à l'intersection ou pas.

Si on prend comme exemple une situation où un premier véhicule A s'approche d'une intersection de type cédez-le-passage, l'estimation de la nécessité d'arrêt pour ce véhicule est définie comme suit :

1. Projection de la position du véhicule A jusqu'au temps  $t_A$  où il atteint  
10 l'entrée de l'intersection. On peut par exemple utiliser pour cela un modèle de type « vitesse constante ».

2. Réaliser la même opération pour tous les deuxièmes véhicules B ayant priorité par rapport au véhicule A. Autrement dit, réitérer la réalisation de la projection de la position de chaque véhicule B qui est prioritaire sur le  
15 véhicule A, jusqu'au temps  $t_B$  où il atteint l'entrée de l'intersection. On peut également utiliser un modèle de type « vitesse constante » pour les véhicules B.

3. Identifier le plus petit intervalle de temps disponible pour le véhicule A pour effectuer sa manœuvre avant l'arrivée de chaque véhicule prioritaire B,  
20 en comparant les temps  $t_A$  et  $t_B$  pour chaque véhicule B prioritaire.

4. La nécessité d'arrêt pour le véhicule A est calculé comme la probabilité que l'intervalle de temps calculé à l'étape précédente ne soit pas suffisant pour effectuer la manœuvre. On peut pour cela utiliser un modèle probabiliste d'écart de temps acceptable (en anglais *gap acceptance*).

25 Enfin, un procédé d'évaluation du risque de collision incorpore une étape de prise de décision ayant pour but d'agir sur le comportement routier du véhicule afin de l'adapter au risque détecté. A titre d'exemple, si la probabilité de collision calculée pour le premier véhicule est élevée, mais que la vitesse dudit véhicule demeure constante à l'approche de l'intersection, un  
30 système avancé d'aide à la conduite pourra actionner automatiquement la pédale de frein pour stopper le véhicule, ou pour réduire considérablement sa vitesse.

La figure 2 illustre un exemple de scénario dangereux à une intersection. Les véhicules 1 et 3 approchent de l'intersection à vitesse constante et ont la priorité d'après la signalisation. Le véhicule 4 est arrêté au stop. Le véhicule 2 est avancé et se retrouve à moitié sur la voie empruntée par les véhicules 1 et 3, et il est supposé que sa vitesse augmente.

- Acquisition des données

Les capteurs fournissent des données sur les positions successives des véhicules, et potentiellement des informations sur leur orientation, leur vitesse, l'état de leur clignotant, etc.

- 10 • Algorithme d'estimation du risque

- Estimation des intentions des conducteurs

En combinant les informations disponibles sur les véhicules, sur la géométrie de l'intersection et sur la signalisation, un procédé selon l'invention va permettre d'estimer de manière probabiliste que l'intention des conducteurs 1 et 3 est de traverser l'intersection sans s'arrêter, que l'intention du conducteur 4 est de céder le passage au conducteur 3, et que l'intention du conducteur 2 est de tourner à droite sans attendre.

- Estimation du risque

En comparant les intentions estimées avec les règles de circulation en vigueur à l'intersection, un procédé selon l'invention permet de calculer la probabilité que les intentions des conducteurs soient en conflit avec les règles de priorités. Cette probabilité sera faible pour les conducteurs 1, 3, 4, et élevée pour le conducteur 2 car il ne dispose pas de suffisamment de temps pour effectuer sa manœuvre avant l'arrivée du véhicule 1 à l'intersection.

- Algorithme de décision :

Une décision est nécessaire car la probabilité que le véhicule 2 représente un danger est grande. L'action à entreprendre dépendra de plusieurs facteurs : la valeur du risque, la configuration de la situation en évaluant s'il y a un risque de collision imminente ou pas, la vitesse des véhicules concernés, des moyens d'avertissement ou de contrôle disponibles sur le véhicule, comme par exemple, un avertisseur visuel, ou sonore, ou haptique, un actionneur des éléments de freinage automatique du véhicule.

La figure 3 illustre un exemple de scénario non dangereux à une intersection. Les véhicules 1 et 3 approchent de l'intersection à vitesse constante et ont la priorité. Les véhicules 2 et 4 sont arrêtés au stop.

5 • Acquisition des données

Cette étape se déroule à l'identique de celle décrite pour le scénario dangereux ci-avant.

• Algorithme d'estimation du risque

○ Estimation des intentions des conducteurs

10 Pour le présent cas, le procédé selon l'invention, va permettre d'estimer de manière probabiliste que l'intention du conducteur 2 est de céder le passage au conducteur 1.

○ Estimation du risque

15 La probabilité que les intentions des conducteurs soient en conflit avec les règles de priorités sera faible pour tous les conducteurs.

• Algorithme de décision :

Une action n'est pas nécessaire car aucun des véhicules ne représente un danger.

### **REVENDEICATIONS**

1. Procédé d'évaluation du risque de collision entre un premier véhicule s'approchant d'une intersection et au moins un deuxième véhicule évolvant au niveau de ladite intersection, ledit premier véhicule étant  
5           doté de moyens de mesure et de moyens de calcul, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes,
  - une étape de détermination des positions respectives dudit premier véhicule et dudit deuxième véhicule,
  - 10           - une étape d'estimation des intentions du conducteur dudit premier véhicule et dudit deuxième véhicule, en matière d'arrêt ou non à l'entrée de l'intersection et en matière de manœuvre pour estimer la direction que compte prendre chacun desdits conducteurs à la sortie de ladite intersection,
  - 15           - une étape d'estimation de la nécessité d'arrêt pour le premier véhicule et pour ledit deuxième véhicule à partir des résultats fournis par les deux étapes précédentes et des règles de la circulation en vigueur à ladite intersection,
  - 20           - une étape d'estimation du risque de collision entre le premier véhicule et ledit deuxième véhicule, ladite estimation étant fondée sur une comparaison entre l'intention d'arrêt des véhicules et la nécessité d'arrêt de ceux-ci.
  
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les informations concernant les règles de circulation en vigueur à ladite intersection sont  
25           communiquées au premier véhicule par au moins un moyen d'information à choisir parmi une carte numérique statique de l'environnement, une communication entre le premier véhicule et des bornes de communication situées sur l'infrastructure, et des capteurs extéroceptifs.

3. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les règles de circulation en vigueur sont indiquées par au moins un moyen à choisir parmi un panneau de signalisation et par des feux de signalisation, et en ce que lesdites règles fournissent au moins une information à choisir parmi une vitesse limite autorisée au niveau de l'intersection, une signalisation d'arrêt, une signalisation de sens interdit et une signalisation de cession de passage.  
5
4. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'estimation du risque de collision correspond au calcul de la probabilité qu'un des véhicules n'ait pas l'intention de s'arrêter alors qu'il le devrait.  
10
5. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'étape de détermination des positions respectives du premier véhicule et dudit deuxième véhicule est complétée par une étape de détermination d'au moins un paramètre supplémentaire concernant le premier véhicule et chacun des deuxièmes véhicules, à choisir parmi l'orientation desdits véhicules, leur vitesse et les actions du conducteur sur les commandes du véhicule.  
15
6. Procédé d'évaluation selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'étape de détermination des positions du premier véhicule et dudit deuxième véhicule ainsi que l'étape de détermination d'au moins un paramètre supplémentaire sont réalisées par l'intermédiaire de capteurs de mesure proprioceptifs et extéroceptifs embarqués sur le premier véhicule et/ou par l'intermédiaire d'un lien de communication sans fil entre les véhicules.  
20  
25
7. Procédé d'évaluation selon la revendication 6, caractérisé en ce que les capteurs proprioceptifs comprennent au moins un capteur à choisir parmi un navigateur de type GPS et des données circulant sur un bus de type CAN.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que les capteurs extéroceptifs comprennent au moins un capteur choisi parmi une caméra embarquée, un radar, et un laser.
- 5 9. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il est piloté par une unité centrale de calcul embarquée dans le premier véhicule.
- 10 10. Procédé d'évaluation selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de prise de décision ayant pour but d'agir sur le comportement routier du véhicule afin de l'adapter au risque détecté.

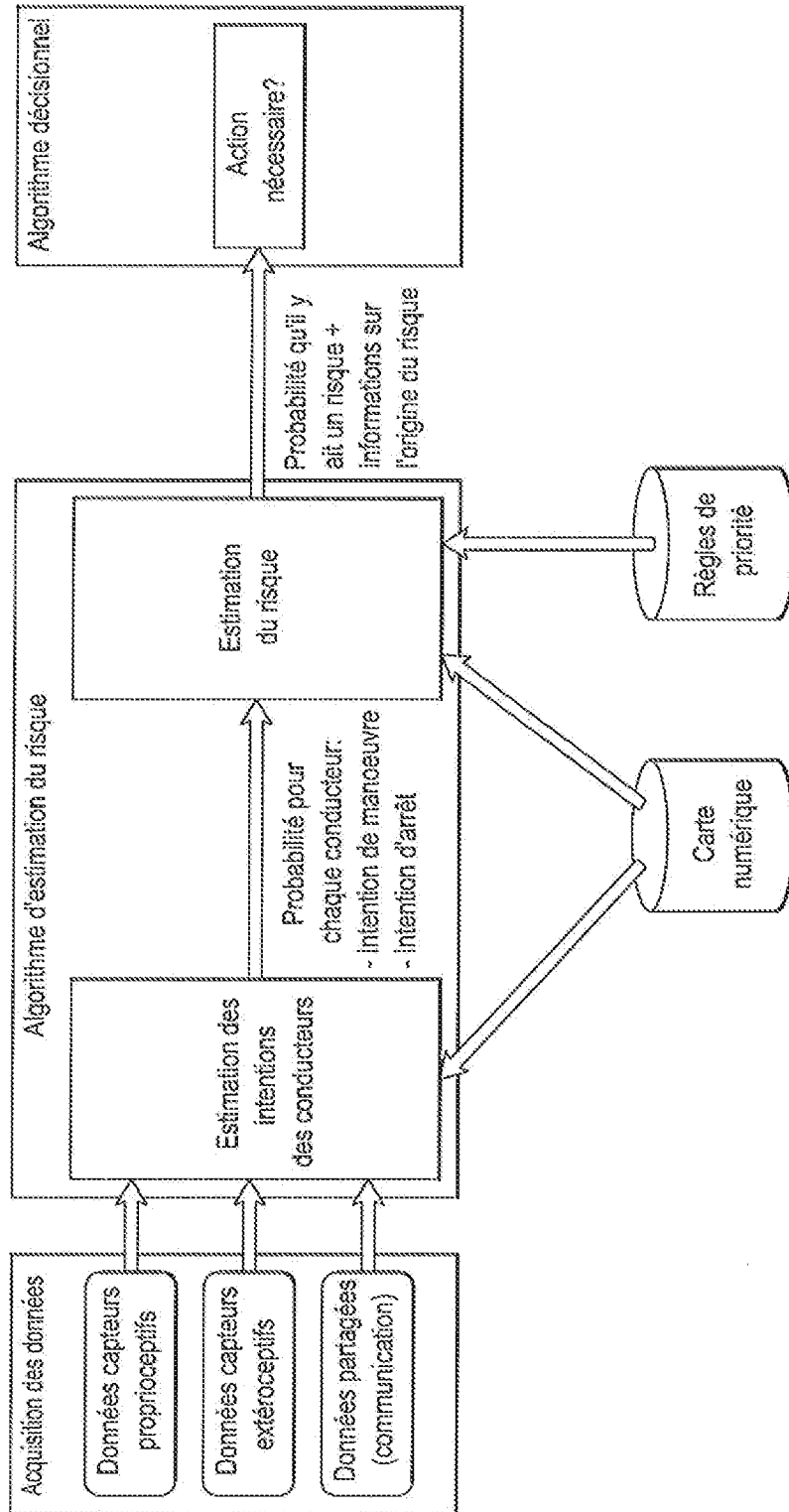


Fig. 1

