

PROCEDE D'ELABORATION D'UNE CARTE D'AUTONOMIE DE NAVIGATION POUR UN VEHICULE

La présente invention concerne un procédé d'élaboration d'une carte d'autonomie de navigation pour un véhicule, la carte d'autonomie obtenue et une application de cette carte à la détermination d'un trajet.

ARRIÈRE-PLAN DE L'INVENTION

Les véhicules classiques sont aujourd'hui très largement pourvus d'un système de navigation comprenant des données cartographiques et mettant en œuvre un algorithme de planification d'itinéraire exploitant ces données. Ces systèmes, couramment appelés GPS (abréviation de l'anglais Global Positioning System) ne sont cependant pas conçus pour autoriser à eux-seuls un fonctionnement du véhicule sans conducteur.

Or, on sait que d'importants travaux sont menés dans le but de permettre une navigation routière autonome, c'est-à-dire sans l'intervention d'un pilote, des véhicules circulant sur le réseau routier.

L'apparition des fonctions d'autonomie dans les véhicules pose le problème du risque de défaillance de ces fonctions et de leurs conséquences. Ces fonctions ne fournissent des solutions de navigation/pilotage du véhicule que si toutes les informations extérieures nécessaires sont présentes et bien traitées par le système à bord. Sinon elles sont soit en échec et le pilote doit reprendre la main, soit en erreur, et la reprise en main par le pilote est encore plus délicate.

Il existe actuellement différents moyens pour assurer une fonction d'autonomie de navigation d'un véhicule ou tout au moins participer à cette fonction d'autonomie. Les principales techniques existantes à ce jour sont connues sous le nom de : GPS (déjà évoqué plus haut) ; LIDAR, acronyme de Light Detection And Ranging,

ou LADAR, acronyme de Laser Detection And Ranging ; INS, abrégé de l'expression anglaise Inertial Navigation System, ou en français CIN pour Centrale Inertielle de Navigation ; les techniques utilisant la détection de
5 marquage au sol ; les techniques exploitant l'émission de signaux dédiés par des émetteurs disposés dans les équipements de l'infrastructure routière, notamment les feux de circulation...

Aucune de ces techniques n'est satisfaisante pour
10 couvrir à elle seule l'ensemble d'un réseau routier.

OBJET DE L'INVENTION

Un but de l'invention est de proposer un procédé d'élaboration d'une carte d'autonomie de navigation pour un véhicule, qui soit fiable sur la totalité des tronçons
15 de trajet sur une zone donnée.

RESUME DE L'INVENTION

En vue de la réalisation de ce but, on propose selon l'invention un procédé d'élaboration d'une carte d'autonomie de navigation pour un véhicule, sur une zone
20 comportant des tronçons de trajet, ce procédé comportant les étapes: d'identifier les tronçons de trajet pour lesquels la carte doit être élaborée ; pour chaque tronçon de trajet, de calculer des indices primaires d'autonomie selon au moins deux fonctions d'autonomie
25 distinctes ; et de calculer pour chaque tronçon de trajet un indice final d'autonomie à partir des indices primaires d'autonomie.

Ainsi, en choisissant des fonctions d'autonomie complémentaires adaptées à la configuration de la zone
30 considérée, on obtient pour chaque tronçon de trajet un indice final d'autonomie présentant une fiabilité améliorée par rapport à une technique existante. La carte d'autonomie regroupe de la sorte des données cartographiques particulières telles que les indices
35 d'autonomie qui vont permettre d'augmenter la sécurité

des véhicules autonomes par exemple en permettant de planifier des trajets dont les tronçons sont affectés des indices d'autonomie les plus favorables à l'autonomie.

Selon une version avantageuse de l'invention, l'indice final d'autonomie est calculé en effectuant une moyenne pondérée des indices primaires d'autonomie et le procédé comprend les étapes : d'effectuer plusieurs calculs de chaque indice final avec des coefficients de pondération distincts ; de comparer les indices finaux d'autonomie obtenus ; et d'élaborer la carte d'autonomie de navigation en retenant la pondération pour laquelle l'indice final le plus faible est le plus fort des indices finaux les plus faibles des différentes pondérations.

Ainsi, on améliore encore la précision de la carte d'autonomie de navigation obtenue.

Selon une autre version avantageuse de l'invention, le procédé comprend les étapes: d'effectuer plusieurs calculs de chaque indice final avec des coefficients de pondération distincts; de comparer les indices finaux d'autonomie obtenus ; et d'élaborer la carte d'autonomie de navigation en retenant pour chaque tronçon de trajet l'indice final d'autonomie le plus élevé.

Selon un autre aspect de l'invention, le procédé comprend les étapes: d'identifier des tronçons de trajet pour lesquels les indices finaux d'autonomie sont inférieurs à un seuil prédéterminé, et d'effectuer un lissage aux tronçons de trajet immédiatement adjacents. De préférence, le procédé comprend l'étape préalable d'analyser la configuration des tronçons de trajet et de mettre en place des équipements adaptés à améliorer les indices primaires d'autonomie.

L'invention concerne également : une carte d'autonomie de navigation pour un véhicule sur une zone

comprenant des tronçons de trajet, dans laquelle, pour chaque tronçon de trajet, la carte comporte un indice final d'autonomie obtenu en effectuant une moyenne pondérée d'indices primaires d'autonomie selon au moins
5 deux fonctions d'autonomie distinctes ; et une application de cette carte d'autonomie à la détermination d'un trajet obtenu en ajoutant des paramètres d'autonomie aux différents paramètres (rapidité, existence de péages...) qui sont actuellement utilisés pour déterminer
10 un trajet.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation préféré non
15 limitatif de l'invention en référence aux figures ci-jointes parmi lesquelles:

- La figure 1 est un diagramme par blocs du procédé selon l'invention,
- La figure 2 est une carte comportant des
20 indices primaires calculés pour une première fonction d'autonomie,
- La figure 3 est une carte comportant des indices primaires calculés pour une deuxième fonction d'autonomie,
- La figure 4 est une carte comportant des
25 indices primaires calculés pour une troisième fonction d'autonomie,
- La figure 5 est une carte comportant des indices finaux, calculés à partir des indices primaires
30 des figures précédentes.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

En référence aux figures, le procédé illustré comporte une première étape 1 d'analyse de la configuration des tronçons de trajet, suivi d'un choix 2
35 des fonctions d'autonomie. Par exemple, pour une ville de

structure très fermée, comportant des immeubles très serrés, et fortement équipée en marquages au sol et en émetteurs dédiés disposés dans des équipements de la ville on choisira les paramètres de reconnaissance correspondants, tandis que sur une route en rase campagne on choisira la fonction d'autonomie GPS.

On effectue ensuite le calcul 3 des indices primaires d'autonomie, suivi du calcul 4 des indices finaux en effectuant une moyenne pondérée des indices primaires. Les coefficients de pondération correspondent à l'importance relative de chaque indice primaire pour l'autonomie du véhicule (par exemple, dans un tronçon donné, le fait d'avoir un marquage au sol précis et une cartographie de haute définition peuvent être plus importants que le fait d'avoir en ligne de vue un point de référence visuel). Les coefficients de pondération peuvent être déterminés a priori ou être mis à jour périodiquement ou en temps réel selon des conditions de circulation (événement climatique comme le brouillard, présence d'un accident ou de travaux). La moyenne pondérée peut être une moyenne pondérée sous contrainte (dans ce cas, on considère que lorsque l'indice primaire est inférieur à une valeur X, le coefficient qui lui est associé vaut 0, tandis que lorsque l'indice primaire est supérieur à la valeur X, le coefficient vaut 1). Par exemple, en imaginant que la loi interdise la circulation autonome lorsque le marquage est effacé, l'utilisation de la moyenne pondérée sous contrainte permettrait de rendre le critère relatif au marquage au sol prépondérant sur les autres lorsque le marquage au sol est absent.

Si les indices finaux obtenus n'apparaissent pas suffisamment fiables, on réalise de préférence un nouveau calcul des indices finaux avec une pondération différente, suivi d'une comparaison 5 et d'une sélection 6, suivie le cas échéant d'un lissage 7 par exemple en

utilisant une centrale inertielle de navigation.

La figure 2 illustre le résultat d'un calcul des indices primaires sur un quartier de Paris en utilisant la fonction d'autonomie GPS. La valeur de l'indice
5 primaire est illustrée pour quatre valeurs décroissantes par les signes suivants : signe +, hachures fines, hachures épaisses, petits ronds.

La figure 3 illustre le résultat d'un calcul avec la fonction d'autonomie LIDAR, en utilisant les mêmes signes
10 pour la représentation des indices obtenus.

La figure 4 illustre le résultat d'un calcul avec la fonction d'autonomie marquage au sol, toujours en utilisant les mêmes signes.

La figure 5 illustre le résultat d'un calcul de moyenne pondérée à partir des trois précédents. On
15 remarque que la qualité de l'indice GPS sur une partie de la rue de Rivoli est partiellement détériorée par les autres fonctions d'autonomie. Une correction pourra toutefois être effectuée avec une fonction d'autonomie
20 CIN. On notera à ce propos que la qualité de l'indice dépend de la qualité des composants utilisés. En particulier, une CIN de bonne qualité permettrait de faire passer tous les tronçons de trajet à la valeur supérieure. La qualité des composants alliée au procédé
25 de l'invention permettra donc de faire la distinction entre les véhicules véritablement équipés pour la navigation autonome, et ceux qui ne sont autonomes que dans des circonstances déterminées.

Le véhicule autonome permettant la mise en œuvre du
30 procédé de l'invention comporte une unité de pilotage automatique et une unité de navigation. L'unité de pilotage automatique est reliée aux organes de commande du véhicule comme le système de direction, le moteur, le système de freinage, ainsi qu'à des capteurs de détection
35 du comportement du véhicule et de l'environnement du

véhicule, et incorpore des moyens de calcul permettant de piloter les organes de commande à partir des informations fournies par les capteurs de manière que le véhicule reste sur une trajectoire déterminée en respectant la réglementation routière. L'unité de navigation comprend par exemple un module GPS et un module de planification d'itinéraires à partir de données cartographiques comprenant la carte d'autonomie. La carte d'autonomie est exploitée à la fois par l'unité de navigation pour déterminer un itinéraire selon l'indice des tronçons empruntés et par l'unité de pilotage qui va déterminer, selon le tronçon emprunté, quels capteurs elle va privilégier (par exemple, dans une zone dans laquelle la réception des signaux GPS est de mauvaise qualité, l'information GPS sera négligée pour le pilotage du véhicule de manière à limiter le risque que la prise en compte de cette information ne vienne altérer la précision de pilotage autonome).

Les cartes d'autonomie peuvent être avantageusement utilisées par un organisme assurant la gestion du réseau routier pour identifier les tronçons de son réseau qu'il faut améliorer pour la circulation des véhicules autonomes (en refaisant la signalisation au sol, en disposant des balises RFID permettant une information des véhicules autonomes...).

Les cartes d'autonomie peuvent être avantageusement utilisées par les constructeurs automobiles pour leur permettre de déterminer sur quelle part du réseau leurs véhicules peuvent fonctionner de manière autonome et d'améliorer leurs véhicules en les aidant à identifier quels capteurs doivent équiper les véhicules autonomes pour permettre leur circulation autonome sur une plus grande part du réseau.

Bien entendu l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et on peut y apporter des variantes

de réalisation sans sortir du cadre de l'invention telle que définie par les revendications.

- En particulier, on comprend que l'autonomie d'un véhicule dépend des capteurs présents sur le véhicule.
- 5 Par conséquent, on élaborera une carte d'autonomie par modèle, voire version, d'un véhicule. Il sera également envisageable de fournir, à des organismes assurant la gestion du réseau routier à l'échelon local ou national, des cartes « globales » d'autonomie correspondant à
- 10 plusieurs types ou modèles de véhicules autonomes. Par exemple, on pourrait établir une carte « minimale » d'autonomie basée sur l'équipement minimal des véhicules autonomes et une carte « maximale » d'autonomie basée sur l'équipement maximal des véhicules autonomes.
- 15 En lieu et place d'une moyenne, il est possible de calculer le degré d'autonomie en utilisant le minimum de tous les critères pour chaque tronçon.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'élaboration d'une carte d'autonomie de navigation pour un véhicule, sur une zone comportant des tronçons de trajet, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes : d'identifier (1) les tronçons de trajet pour lesquels la carte doit être élaborée; pour chaque tronçon de trajet, de calculer (3) des indices primaires d'autonomie selon au moins deux fonctions d'autonomie distinctes; et de calculer (4) pour chaque tronçon de trajet un indice final d'autonomie à partir des indices primaires d'autonomie.

5

10
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'indice final d'autonomie est calculé en effectuant une moyenne pondérée des indices primaires d'autonomie.

15
3. Procédé selon la revendication 2, comprenant les étapes: d'effectuer plusieurs calculs (4) de chaque indice final avec des coefficients de pondération distincts; de comparer (5) les indices finaux d'autonomie obtenus ; et d'élaborer (6) la carte d'autonomie de navigation en retenant la pondération pour laquelle l'indice final le plus faible est le plus fort des indices finaux les plus faibles des différentes pondérations.

20

25
4. Procédé selon la revendication 2, comprenant les étapes : d'effectuer plusieurs calculs (4) de chaque indice final avec des coefficients de pondération distincts ; de comparer (5) les indices finaux d'autonomie obtenus ; et élaborer la carte d'autonomie de navigation en retenant pour chaque tronçon de trajet l'indice final d'autonomie le plus élevé.

30

35

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes d'identifier des tronçons de trajet pour lesquels les indices finaux d'autonomie sont inférieurs à un seuil prédéterminé, et d'effectuer une opération de lissage (7) appliquée aux tronçons de trajet immédiatement adjacents.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend l'étape préalable d'analyser (1) la configuration des tronçons de trajet et de mettre en place des équipements adaptés à améliorer les indices primaires d'autonomie.
7. Carte d'autonomie de navigation pour un véhicule sur une zone comprenant des tronçons de trajet, caractérisée en ce que, pour chaque tronçon de trajet, elle comporte un indice final d'autonomie obtenu en effectuant une moyenne pondérée d'indices primaires d'autonomie selon au moins deux fonctions d'autonomie distinctes.
8. Application d'une carte d'autonomie selon la revendication 7 à la détermination d'un trajet, caractérisée en ce qu'à des paramètres géographiques de détermination du trajet, il est ajouté des paramètres d'autonomie.
9. Véhicule autonome comportant une unité de pilotage automatique et une unité de navigation ; l'unité de pilotage automatique étant reliée à des organes de commande du véhicule ainsi qu'à des capteurs de détection du comportement du véhicule et de l'environnement du véhicule, et incorporant des moyens de calcul permettant de piloter les organes de commande

à partir des informations fournies par les capteurs de manière que le véhicule reste sur une trajectoire déterminée en respectant des règles de circulation ; l'unité de navigation comprenant un module de planification d'itinéraires à partir de données cartographiques comprenant une carte d'autonomie selon la revendication 7, la carte d'autonomie étant exploitée à la fois par l'unité de navigation pour déterminer un itinéraire en fonction de l'indice des tronçons empruntés et par l'unité de pilotage pour déterminer, selon le tronçon emprunté, quels capteurs elle va privilégier.