

(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
11 janvier 2024 (11.01.2024)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2024/008682 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B60W 30/18 (2012.01) *B60W 50/00* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/068315

(22) Date de dépôt international :
04 juillet 2023 (04.07.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2207039 08 juillet 2022 (08.07.2022) FR

(71) Déposant : **VITESCO TECHNOLOGIES GMBH**
[DE/DE] ; Siemensstraße, 12, 93055 Regensburg (DE).

(72) Inventeur : **SANS, Mariano** ; c/o Vitesco Technologies
France, Intellectual Property Department, 40 avenue du Gé-
néral de Crouette, 31100 Toulouse (FR).

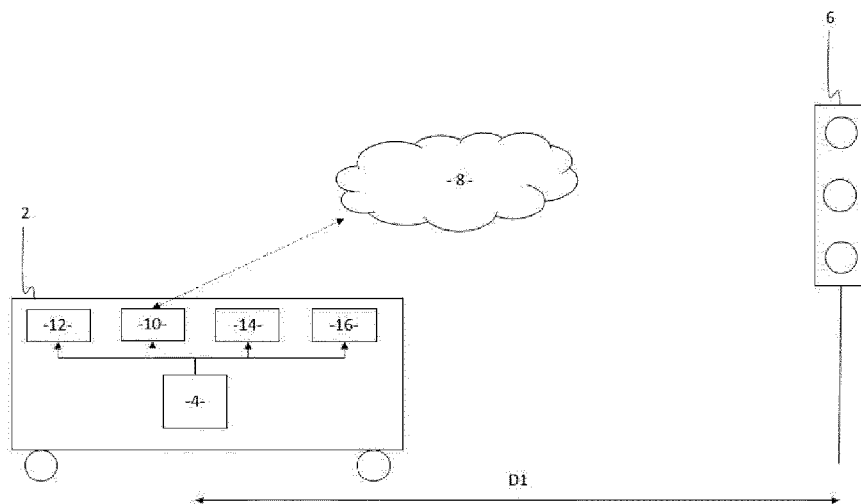
(74) Mandataire : **VITESCO TECHNOLOGIES -
ASSOCIATION NO. 1137** ; Landsberger Straße 187, Haus
D, 80687 München (DE).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH,

(54) Title: METHOD FOR OPTIMISING THE ENERGY CONSUMPTION OF A VEHICLE

(54) Titre : PROCEDE D'OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE D'UN VEHICULE

[Fig.1]



(57) **Abstract:** The invention relates to a method, implemented by a computer (4) on board a vehicle (2), for optimising the energy consumption of the vehicle (2), the computer (4) being connected to a system (8) for managing static and/or dynamic data relating to road infrastructure and/or to road traffic, a road infrastructure element (6) operating alternately in a first open or on state and a second closed or off state according to a fixed, predetermined and predictable operating cycle, the vehicle (2) being further provided with a navigation and positioning system (12) for the vehicle (2), the route of the vehicle over a predetermined distance being predefined or predicted by the computer (4), the computer (4) being configured to calculate an optimal speed profile for the vehicle (2) according to a predefined calculation method, the calculation method being configured to reduce the energy consumption of the vehicle.

(57) **Abstrégé :** L'invention concerne un procédé, mis en œuvre dans un calculateur (4) embarqué au sein d'un véhicule (2), d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule (2), le calculateur (4) étant relié à un système (8) de gestion de données statiques et/ou dy-

TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS,
ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (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, ME, 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:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

namiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier, un élément d'infrastructure routière (6) fonctionnant alternativement dans un premier état ouvert ou passant et dans un second état fermé ou bloquant selon un cycle de fonctionnement fixe, prédéterminé et prédictible, le véhicule (2) étant muni en outre d'un système (12) de navigation et de positionnement du véhicule (2), l'itinéraire du véhicule sur une distance prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur (4), le calculateur (4) étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule (2) selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule.

DESCRIPTION**PROCEDE D'OPTIMISATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE
D'UN VEHICULE**

5

L'invention se rapporte à un procédé d'optimisation de la consommation énergétique d'un véhicule. Le procédé est mis en œuvre dans un calculateur embarqué au sein du véhicule. L'invention se rapporte également à un procédé,
10 mis en œuvre dans un calculateur embarqué au sein du véhicule, de commande de la vitesse du véhicule, le procédé comprenant un tel sous-procédé d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule. L'invention se rapporte également à un calculateur destiné à être embarqué au sein d'un véhicule, le calculateur comprenant des moyens pour mettre en œuvre les
15 étapes d'un tel procédé d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule ; ainsi qu'à un véhicule, notamment automobile, embarquant un tel calculateur. Le véhicule est typiquement mais non limitativement un véhicule autonome ou semi-autonome. L'invention se rapporte enfin à un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de programme
20 configurées pour mettre en œuvre les étapes d'un tel procédé d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule.

Dans le domaine du contrôle optimal d'un véhicule, il est connu d'adapter le profil de vitesse du véhicule en fonction des différents feux de circulation prévus devant lui sur son parcours. Une solution connue appelée « vague verte
25 prédictive » consiste à coordonner la vitesse du véhicule et/ou les phases des feux de circulation, afin que le véhicule atteigne chaque feu de circulation successif lorsqu'il est au vert (ou dans son état « ouvert »). Le véhicule n'a alors pas besoin de s'arrêter, et peut donc franchir à vitesse non nulle chaque feu de circulation. Pour ce faire, le véhicule doit être relié à un système de
30 gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier, et les feux de circulation doivent présenter un cycle de fonctionnement ou une période de changement d'état qui soit prévisible. Un tel système de gestion est par exemple configuré selon une architecture « en nuage » (ou « cloud » en anglais) et permet de fournir (voire

de prédire) un horizon temporel quant au cycle de fonctionnement (ou période de changement d'état) des feux de circulation détectés devant le véhicule sur son parcours, en fonction notamment de la vitesse du véhicule et de la densité de trafic sur la route. Par « cycle de fonctionnement » ou « période de

5 changement d'état » d'un feu de circulation, on entend les durées respectives des phases ou états « vert », « jaune » et « rouge » de ce feu de circulation - supposé(e)s former un cycle répétitif récurrent avec une période constante, ou une période prévisible en fonction d'autres paramètres connus par ailleurs (tels que par exemple l'heure, le lieu, la ville, ou encore le type de route ou de

10 croisement). Par « phase » ou « état » d'un feu de circulation, on entend la couleur courante de la lumière émise par ce feu, ainsi que la durée d'émission de cette lumière colorée (par exemple « rouge » pendant les cinq prochaines secondes, ou encore « vert » pendant les huit secondes suivantes, etc.) Le document « Green-Wave Traffic Theory Optimization and Analysis - World

15 Journal of Engineering and Technology, 2014, 2, 14-19 » décrit par exemple une telle solution par « vague verte prédictive ».

Dans une telle solution par « vague verte prédictive », les vitesses des véhicules sont calculées en tant que valeurs constantes (ou valeurs moyennes), avec synchronisation des différents horaires d'atteinte des feux afin que chaque

20 véhicule atteigne chaque feu lorsqu'il est au vert (permettant ainsi de minimiser voire de supprimer les phases au ralenti ou à l'arrêt aux feux rouges). Le calcul de la vitesse du véhicule pour qu'il atteigne chaque feu lorsqu'il est au vert est uniquement basé sur un critère temporel. Toutefois, un inconvénient d'une telle solution est qu'elle ne prend pas en compte le critère de minimisation de

25 la consommation énergétique individuelle de chaque véhicule (en carburant et/ou en énergie électrique issue d'une batterie de stockage électrique). Seuls les flux de trafic globaux sont pris en compte, généralement pour la synchronisation des horaires et la réduction globale de la consommation de carburant correspondant à une flotte de véhicules.

30 Il existe donc un besoin de pouvoir disposer d'un procédé d'optimisation de la consommation énergétique d'un véhicule, permettant à ce dernier de calculer le meilleur profil de vitesse à suivre (en termes de minimisation de la consommation énergétique du véhicule) pour parvenir au prochain élément d'infrastructure routière (accélération ou décélération, vitesse moyenne,

phases de freinage, etc.) en parcourant la distance depuis la position actuelle du véhicule jusqu'à cet élément, et qui fournisse une synchronisation temporelle optimale avec la phase ou l'état de l'élément d'infrastructure routière (ainsi que le meilleur confort de conduite possible lorsque le véhicule n'est pas autonome). Par « élément d'infrastructure routière » on entend par exemple un feu de circulation routière, un passage à niveau ferroviaire ou bien ou une traversée de voies de circulation de tramway, ou encore tout autre élément d'infrastructure présentant un premier état ouvert ou passant et un second état fermé ou bloquant.

Pour ce faire, l'invention se rapporte ainsi, dans son acceptation la plus large, à un procédé, mis en œuvre dans un calculateur embarqué au sein d'un véhicule, d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule, le calculateur du véhicule étant relié à un système de gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier, lesdites données statiques et/ou dynamiques comprenant des données d'état relatives à au moins un élément d'infrastructure routière présentant un premier état ouvert ou passant et un second état fermé ou bloquant, l'élément d'infrastructure routière fonctionnant alternativement dans son premier état et dans son second état selon un cycle de fonctionnement fixe, prédéterminé et prédictible, ledit cycle de fonctionnement et lesdites autres données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier étant fournis en entrée du calculateur, le véhicule étant muni en outre d'un système de navigation et de positionnement du véhicule relié au calculateur, l'itinéraire du véhicule sur une distance prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur, le calculateur étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule, le procédé comportant les étapes suivantes :

- une détermination de la distance entre le véhicule et le prochain élément d'infrastructure routière situé sur l'itinéraire du véhicule ;
- un calcul, en fonction de la distance déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule dans un premier mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule au moment d'atteindre ledit

- élément d'infrastructure routière et la durée pour que le véhicule atteigne l'élément d'infrastructure routière sont laissées libres, l'état de l'élément d'infrastructure routière au moment où le véhicule atteindra l'élément d'infrastructure routière étant supposé être le
- 5 premier état ouvert ou passant ;
- un calcul, en fonction du profil de vitesse optimal calculé, de la durée pour que le véhicule atteigne ledit élément d'infrastructure routière ;
 - une détermination, en fonction de la durée calculée et du cycle de
- 10 fonctionnement de l'élément d'infrastructure routière, de l'état dudit élément d'infrastructure routière au moment où le véhicule atteindra ledit élément d'infrastructure routière ;
- une comparaison entre ledit état déterminé et le premier état ouvert ou passant de l'élément d'infrastructure routière ;
 - si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière correspond
- 15 au premier état ouvert ou passant, une prise en compte, par le calculateur, du profil de vitesse optimal du véhicule calculé selon le premier mode de calcul, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule ;
- si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière ne
- 20 correspond pas au premier état ouvert ou passant :
- un calcul, en fonction de la distance déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule dans un deuxième mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière est fixée à une
- 25 valeur nulle et est fournie en entrée de la méthode de calcul, et la durée pour que le véhicule atteigne l'élément d'infrastructure routière est laissée libre, l'état de l'élément d'infrastructure routière au moment où le véhicule atteindra l'élément d'infrastructure routière étant supposé être le second état fermé ou bloquant ;
- 30
- un calcul, en fonction du profil de vitesse optimal calculé, de la durée pour que le véhicule atteigne ledit élément d'infrastructure routière ;

- une détermination, en fonction de la durée calculée et du cycle de fonctionnement de l'élément d'infrastructure routière, de l'état dudit élément d'infrastructure routière au moment où le véhicule atteindra ledit élément d'infrastructure routière ;
- 5 ○ une comparaison entre ledit état déterminé et le second état fermé ou bloquant de l'élément d'infrastructure routière ;
- si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière correspond au second état fermé ou bloquant, une prise en compte, par le calculateur, du profil de vitesse optimal du véhicule calculé selon le deuxième mode de calcul, pour appliquer
10 ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule ;
- si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière ne correspond pas au second état fermé ou bloquant :
 - un calcul, en fonction de la distance déterminée, d'un
15 profil de vitesse optimal du véhicule dans un troisième mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière est laissée libre, et la durée pour que le véhicule atteigne l'élément d'infrastructure
20 routière est fixée comme étant la durée de passage de l'élément d'infrastructure routière au prochain premier état ouvert ou passant atteignable par le véhicule, ladite durée étant fournie en entrée de la méthode de calcul, l'élément d'infrastructure routière étant supposé venir
25 juste de passer dans son premier état ouvert ou passant au moment où le véhicule atteindra l'élément d'infrastructure routière ;
 - une prise en compte, par le calculateur, du profil de vitesse optimal du véhicule calculé selon le troisième mode de
30 calcul, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule.

Dans la suite de la description, on entend par « atteignable » le fait qu'un élément d'infrastructure routière se situe à une distance du véhicule telle que le véhicule peut atteindre cet élément d'infrastructure routière dans l'état

attendu de l'élément d'infrastructure routière (i.e. premier état ouvert ou passant ou second état fermé ou bloquant).

Le procédé selon l'invention comporte un ensemble d'étapes successives d'optimisation, ayant pour but de déterminer un profil de vitesse optimal pour
5 couvrir la distance entre la position actuelle du véhicule et le prochain élément d'infrastructure routière, en minimisant le critère de la consommation énergétique du véhicule. Le procédé selon l'invention met ainsi en œuvre, de manière alternative, différents modes d'optimisation (ou de calcul) selon la vérification ou non de certaines conditions (vérifiées en fonction de certaines
10 hypothèses prédéfinies). L'objectif est d'anticiper l'état ou la phase à venir de l'élément d'infrastructure routière afin que le véhicule franchisse l'élément d'infrastructure routière lorsque ce dernier est dans son état ouvert ou passant, ou bien s'arrête au niveau de cet élément d'infrastructure routière lorsque ce dernier est dans son état fermé ou bloquant, et ce avec un coût énergétique
15 minimal. A chacune des étapes, un profil de vitesse optimal est calculé pour le véhicule de sorte à obtenir la consommation énergétique minimale lors du parcours de la position actuelle du véhicule à la position du prochain élément d'infrastructure routière à venir sur le trajet, dans l'un des modes d'optimisation (ou de calcul) évoqués ci-dessus. Les différentes étapes du
20 procédé sont calculées le plus rapidement possible au sein du calculateur embarqué, dès que le prochain élément d'infrastructure routière est détecté par le véhicule (avec une distance à cet élément connue, et une phase ou un état de l'élément connu dans son cycle ou sa période de fonctionnement).

Le procédé selon l'invention permet ainsi de calculer le meilleur profil de
25 vitesse à suivre pour le véhicule pour parvenir au prochain élément d'infrastructure routière en parcourant la distance depuis la position actuelle du véhicule jusqu'à cet élément. Le procédé fournit une synchronisation temporelle optimale avec la phase ou l'état de l'élément d'infrastructure routière (au moment où le véhicule atteindra cet élément) tout en permettant
30 une minimisation de la consommation énergétique du véhicule.

Avantageusement, le procédé comporte en outre une étape, mise en œuvre lorsqu'aucune étape de calcul d'un profil de vitesse optimal du véhicule ne donne de solution acceptable pour le véhicule, de calcul, en fonction de la distance déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule dans un

quatrième mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière est fixée à une valeur nulle, et la durée pour que le véhicule atteigne l'élément d'infrastructure routière est fixée comme étant la durée de passage de l'élément d'infrastructure routière au prochain second état fermé ou bloquant, ladite vitesse du véhicule et ladite durée étant fournies en entrée de la méthode de calcul, l'élément d'infrastructure routière étant supposé venir juste de passer dans son second état fermé ou bloquant au moment où le véhicule atteindra l'élément d'infrastructure routière ; et une étape de prise en compte, par le calculateur, du profil de vitesse optimal du véhicule calculé, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule. Ceci permet de fournir un calcul de vitesse optimal du véhicule pour tous les cas de figures envisageables (même lorsqu'aucun des premier, deuxième et troisième modes de calcul de la méthode de calcul ne donne de solution acceptable pour le profil de vitesse à suivre par le véhicule). En effet, si la durée pour atteindre l'élément d'infrastructure routière lorsqu'il est dans son état ouvert ou passant est trop longue ou trop courte, alors la solution offerte par ce quatrième mode de calcul consiste à accepter que le véhicule s'arrête au niveau de cet élément d'infrastructure routière lorsque ce dernier est dans son état fermé ou bloquant avec une économie d'énergie moindre.

Avantageusement, le véhicule embarque en outre des moyens de mesure ou d'estimation de la distance entre le véhicule et un autre véhicule précédant immédiatement le véhicule et/ou des moyens de mesure ou d'estimation de la vitesse relative dudit autre véhicule, lesdits moyens de mesure ou d'estimation étant reliés au calculateur, et le procédé comporte en outre une étape de détection d'au moins un autre véhicule roulant dans le même sens que le véhicule et se situant entre le véhicule et le prochain élément d'infrastructure routière, sur l'itinéraire du véhicule, et, si au moins un tel autre véhicule est détecté, une étape consistant à déterminer la distance entre le véhicule et ledit tel autre véhicule précédant immédiatement le véhicule sur son itinéraire, puis à remplacer, avant la première étape de calcul, la distance déterminée entre le véhicule et le prochain élément d'infrastructure routière par ladite distance entre le véhicule et ledit tel autre véhicule précédant immédiatement le véhicule sur son itinéraire. Ceci permet de prendre en compte la présence

d'au moins un autre véhicule roulant dans le même sens que le véhicule et se situant entre le véhicule et le prochain élément d'infrastructure routière, et d'éviter ainsi tout risque de collision entre le véhicule et ledit au moins un autre véhicule. Selon une caractéristique technique particulière de l'invention, la vitesse relative de l'autre véhicule est par exemple estimée par le 5 calculateur embarqué en fonction du cycle de fonctionnement de l'élément d'infrastructure routière et d'un modèle de réactions de véhicules lors du passage d'un élément d'infrastructure routière de son état fermé ou bloquant à son état ouvert ou passant et vice versa (le modèle pouvant par exemple être 10 pré-enregistré, ou basé sur des équations de prédiction, ou encore basé sur tout autre dispositif...).

Avantageusement, le procédé comporte en outre une phase de détection d'au moins une condition ou d'au moins un événement prédéterminé(e), et, si au moins une telle condition ou un tel événement prédéterminé(e) est 15 détecté(e), le procédé reboucle sur l'étape de détermination de la distance entre le véhicule et le prochain élément d'infrastructure routière situé sur l'itinéraire du véhicule, en prenant en compte la nouvelle position courante du véhicule. Ceci permet de prendre en compte tout événement de type perturbation sur l'itinéraire du véhicule, ou tout écart de la vitesse réelle du 20 véhicule et/ou de l'état du prochain élément d'infrastructure routière par rapport aux prédictions effectuées, qui pourraient se produire avant que le véhicule n'atteigne la position de cet élément d'infrastructure routière.

Selon une caractéristique technique particulière de l'invention, ladite méthode de calcul prédéfinie est une méthode de calcul mettant en œuvre le 25 principe du maximum de Pontryagin.

Selon une autre caractéristique technique particulière de l'invention, ledit au moins un élément d'infrastructure routière est un feu de circulation routière, par exemple un feu bicolore ou tricolore. L'état ouvert ou passant correspond alors à la couleur verte de la lumière émise par le feu de circulation. 30 L'état fermé ou bloquant correspond quant à lui à la couleur rouge de la lumière émise par le feu de circulation. Lorsque l'élément d'infrastructure routière est un passage à niveau ferroviaire ou une traversée de voies de circulation de tramway, l'état ouvert ou passant peut correspondre à une non-émission de

lumière (ou à des barrières levées), et l'état fermé ou bloquant peut correspondre à un feu clignotant par exemple (ou à des barrières abaissées).

L'invention se rapporte également à un procédé, mis en œuvre dans un calculateur embarqué au sein d'un véhicule, de commande de la vitesse du véhicule, le calculateur du véhicule étant relié à un système de gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier, lesdites données statiques et/ou dynamiques comprenant des données d'état relatives à au moins un élément d'infrastructure routière présentant un premier état ouvert ou passant et un second état fermé ou bloquant, l'élément d'infrastructure routière fonctionnant alternativement dans son premier état et dans son second état selon un cycle de fonctionnement fixe, prédéterminé et prédictible, ledit cycle de fonctionnement et lesdites autres données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier étant fournis en entrée du calculateur, le véhicule étant muni en outre d'un système de navigation et de positionnement du véhicule et d'un groupe motopropulseur tous deux reliés au calculateur, l'itinéraire du véhicule sur une distance prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur, le calculateur étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule, le procédé comportant en outre un sous-procédé d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule tel que décrit ci-dessus, et une étape de transmission, vers le groupe motopropulseur du véhicule, d'une commande de vitesse établie en fonction du profil de vitesse optimal du véhicule pris en compte.

Ce procédé de commande permet un filtrage de la vitesse du véhicule, en fonction du profil de vitesse optimal du véhicule pris en compte pour minimiser la consommation énergétique du véhicule. Le procédé de commande peut être mis en œuvre lorsque le calculateur du véhicule est relié à un régulateur de vitesse muni de moyens de calcul d'une vitesse de consigne et relié lui-même au groupe motopropulseur, ou encore lorsque le calculateur est embarqué au sein d'un véhicule autonome ou semi-autonome.

L'invention se rapporte également à un calculateur destiné à être embarqué au sein d'un véhicule, l'itinéraire du véhicule sur une distance

prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur, le calculateur étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule, le

5 calculateur comportant des moyens pour mettre en œuvre les étapes d'un des procédés tels que décrit ci-dessus.

L'invention se rapporte également à un véhicule, notamment automobile, le véhicule embarquant un calculateur tel que décrit ci-dessus et un système de navigation et de positionnement du véhicule relié au calculateur, le

10 calculateur étant apte à être relié à un système de gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier.

Selon une caractéristique technique particulière de l'invention, le véhicule comporte en outre un dispositif d'affichage apte à afficher une vitesse du véhicule et/ou un régulateur de vitesse muni de moyens de calcul d'une

15 vitesse de consigne et relié à un groupe motopropulseur du véhicule, ledit dispositif d'affichage et/ou ledit régulateur de vitesse étant relié(s) au calculateur.

De préférence, le véhicule est un véhicule autonome ou semi-autonome.

L'invention se rapporte également à un produit programme d'ordinateur, téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un

20 support lisible par ordinateur et/ou exécutable par un processeur, le produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de programme, lesdites instructions de programme étant configurées pour mettre en œuvre les étapes d'un des procédés tels que décrit ci-dessus lorsque lesdites instructions sont

25 exécutées sur un calculateur tel que décrit ci-dessus.

On décrira ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, des formes d'exécution de la présente invention, en référence aux figures annexées sur lesquelles :

[Fig.1] illustre schématiquement ensemble comprenant un véhicule et un

30 feu de circulation routière, le véhicule étant muni d'un calculateur embarqué ;

[Fig.2] est un organigramme représentant un procédé de commande de la vitesse d'un véhicule, comprenant un sous-procédé d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule, mis en œuvre par le calculateur de la figure 1, selon la présente invention ; et

[Fig.3] illustre schématiquement un cycle de fonctionnement ainsi qu'un horizon temporel de prédiction des états du feu de circulation routière de la figure 1.

En se référant à la figure 2 la présente invention concerne un procédé,
5 mis en œuvre dans un calculateur 4 embarqué au sein d'un véhicule 2 (visible sur la figure 1), de commande de la vitesse du véhicule 2. Le véhicule 2 est typiquement un véhicule automobile, par exemple (mais non limitativement) un véhicule autonome ou semi-autonome. Le véhicule 2 évolue au sein d'un environnement routier dans lequel un ou plusieurs éléments d'infrastructure
10 routière 6 sont agencés. Chaque élément d'infrastructure routière 6 (qui est par exemple un feu tricolore de circulation routière dans l'exemple de réalisation particulier de la figure 1) présente un premier état ouvert ou passant et un second état fermé ou bloquant. Lorsque l'élément d'infrastructure routière 6 est un feu de circulation routière, le premier état ouvert ou passant
15 correspond à la couleur verte de la lumière émise par le feu, et le second état fermé ou bloquant correspond quant à lui à la couleur rouge. Chaque élément d'infrastructure routière 6 fonctionne alternativement dans son premier état et dans son second état selon un cycle de fonctionnement 7 fixe, prédéterminé et prédictible. Un tel cycle de fonctionnement 7 est illustré à titre d'exemple
20 sur la figure 3, pour un feu de circulation routière 6. Sur cette figure 3, les phases du cycle 7 correspondant au premier état ouvert ou passant du feu de circulation routière 6 sont matérialisées par la référence E1, et les phases du cycle 7 correspondant au second état fermé ou bloquant sont matérialisées par la référence E2. Sur la figure 3, l'axe des abscisses correspond à l'axe du temps
25 et un troisième état E3 du feu de circulation routière 6 est représenté (ce troisième état E3 correspond à un état intermédiaire « orange » du feu de circulation routière 6).

Le calculateur 4 fait par exemple partie d'une unité de traitement de données stockant une application ou programme informatique apte à coopérer
30 avec le calculateur 4 (l'unité de traitement de données et l'application ou le programme informatique n'étant pas représentés sur la figure 1 pour des raisons de clarté). En variante, l'application ou le programme informatique est stocké(e) directement dans le calculateur 4. Le calculateur 4 est relié au groupe motopropulseur du véhicule (non représenté) et à un système 8 de gestion de

données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier. Plus précisément, le calculateur 4 est par exemple relié au système 8 de gestion de données statiques et/ou dynamiques via des moyens de communication sans fil 10 embarqués au sein du véhicule 2. Les moyens de communication sans fil 10 sont par exemple constitués d'un émetteur /
5 récepteur de données couplé à une carte électronique de communication de type carte SIM (de l'anglais « Subscriber Identity Module »). Le système 8 de gestion de données statiques et/ou dynamiques est par exemple configuré selon une architecture « en nuage » (ou « cloud » en anglais) et permet de fournir
10 (voire de prédire) un horizon temporel H1 quant au cycle de fonctionnement 7 (ou période de changement d'état) des éléments d'infrastructure routière 6 détectés devant le véhicule sur son parcours, en fonction notamment de la vitesse du véhicule et de la densité de trafic sur la route. En effet, les données statiques et/ou dynamiques gérées par le système de gestion 8 et transmises
15 au calculateur 4 du véhicule comprennent notamment des données d'état relatives aux éléments d'infrastructure routière 6. L'horizon temporel H1 fourni (ou prédit) par le système de gestion 8 est visible sur la figure 3, et permet d'obtenir les états ou phases de chaque élément d'infrastructure routière 6 détecté devant le véhicule, dans l'intervalle de temps défini par l'horizon
20 temporel H1. Le système de gestion 8 est par exemple un système de type « horizon électronique d'informations » (ou « eHorizon » en anglais, qui est basé classiquement sur le standard de format de données ADASIS - de l'anglais « Advanced Driver-Assistance Systems Interface Specifications » - pour les systèmes d'aide à la conduite prédictifs, ou sur tout autre type de dispositif).
25 De manière connue en soi, un tel système de type « eHorizon » permet de gérer aussi bien des données statiques relatives à l'infrastructure routière (telles que par exemple la nature des routes, des carrefours, les vitesses limites réglementaires appliquées, etc.), que des données dynamiques (vitesse moyenne des véhicules situés sur la route, densité du trafic, données
30 dynamiques relatives aux éléments d'infrastructure routière 6, etc.). Un tel système de type « eHorizon » est apte à recevoir ces données, à les décoder (via un décodeur), à les reconstituer (via un reconstructeur de données), et à les transmettre au calculateur 4, et met en œuvre des algorithmes de

prédiction de trajet des véhicules 2 utilisant la notion de « trajet ou chemin le plus probable » (« Most Probable Path » en anglais).

Le calculateur 4 est configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule 2 selon une méthode de calcul prédéfinie. Cette méthode de calcul
5 prédéfinie (qui est par exemple pré-enregistrée dans l'unité de traitement de données comportant le calculateur 4) est configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule 2. Cette méthode de calcul prédéfinie est par exemple une méthode de calcul mettant en œuvre le principe du maximum de Pontryagin. En variante, la méthode de calcul peut
10 être toute autre méthode de calcul mettant en œuvre une optimisation à état final fixe ou libre et permettant une minimisation de la consommation énergétique du véhicule 2 (comme par exemple une méthode à programmation dynamique - « Dynamic Programming » en anglais, ou encore une méthode de Lagrange ou une méthode basée sur des réseaux de neurones).

15 Outre le calculateur 4 et les moyens de communication sans fil 10, le véhicule 2 embarque également un système 12 de navigation et de positionnement du véhicule 2, relié au calculateur 4. Le système de navigation et de positionnement 12 est par exemple un système GPS (de l'anglais « Global Positioning System »). La carte de navigation implémentée au sein du système
20 de navigation et de positionnement 12 est instrumentée. De préférence, le véhicule 2 embarque également un dispositif d'affichage 14 (tel qu'un écran par exemple), relié au calculateur 4. De préférence encore, le véhicule 2 embarque également un dispositif d'aide à la conduite ADAS 16 (de l'anglais « Advanced Driver-Assistance Systems ») de type radar ou LiDAR, relié au
25 calculateur 4. Un tel dispositif d'aide à la conduite ADAS 16 forme typiquement un moyen de mesure ou d'estimation de la distance entre le véhicule 2 et un autre véhicule précédant immédiatement le véhicule 2, et/ou un moyen de mesure ou d'estimation de la vitesse relative de cet autre véhicule. Selon un exemple de réalisation particulier de l'invention, le véhicule 2 comporte
30 également un régulateur de vitesse (non représenté) muni de moyens de calcul d'une vitesse de consigne et relié au groupe motopropulseur du véhicule 2 d'une part, et au calculateur 4 d'autre part.

Comme illustré sur la figure 2, le procédé comporte un sous-procédé 20, mis en œuvre dans le calculateur 4 embarqué au sein d'un véhicule 2, d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule 2.

Initialement, le cycle de fonctionnement 7 (au moins sur l'horizon temporel H1) de chaque élément d'infrastructure routière 6 situé sur l'itinéraire du véhicule (ou au moins du prochain élément d'infrastructure routière 6 à venir), ainsi que les autres données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier et gérées par le système de gestion 8, sont fournis en entrée du calculateur 4 via le système de gestion 8. En outre, l'itinéraire du véhicule 2 sur une distance prédéterminée est prédéfini (par exemple via une entrée utilisateur) ou prédit (par exemple via le système de gestion 8 qui transmet les informations au calculateur 4) au sein du calculateur 4. Le calculateur 4 exécute par exemple l'application ou le programme informatique pour la mise en œuvre du procédé.

Le sous-procédé 20 comporte une étape initiale 22 au cours de laquelle le calculateur 4 détermine la distance D1 entre le véhicule 2 et le prochain élément d'infrastructure routière 6 situé sur l'itinéraire du véhicule 2.

De préférence, le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 23 au cours de laquelle le calculateur 4 détecte qu'au moins un autre véhicule roule dans le même sens que le véhicule 2 et se situe entre le véhicule 2 et le prochain élément d'infrastructure routière 6, sur l'itinéraire du véhicule 2. Cette étape de détection 23 est par exemple effectuée via des données transmises au calculateur 4 par le dispositif d'aide à la conduite ADAS 16 de type radar ou LiDAR. Selon un exemple de réalisation particulier, la vitesse relative de l'autre véhicule est par exemple estimée par le calculateur 4 en fonction du cycle de fonctionnement 7 du prochain élément d'infrastructure routière 6 et d'un modèle (par exemple pré-enregistré ou bien basé sur des équations de prédiction) de réactions de véhicules lors du passage d'un élément d'infrastructure routière de son état fermé ou bloquant à son état ouvert ou passant et vice versa (temps de redémarrage des véhicules). Si au moins un tel autre véhicule est détecté par le calculateur 4, le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 24 au cours de laquelle le calculateur 4 détermine la distance entre le véhicule 2 et le véhicule précédant immédiatement le

véhicule 2 sur son itinéraire, puis remplace la distance D1 déterminée au cours de l'étape initiale 22 par cette distance.

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 26 au cours de laquelle le calculateur 4 calcule, en fonction de la distance D1 déterminée lors de l'étape initiale 22 ou de la distance déterminée lors de l'étape 24, un profil de vitesse optimal du véhicule 2 dans un premier mode de calcul de la méthode de calcul. Dans ce premier mode de calcul, la vitesse du véhicule 2 au moment d'atteindre le prochain élément d'infrastructure routière 6 et la durée pour que le véhicule 2 atteigne ce prochain élément d'infrastructure routière 6 sont laissées libres (en tenant éventuellement compte de la vitesse relative d'un autre véhicule situé devant le véhicule 2, dans le cas où un tel véhicule a été détecté au cours de l'étape 23 - dans un tel cas de figure, le calcul de profil de vitesse optimal est adapté pour synchroniser les vitesses au moment d'atteindre ce véhicule roulant devant). Dans ce premier mode de calcul de la méthode de calcul, une hypothèse est faite consistant à supposer que le prochain élément d'infrastructure routière 6 sera dans son premier état ouvert ou passant au moment où le véhicule 2 atteindra cet élément d'infrastructure routière 6.

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 28 au cours de laquelle le calculateur 4 calcule, en fonction du profil de vitesse optimal calculé au cours de l'étape 26, la durée pour que le véhicule 2 atteigne le prochain élément d'infrastructure routière 6 ou le prochain véhicule situé devant le véhicule 2 (dans le cas où un tel véhicule a été détecté au cours de l'étape 23).

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 30 au cours de laquelle le calculateur 4 détermine, en fonction de la durée calculée au cours de l'étape 28 et du cycle de fonctionnement 7 du prochain élément d'infrastructure routière 6, l'état de cet élément d'infrastructure routière 6 au moment où le véhicule 2 atteindra cet élément d'infrastructure routière 6.

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 32 au cours de laquelle le calculateur 4 compare l'état du prochain élément d'infrastructure routière 6 déterminé au cours de l'étape 30, au premier état ouvert ou passant de cet élément d'infrastructure routière 6.

Si l'état du prochain élément d'infrastructure routière 6 déterminé au cours de l'étape 30 correspond au premier état ouvert ou passant, le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 34 au cours de laquelle le calculateur

4 prend en compte le profil de vitesse optimal du véhicule 2 calculé au cours de l'étape 26, pour appliquer ou recommander ce profil de vitesse optimal au véhicule 2. Le sous-procédé 20 se termine alors.

Si l'état du prochain élément d'infrastructure routière 6 déterminé au cours de l'étape 30 ne correspond pas au premier état ouvert ou passant (et correspond donc au second état fermé ou bloquant), le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 36 au cours de laquelle le calculateur 4 calcule, en fonction de la distance D1 déterminée lors de l'étape initiale 22 ou de la distance déterminée lors de l'étape 24, un profil de vitesse optimal du véhicule 2 dans un deuxième mode de calcul de la méthode de calcul. Dans ce deuxième mode de calcul, la vitesse du véhicule 2 au moment d'atteindre le prochain élément d'infrastructure routière 6 est fixée à une valeur nulle et est fournie en entrée de la méthode de calcul. La durée pour que le véhicule 2 atteigne le prochain élément d'infrastructure routière 6 est laissée libre (en tenant éventuellement compte de la vitesse relative d'un autre véhicule situé devant le véhicule 2, dans le cas où un tel véhicule a été détecté au cours de l'étape 23 - dans un tel cas de figure, le calcul de profil de vitesse optimal est adapté pour synchroniser les vitesses au moment d'atteindre ce véhicule roulant devant). Dans ce deuxième mode de calcul de la méthode calcul, une hypothèse est faite consistant à supposer que le prochain élément d'infrastructure routière 6 sera dans son second état fermé ou bloquant au moment où le véhicule 2 atteindra cet élément d'infrastructure routière 6.

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 38 au cours de laquelle le calculateur 4 calcule, en fonction du profil de vitesse optimal calculé au cours de l'étape 36, la durée pour que le véhicule 2 atteigne le prochain élément d'infrastructure routière 6 ou le prochain véhicule situé devant le véhicule 2 (dans le cas où un tel véhicule a été détecté au cours de l'étape 23).

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 40 au cours de laquelle le calculateur 4 détermine, en fonction de la durée calculée au cours de l'étape 38 et du cycle de fonctionnement 7 du prochain élément d'infrastructure routière 6, l'état de cet élément d'infrastructure routière 6 au moment où le véhicule 2 atteindra cet élément d'infrastructure routière 6.

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 42 au cours de laquelle le calculateur 4 compare l'état du prochain élément d'infrastructure routière

6 déterminé au cours de l'étape 40, au second état fermé ou bloquant de cet élément d'infrastructure routière 6.

Si l'état du prochain élément d'infrastructure routière 6 déterminé au cours de l'étape 40 correspond au second état fermé ou bloquant, le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 44 au cours de laquelle le calculateur 4 prend en compte le profil de vitesse optimal du véhicule 2 calculé au cours de l'étape 36, pour appliquer ou recommander ce profil de vitesse optimal au véhicule 2. Le sous-procédé 20 se termine alors.

Si l'état du prochain élément d'infrastructure routière 6 déterminé au cours de l'étape 40 ne correspond pas au second état fermé ou bloquant (et correspond donc au premier état ouvert ou passant), le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 46 au cours de laquelle le calculateur 4 calcule, en fonction de la distance D1 déterminée lors de l'étape initiale 22 ou de la distance déterminée lors de l'étape 24, un profil de vitesse optimal du véhicule 2 dans un troisième mode de calcul de la méthode de calcul. Dans ce troisième mode de calcul, la vitesse du véhicule 2 au moment d'atteindre le prochain élément d'infrastructure routière 6 est laissée libre (en tenant éventuellement compte de la vitesse relative d'un autre véhicule situé devant le véhicule 2, dans le cas où un tel véhicule a été détecté au cours de l'étape 23 - dans un tel cas de figure, le calcul de profil de vitesse optimal est adapté pour synchroniser les vitesses au moment d'atteindre ce véhicule roulant devant). La durée pour que le véhicule 2 atteigne le prochain élément d'infrastructure routière 6 est fixée comme étant la durée de passage de cet élément d'infrastructure routière 6 au prochain premier état ouvert ou passant atteignable par le véhicule 2, et est fournie en entrée de la méthode de calcul. Dans ce troisième mode de calcul de la méthode de calcul, une hypothèse est faite consistant à supposer que le prochain élément d'infrastructure routière 6 viendra juste de passer dans son premier état ouvert ou passant au moment où le véhicule 2 atteindra cet élément d'infrastructure routière 6.

Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 48 au cours de laquelle le calculateur 4 prend en compte le profil de vitesse optimal du véhicule 2 calculé au cours de l'étape 46, pour appliquer ou recommander ce profil de vitesse optimal au véhicule 2. Le sous-procédé 20 se termine alors.

De préférence, le sous-procédé 20 comporte également une étape 50, mise en œuvre après l'étape 46 lorsqu'aucune étape 26, 36, 46 de calcul d'un profil de vitesse optimal du véhicule 2 ne donne de solution acceptable pour le véhicule 2, au cours de laquelle le calculateur 4 calcule, en fonction de la distance D1 déterminée lors de l'étape initiale 22 ou de la distance déterminée lors de l'étape 24, un profil de vitesse optimal du véhicule 2 dans un quatrième mode de calcul de la méthode de calcul. Par « solution acceptable pour le véhicule », on entend toute solution mathématique compatible avec les contraintes physiques et réglementaires relatives au véhicule 2, à l'infrastructure routière ou au réseau routier (telles que par exemple les vitesses maximales autorisées sur le réseau). Dans ce quatrième mode de calcul de la méthode calcul, la vitesse du véhicule 2 au moment d'atteindre le prochain élément d'infrastructure routière 6 est fixée à une valeur nulle, et la durée pour que le véhicule 2 atteigne le prochain élément d'infrastructure routière 6 est fixée comme étant la durée de passage de cet élément d'infrastructure routière 6 au prochain second état fermé ou bloquant. La vitesse du véhicule 2 au moment d'atteindre le prochain élément d'infrastructure routière 6 et la durée pour que le véhicule 2 atteigne le prochain élément d'infrastructure routière 6 sont fournies en entrée de la méthode de calcul. Dans ce quatrième mode de calcul de la méthode calcul, une hypothèse est faite consistant à supposer que le prochain élément d'infrastructure routière 6 viendra juste de passer dans son second état fermé ou bloquant au moment où le véhicule 2 atteindra cet élément d'infrastructure routière 6. Le sous-procédé 20 comporte une étape suivante 52 au cours de laquelle le calculateur 4 prend en compte le profil de vitesse optimal du véhicule 2 calculé au cours de l'étape 50, pour appliquer ou recommander ce profil de vitesse optimal au véhicule 2. Le sous-procédé 20 se termine alors.

De préférence encore, le sous-procédé 20 comporte en outre une phase de détection, par le calculateur 4, d'au moins une condition ou d'au moins un événement prédéterminé(e) (une telle phase de détection n'étant pas représentée sur la figure 2 mais pouvant intervenir à tout moment entre l'étape 23 et l'étape 52). Si au moins une telle condition ou un tel événement prédéterminé(e) est détecté(e) par le calculateur 4, le sous-procédé 20 reboucle sur l'étape initiale 22 de détermination de la distance entre le

véhicule 2 et le prochain élément d'infrastructure routière 6 situé sur l'itinéraire du véhicule 2, en prenant en compte la nouvelle position courante du véhicule 2. Un tel événement prédéterminé est par exemple un événement de type perturbation sur l'itinéraire du véhicule. Une telle condition
5 prédéterminée est par exemple s'il y a un écart entre la vitesse réelle du véhicule 2 et la prédiction effectuée par le calculateur 4, ou encore s'il y a un écart entre l'état effectif du prochain élément d'infrastructure routière 6 et la prédiction effectuée par le calculateur 4.

Le procédé de commande de la vitesse du véhicule 2 comporte une étape
10 finale 54 au cours de laquelle le calculateur 4 transmet, à destination du groupe motopropulseur du véhicule 2, une commande de vitesse établie en fonction du profil de vitesse optimal du véhicule pris en compte au cours de l'une des étapes 34, 44, 48 ou 52. Lorsque le véhicule 2 comporte un régulateur de vitesse, la commande de vitesse est transmise à ce régulateur par le calculateur
15 4, le régulateur de vitesse calculant alors une vitesse de consigne établie en fonction de cette commande de vitesse. La vitesse du véhicule 2 est alors régulée selon cette vitesse de consigne (qui peut varier en fonction de la commande de vitesse calculée). Le véhicule 2 peut également être, en variante, un véhicule autonome ou semi-autonome, auquel cas la commande
20 de vitesse peut être transmise directement par le calculateur 4 au groupe motopropulseur du véhicule 2. En variante encore, le procédé 20 d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule 2 selon l'invention peut être utilisé pour recommander au conducteur le profil de vitesse optimal du véhicule 2 pris en compte par le calculateur 4 (dans ce cas de figure, il n'y a plus d'étape
25 finale 54). Cette recommandation est par exemple effectuée via un affichage d'informations sur le dispositif d'affichage 14, de telles informations prenant par exemple la forme d'une zone graphique colorée (dynamique) de recommandation, à l'intérieur de laquelle le conducteur est incité à positionner une aiguille matérialisant la vitesse du véhicule 2 (la position de l'aiguille étant
30 commandée par la pédale d'accélérateur).

Une fois que le véhicule a franchi l'élément d'infrastructure routière 6, le procédé de commande de la vitesse du véhicule 2 reboucle sur le sous-procédé 20 pour le prochain élément d'infrastructure routière se situant sur l'itinéraire du véhicule 2.

Le procédé d'optimisation de la consommation énergétique d'un véhicule 2 selon l'invention permet au véhicule 2 de calculer le meilleur profil de vitesse à suivre pour parvenir au prochain élément d'infrastructure routière 6 en parcourant la distance depuis la position actuelle du véhicule 2 jusqu'à cet
5 élément 6, et fournit une synchronisation temporelle optimale avec la phase ou l'état de cet élément d'infrastructure routière 6. Un tel procédé permet ainsi une minimisation optimale de la consommation énergétique du véhicule, et offre des gains sur la consommation énergétique de ce dernier de l'ordre de 10 % à 20 % selon les situations de conduite. En outre, le procédé selon
10 l'invention est applicable à tout type de véhicule (véhicules à deux, trois ou quatre roues, véhicules commerciaux, bus, camions, etc.).

REVENDICATIONS

1. Procédé (20), mis en œuvre dans un calculateur (4) embarqué au sein d'un véhicule (2), d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule (2), le calculateur (4) du véhicule (2) étant relié à un système (8) de gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier, lesdites données statiques et/ou dynamiques comprenant des données d'état relatives à au moins un élément d'infrastructure routière (6) présentant un premier état ouvert ou passant (E1) et un second état fermé ou bloquant (E2), l'élément d'infrastructure routière (6) fonctionnant alternativement dans son premier état (E1) et dans son second état (E2) selon un cycle de fonctionnement (7) fixe, prédéterminé et prédictible, ledit cycle de fonctionnement (7) et lesdites autres données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier étant fournis en entrée du calculateur (4), le véhicule (2) étant muni en outre d'un système (12) de navigation et de positionnement du véhicule (2) relié au calculateur (4), l'itinéraire du véhicule (2) sur une distance prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur (4), le calculateur (4) étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule (2) selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule (2), le procédé (20) comporte les étapes suivantes :
- une détermination (22) de la distance (D1) entre le véhicule (2) et le prochain élément d'infrastructure routière (6) situé sur l'itinéraire du véhicule (2) ;
 - un calcul (26), en fonction de la distance (D1) déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule (2) dans un premier mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière (6) et la durée pour que le véhicule (2) atteigne l'élément d'infrastructure routière (6) sont laissées libres, l'état de l'élément d'infrastructure routière (6) au moment où le véhicule (2) atteindra l'élément d'infrastructure routière (6) étant supposé être le premier état ouvert ou passant (E1) ;

- un calcul (28), en fonction du profil de vitesse optimal calculé, de la durée pour que le véhicule (2) atteigne ledit élément d'infrastructure routière (6) ;
- une détermination (30), en fonction de la durée calculée et du cycle de fonctionnement (7) de l'élément d'infrastructure routière (6), de l'état dudit élément d'infrastructure routière (6) au moment où le véhicule (2) atteindra ledit élément d'infrastructure routière (6) ;
- une comparaison (32) entre ledit état déterminé et le premier état ouvert ou passant (E1) de l'élément d'infrastructure routière (6) ;
- si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière (6) correspond au premier état ouvert ou passant (E1), une prise en compte (34), par le calculateur (4), du profil de vitesse optimal du véhicule (2) calculé selon le premier mode de calcul, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule (2) ;
- si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière (6) ne correspond pas au premier état ouvert ou passant (E1) :
 - un calcul (36), en fonction de la distance (D1) déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule (2) dans un deuxième mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule (2) au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière (6) est fixée à une valeur nulle et est fournie en entrée de la méthode de calcul, et la durée pour que le véhicule (2) atteigne l'élément d'infrastructure routière (6) est laissée libre, l'état de l'élément d'infrastructure routière (6) au moment où le véhicule atteindra l'élément d'infrastructure routière (6) étant supposé être le second état fermé ou bloquant (E2) ;
 - un calcul (38), en fonction du profil de vitesse optimal calculé, de la durée pour que le véhicule (2) atteigne ledit élément d'infrastructure routière (6) ;
 - une détermination (40), en fonction de la durée calculée et du cycle de fonctionnement (7) de l'élément d'infrastructure routière (6), de l'état dudit élément d'infrastructure routière (6) au moment où le véhicule atteindra ledit élément d'infrastructure routière (6) ;

- une comparaison (42) entre ledit état déterminé et le second état fermé ou bloquant (E2) de l'élément d'infrastructure routière (6) ;
 - si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière (6) correspond au second état fermé ou bloquant (E2), une prise en compte (44), par le calculateur (4), du profil de vitesse optimal du véhicule (2) calculé selon le deuxième mode de calcul, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule (2) ;
 - si ledit état déterminé de l'élément d'infrastructure routière (6) ne correspond pas au second état fermé ou bloquant (E2) :
 - un calcul (46), en fonction de la distance (D1) déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule (2) dans un troisième mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule (2) au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière (6) est laissée libre, et la durée pour que le véhicule (2) atteigne l'élément d'infrastructure routière (6) est fixée comme étant la durée de passage de l'élément d'infrastructure routière (6) au prochain premier état ouvert ou passant atteignable par le véhicule (2), ladite durée étant fournie en entrée de la méthode de calcul, l'élément d'infrastructure routière (6) étant supposé venir juste de passer dans son premier état ouvert ou passant (E1) au moment où le véhicule (2) atteindra l'élément d'infrastructure routière (6) ;
 - une prise en compte (48), par le calculateur (4), du profil de vitesse optimal du véhicule (2) calculé selon le troisième mode de calcul, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule (2).
2. Procédé (20) selon la revendication 1, caractérisé en ce que le procédé (20) comporte en outre une étape (50), mise en œuvre lorsqu'aucune étape (26, 36, 46) de calcul d'un profil de vitesse optimal du véhicule (2) ne donne de solution acceptable pour le véhicule (2), de calcul, en fonction de la distance (D1) déterminée, d'un profil de vitesse optimal du véhicule (2) dans un

quatrième mode de calcul de la méthode de calcul dans lequel la vitesse du véhicule (2) au moment d'atteindre ledit élément d'infrastructure routière (6) est fixée à une valeur nulle, et la durée pour que le véhicule (2) atteigne l'élément d'infrastructure routière (6) est fixée comme étant la durée de
5 passage de l'élément d'infrastructure routière (6) au prochain second état fermé ou bloquant (E2), ladite vitesse du véhicule (2) et ladite durée étant fournies en entrée de la méthode de calcul, l'élément d'infrastructure routière (6) étant supposé venir juste de passer dans son second état fermé ou bloquant (E2) au moment où le véhicule (2) atteindra l'élément d'infrastructure routière
10 (6) ; et une étape (52) de prise en compte, par le calculateur (4), du profil de vitesse optimal du véhicule calculé, pour appliquer ou recommander ledit profil de vitesse optimal au véhicule (2).

3. Procédé (20) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le véhicule (2) embarque en outre des moyens (16) de mesure ou d'estimation de
15 la distance entre le véhicule (2) et un autre véhicule précédant immédiatement le véhicule (2) et/ou des moyens (16) de mesure ou d'estimation de la vitesse relative dudit autre véhicule, lesdits moyens de mesure ou d'estimation (16) étant reliés au calculateur (4), et en ce que le procédé (20) comporte en outre une étape (23) de détection d'au moins un autre véhicule roulant dans le même
20 sens que le véhicule (2) et se situant entre le véhicule (2) et le prochain élément d'infrastructure routière (6), sur l'itinéraire du véhicule (2), et, si au moins un tel autre véhicule est détecté, une étape (24) consistant à déterminer la distance entre le véhicule (2) et ledit tel autre véhicule précédant immédiatement le véhicule (2) sur son itinéraire, puis à remplacer, avant la
25 première étape de calcul (26), la distance (D1) déterminée entre le véhicule (2) et le prochain élément d'infrastructure routière (6) par ladite distance entre le véhicule (2) et ledit tel autre véhicule précédant immédiatement le véhicule (2) sur son itinéraire.

4. Procédé (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé
30 en ce que le procédé (20) comporte en outre une phase de détection d'au moins une condition ou d'au moins un événement prédéterminé(e), et en ce que, si au moins une telle condition ou un tel événement prédéterminé(e) est détecté(e), le procédé (20) reboucle sur l'étape (22) de détermination de la distance (D1) entre le véhicule (2) et le prochain élément d'infrastructure

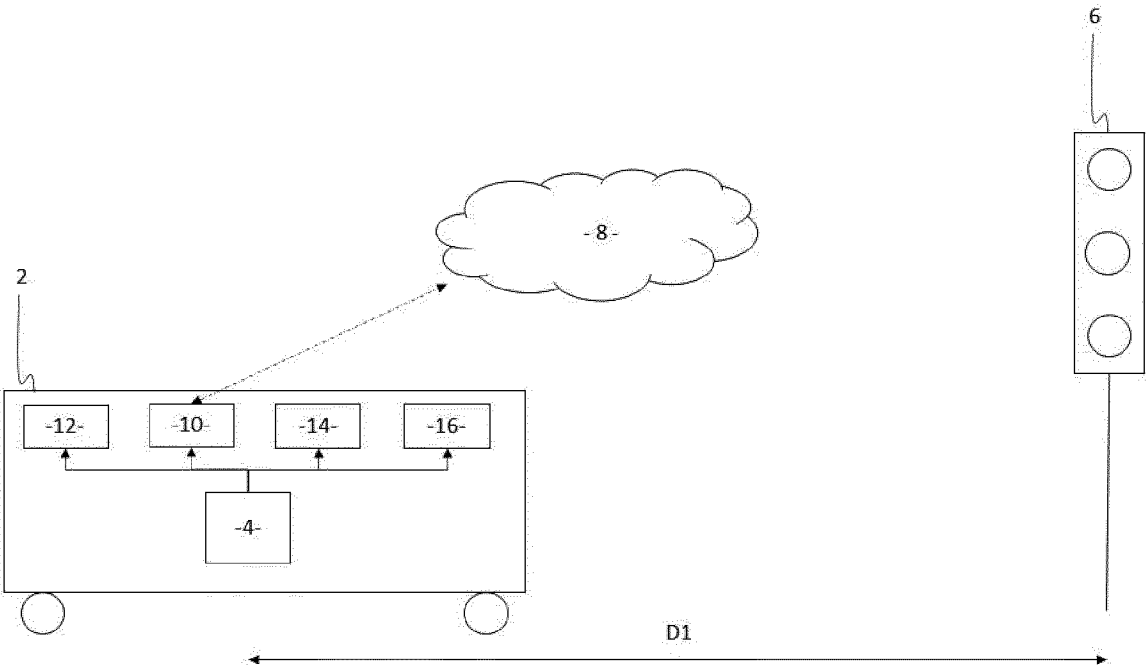
routière (6) situé sur l'itinéraire du véhicule (2), en prenant en compte la nouvelle position courante du véhicule (2).

5. Procédé (20) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite méthode de calcul prédéfinie est une méthode de calcul mettant en œuvre le principe du maximum de Pontryagin.
6. Procédé, mis en œuvre dans un calculateur (4) embarqué au sein d'un véhicule (2), de commande de la vitesse du véhicule (2), le calculateur (4) du véhicule (2) étant relié à un système (8) de gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier, lesdites données statiques et/ou dynamiques comprenant des données d'état relatives à au moins un élément d'infrastructure routière (6) présentant un premier état ouvert ou passant (E1) et un second état fermé ou bloquant (E2), l'élément d'infrastructure routière (6) fonctionnant alternativement dans son premier état (E1) et dans son second état (E2) selon un cycle de fonctionnement (7) fixe, prédéterminé et prédictible, ledit cycle de fonctionnement (7) et lesdites autres données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier étant fournis en entrée du calculateur (4), le véhicule (2) étant muni en outre d'un système (12) de navigation et de positionnement du véhicule et d'un groupe motopropulseur tous deux reliés au calculateur (4), l'itinéraire du véhicule (2) sur une distance prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur (4), le calculateur (4) étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule (2) selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre une minimisation de la consommation énergétique du véhicule (2), caractérisé en ce que le procédé comporte en outre un sous-procédé (20) d'optimisation de la consommation énergétique du véhicule (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, et une étape (54) de transmission, vers le groupe motopropulseur du véhicule (2), d'une commande de vitesse établie en fonction du profil de vitesse optimal du véhicule (2) pris en compte.
7. Calculateur (4) destiné à être embarqué au sein d'un véhicule (2), l'itinéraire du véhicule (2) sur une distance prédéterminée étant prédéfini ou prédit au sein du calculateur (4), le calculateur (4) étant configuré pour calculer un profil de vitesse optimal du véhicule (2) selon une méthode de calcul prédéfinie, ladite méthode de calcul étant configurée pour permettre

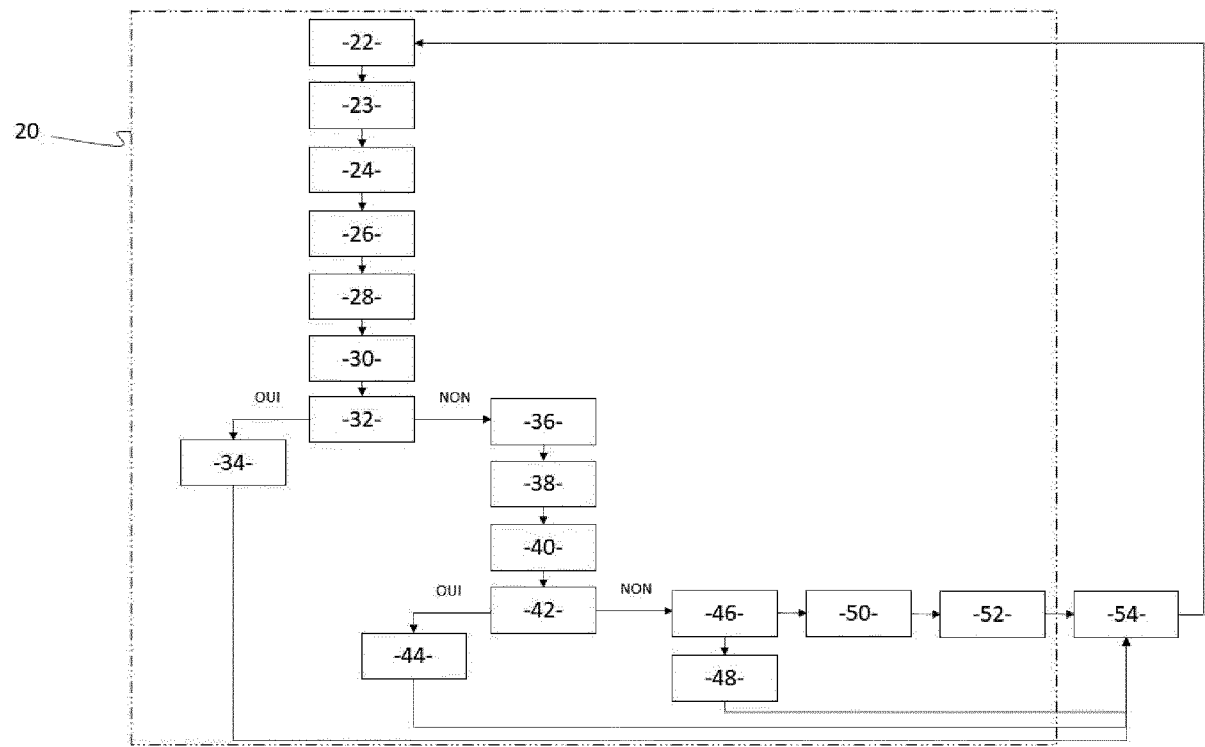
une minimisation de la consommation énergétique du véhicule (2), caractérisé en ce que le calculateur (4) comporte des moyens pour mettre en œuvre les étapes d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

8. Véhicule (2), notamment automobile, caractérisé en ce que le véhicule
- 5 (2) embarque un calculateur (4) selon la revendication 7 et un système (12) de navigation et de positionnement du véhicule (2) relié au calculateur (4), le calculateur (4) étant apte à être relié à un système (8) de gestion de données statiques et/ou dynamiques relatives à l'infrastructure routière et/ou au trafic routier.
- 10 9. Véhicule (2) selon la revendication 8, caractérisé en ce que le véhicule (2) comporte en outre un dispositif d'affichage (14) apte à afficher une vitesse du véhicule (2) et/ou un régulateur de vitesse muni de moyens de calcul d'une vitesse de consigne et relié à un groupe motopropulseur du véhicule (2), ledit
- 15 dispositif d'affichage (14) et/ou ledit régulateur de vitesse étant relié(s) au calculateur (4).
10. Véhicule (2) selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que le véhicule (2) est un véhicule autonome ou semi-autonome.
11. Produit programme d'ordinateur, téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support lisible par ordinateur et/ou
- 20 exécutable par un processeur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions de programme, lesdites instructions de programme étant configurées pour mettre en œuvre les étapes d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 lorsque lesdites instructions sont exécutées sur un calculateur (4) selon la revendication 7.

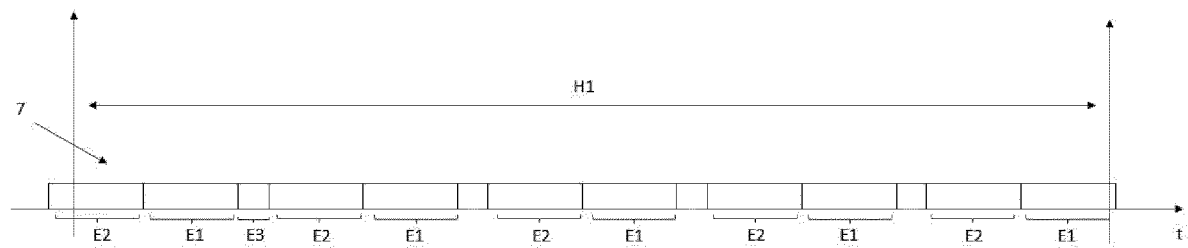
[Fig.1]



[Fig.2]



[Fig.3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/068315

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B60W 30/18**(2012.01)i; **B60W 50/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60W

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2020193295 A1 (RENAULT SAS [FR]; NISSAN MOTOR [JP]) 01 October 2020 (2020-10-01) the whole document	1-11
A	US 2020408299 A1 (JEON BYEONG WOOK [KR] ET AL) 31 December 2020 (2020-12-31) the whole document	1-11
A	WO 2017089569 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 01 June 2017 (2017-06-01) the whole document	1-11
A	DE 102020202803 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 09 September 2021 (2021-09-09) the whole document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 September 2023

Date of mailing of the international search report

21 September 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Granier, Frédéric

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/068315

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020193295	A1	01 October 2020	CN	113874926	A	31 December 2021
				EP	3948820	A1	09 February 2022
				FR	3094319	A1	02 October 2020
				JP	7173374	B2	16 November 2022
				JP	2022538712	A	06 September 2022
				KR	20210138009	A	18 November 2021
				US	2022055624	A1	24 February 2022
				WO	2020193295	A1	01 October 2020
US	2020408299	A1	31 December 2020	KR	20210002216	A	07 January 2021
				US	2020408299	A1	31 December 2020
WO	2017089569	A1	01 June 2017	CN	108290575	A	17 July 2018
				CN	108349371	A	31 July 2018
				DE	102015223588	A1	01 June 2017
				EP	3380353	A1	03 October 2018
				EP	3380379	A1	03 October 2018
				US	2018265069	A1	20 September 2018
				US	2018265070	A1	20 September 2018
				WO	2017089565	A1	01 June 2017
DE	102020202803	A1	09 September 2021	WO	2017089569	A1	01 June 2017
				NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2023/068315

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60W30/18 B60W50/00 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B60W		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2020/193295 A1 (RENAULT SAS [FR]; NISSAN MOTOR [JP]) 1 octobre 2020 (2020-10-01) le document en entier -----	1-11
A	US 2020/408299 A1 (JEON BYEONG WOOK [KR] ET AL) 31 décembre 2020 (2020-12-31) le document en entier -----	1-11
A	WO 2017/089569 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 1 juin 2017 (2017-06-01) le document en entier -----	1-11
A	DE 10 2020 202803 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 9 septembre 2021 (2021-09-09) le document en entier -----	1-11
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 13 septembre 2023		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 21/09/2023
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Granier, Frédéric

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2023/068315

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2020193295 A1	01-10-2020	CN 113874926 A EP 3948820 A1 FR 3094319 A1 JP 7173374 B2 JP 2022538712 A KR 20210138009 A US 2022055624 A1 WO 2020193295 A1	31-12-2021 09-02-2022 02-10-2020 16-11-2022 06-09-2022 18-11-2021 24-02-2022 01-10-2020
US 2020408299 A1	31-12-2020	KR 20210002216 A US 2020408299 A1	07-01-2021 31-12-2020
WO 2017089569 A1	01-06-2017	CN 108290575 A CN 108349371 A DE 102015223588 A1 EP 3380353 A1 EP 3380379 A1 US 2018265069 A1 US 2018265070 A1 WO 2017089565 A1 WO 2017089569 A1	17-07-2018 31-07-2018 01-06-2017 03-10-2018 03-10-2018 20-09-2018 20-09-2018 01-06-2017 01-06-2017
DE 102020202803 A1	09-09-2021	AUCUN	