

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2012/160045 A1

(43) Date de la publication internationale
29 novembre 2012 (29.11.2012)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
B60L 15/20 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2012/059441
- (22) Date de dépôt international :
22 mai 2012 (22.05.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1154555 25 mai 2011 (25.05.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **COM-MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES** [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **GROS-SARD, Mathieu** [FR/FR]; 66, Avenue de la Marne, F-

92120 Montrouge (FR). **KACHROUDI, Sofiene** [TN/FR]; 53, Rue de la glacière, F-75013 Paris (FR). **ABROUG, Neil** [CZ/FR]; 30, Rue de Bretagne, F-92140 Clamart (FR).

(74) Mandataires : **LUCAS, Laurent** et al.; Marks & Clerk France, Immeuble Visium, 22, avenue Aristide Briand, F-94117 ARCUEIL Cedex (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, 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, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF MANAGING THE ENERGY CONSUMED BY A MOBILE SYSTEM, IN PARTICULAR A MOTOR VEHICLE, ON-BOARD DEVICE IMPLEMENTING SUCH A METHOD

(54) Titre : PROCÉDE DE GESTION DE L'ENERGIE CONSOMMEE PAR UN SYSTEME MOBILE, NOTAMMENT UN VEHICULE AUTOMOBILE, DISPOSITIF EMBARQUE METTANT EN ŒUVRE UN TEL PROCÉDE

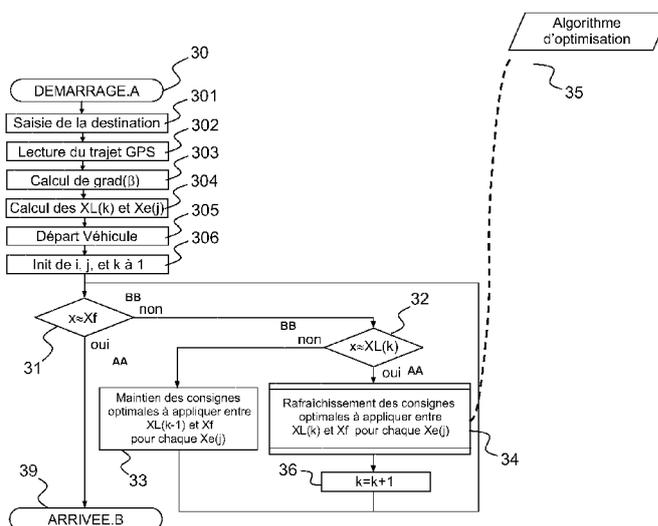


FIG.3

- 30 START.A
301 Enter destination
302 Read GPS path
303 Calculate grad(β)
304 Calculate the XL(k) and Xe(j)
305 Vehicle departure
306 Init i, j, and k to 1
33 Maintain optimal setpoints to be applied between XL(k-1) and Xf for each Xe(j)
34 Refresh optimal setpoints to be applied between XL(k) and Xf for each Xe(j)
39 ARRIVAL.B
35 Optimization algorithm
AA yes
BB no

(57) Abstract : The method presents at least one set of trajectories which is composed of the trajectory of a setpoint for controlling the motive unit and of the trajectory of a setpoint for controlling at least one auxiliary item of equipment, the trajectory of a setpoint describing the evolution of said setpoint as a function of the position of the mobile system, said trajectories being calculated with respect to objectives given according to an optimization algorithm whose variables are formed of said setpoints, said method comprising: - a preliminary step comprising itself: - a substep (301, 302) of storing an approximate profile of said path in the form of straight line segments, forming a series of sampled positions XL(k) along the path, a sampled position XL(k) corresponding to the passage from one segment to the next segment; - a substep (304) of sampling said profile according to a spatial interval Xe, forming a series of sampled positions Xe(j) along the path; the trajectories being set to be recalculated at each sampled position XL(k) according to the optimization algorithm (35), the setpoints being constant over a given segment, a simulation predicting the energy environment of the mobile system up to the point of arrival B being performed at each sampled position Xe(j) as a function of said setpoints and at least of the approximate profile of the remaining path, the optimization algorithm taking account of the result of the simulation to calculate the setpoints of the trajectories.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2012/160045 A1



(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), 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Le procédé présente au moins un ensemble de trajectoires composé de la trajectoire d'une consigne pour commander l'organe moteur et de la trajectoire d'une consigne pour commander au moins un équipement auxiliaire, la trajectoire d'une consigne décrivant l'évolution de ladite consigne en fonction de la position du système mobile, lesdites trajectoires étant calculées par rapport à des objectifs donnés selon un algorithme d'optimisation dont les variables sont formées desdites consignes, ledit procédé comportant :

- une étape préliminaire comportant elle-même :
- une sous-étape (301, 302) de mémorisation d'un profil approximé dudit trajet sous formes de segments de droites, formant une suite de positions échantillonnées XL(k) le long du trajet, une position échantillonnée XL(k) correspondant au passage d'un segment au segment suivant;
- une sous-étape (304) d'échantillonnage dudit profil selon un pas spatial Xe, formant une suite de positions échantillonnées Xe(j) le long du trajet; les trajectoires étant mises à recalculées à chaque position échantillonnée XL(k) selon l'algorithme d'optimisation (35), les consignes étant constantes sur un segment donné, une simulation prédisant l'environnement énergétique du système mobile jusqu'au point d'arrivée B étant effectuée à chaque position échantillonnée Xe(j) en fonction desdites consignes et au moins du profil approximé du trajet restant, l'algorithme d'optimisation tenant compte du résultat de la simulation pour calculer les consignes des trajectoires.

**PROCEDE DE GESTION DE L'ENERGIE CONSOMMEE PAR UN
SYSTEME MOBILE, NOTAMMENT UN VEHICULE AUTOMOBILE,
DISPOSITIF EMBARQUE METTANT EN ŒUVRE UN TEL PROCEDE**

La présente invention concerne un procédé de gestion de l'énergie consommée par un système mobile. Elle concerne également un dispositif mettant en œuvre un tel procédé. Elle s'applique notamment pour les véhicules électriques.

5

De plus en plus de véhicules à motorisation purement électriques sont utilisés, notamment dans les zones urbaines. L'utilisation des véhicules électriques offre de nombreux avantages. Les batteries sont des composants critiques pour ces types de véhicules. De façon plus générale, la gestion de l'énergie pour ces véhicules est une problématique totalement différente de celle des véhicules thermiques, à énergie fossile.

En particulier, les batteries embarquées au sein des véhicules électriques possèdent une capacité énergétique finie. Par ailleurs, la recharge électrique d'une batterie nécessite un temps très important. Par conséquent, il est primordial pour le conducteur d'un tel véhicule d'être assuré que la quantité d'énergie stockée dans les batteries est suffisante pour parcourir un trajet désiré tout en activant les équipements auxiliaires qui assurent le confort des passagers.

Pour les véhicules thermiques, la question de la gestion des équipements auxiliaires (chauffage, climatisation, etc...) ne se pose pas puisque l'énergie fossile est disponible sur les réseaux routiers en de nombreux points de ravitaillement. Ainsi, la stratégie de gestion des auxiliaires se réduit à satisfaire les demandes du conducteur. Dans le cas des véhicules électriques, cette stratégie simple peut devenir rapidement irréalisable. Les capacités de stockage sont limitées et les recharges actuellement absentes. Satisfaire à tout prix les confortés demandés (via les auxiliaires de chauffage, autoradio,...) peut rapidement épuiser les ressources en énergie de la batterie. Cela peut se faire au détriment de l'objectif de la mission qui est d'arriver à destination du parcours.

La mise en place d'une stratégie de gestion d'énergie tenant compte de la minimisation de l'énergie consommée, de la contrainte d'arrivée à destination et la satisfaction des confortés, peut devenir contraignante pour le conducteur.

30

En effet, ces critères peuvent en effet imposer un mode de conduite très lent et une non-satisfaction des demandes de vitesse du conducteur.

De nombreux articles présentent des solutions pour réaliser des systèmes de gestion de l'énergie dans les véhicules hybrides, à motorisation thermique et électrique. Ces systèmes sont encore appelés EMS, acronyme de
5 l'expression anglo-saxonne « Energy Management Systems ». Le terme EMS pourra être utilisé par la suite.

En règle générale, ces articles présentent des stratégies de gestion de l'énergie ayant pour but de chercher le meilleur scénario d'activation du
10 moteur thermique et/ou électrique à un instant donné vis-à-vis de critères liés à la consommation et/ou émission polluante d'un véhicule. Ces stratégies ne permettent pas de gérer à la fois la satisfaction des indices de confort des véhicules, notamment les demandes des équipements auxiliaires, la consommation électrique de la batterie et les indices de performances des
15 véhicules, tels que le temps de parcourt par exemple, dans le cas d'une motorisation purement électrique.

Dans le domaine de la gestion de l'énergie des véhicules à motorisation purement électrique, on peut citer la demande de brevet EP1462300 A1. Dans ce document, le but est de permettre la gestion du niveau de charge et
20 décharge de la batterie par le conducteur grâce à certaines informations données au conducteur du véhicule. Un inconvénient de la solution proposée est qu'elle nécessite l'emploi d'un chargeur de batterie, ce qui est une contrainte forte.

25 Un but de l'invention est notamment de fournir des consignes optimales pour qu'un conducteur, ou plus généralement un organe de commande, doit appliquer pour minimiser à la fois les temps de parcours et la consommation d'énergie tout en répondant au mieux aux demandes d'activation des équipements auxiliaires.

30 A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de gestion de l'énergie consommée par un système mobile, pour un trajet donné entre un point de départ A et un point d'arrivée B, ledit procédé présentant au moins un ensemble de trajectoires composé de la trajectoire d'une consigne pour commander l'organe moteur et de la trajectoire d'une consigne pour
35 commander au moins un équipement auxiliaire, la trajectoire d'une consigne décrivant l'évolution de ladite consigne en fonction de la position du système mobile, lesdites trajectoires étant calculées par rapport à des objectifs

3

donnés selon un algorithme d'optimisation dont les variables sont formées desdites consignes, ledit procédé comportant :

- une étape préliminaire comportant elle-même :
- une sous-étape de mémorisation d'un profil approximé dudit trajet sous formes de segments XL de droites, formant une première suite de positions échantillonnées XL(k) le long du trajet, une position échantillonnée XL(k) correspondant au passage d'un segment au segment suivant ;
- une sous-étape d'échantillonnage dudit profil selon un pas spatial Xe, formant une deuxième suite de positions échantillonnées Xe(j) le long du trajet ;

les trajectoires étant recalculées à chaque position échantillonnée XL(k) de la première suite selon l'algorithme d'optimisation, les consignes étant constantes sur un segment donné XL, une simulation prédisant l'environnement énergétique du système mobile jusqu'au point d'arrivée B étant effectuée à chaque position échantillonnée Xe(j) de la deuxième suite en fonction desdites consignes et au moins du profil approximé du trajet restant, l'algorithme d'optimisation tenant compte du résultat de la simulation pour calculer les consignes des trajectoires.

Dans un mode de réalisation possible, l'algorithme d'optimisation est une méta-heuristique à essaim particulaire, une particule étant composée desdites consignes.

Les segments du profil approximé sont par exemple fonction de l'élévation du trajet, un segment représentant une section de trajet de pente constant.

L'environnement énergétique prédit comporte par exemple au moins l'état de la ressource d'énergie.

Dans un mode de mise en œuvre particulier où le système mobile est un véhicule, la consigne pour commander l'organe moteur est le couple moteur demandé audit véhicule. Dans ce cas, l'environnement énergétique comporte peut comporter par ailleurs la vitesse du véhicule, le temps de trajet restant et au moins une variable de sortie d'un équipement auxiliaire.

La simulation est par exemple effectuée aussi en fonction des conditions de circulation sur le trajet restant.

Plusieurs objectifs donnés étant composés chacun d'une combinaison d'un ou plusieurs objectifs pris dans un ensemble d'objectifs O1, O2, O3, plusieurs ensembles de trajectoires peuvent être présentés, une trajectoire calculée par rapport à une combinaison d'objectifs.

Le véhicule utilisant l'énergie électrique, la ressource d'énergie étant des batteries électriques, les combinaisons d'objectifs sont créées parmi les objectifs suivant O1, O2, O3 :

- 5 - O1 : minimiser la charge électrique totale consommée par les batteries, charge transmise au moteur électrique et énergie transmise à l'équipement auxiliaire ;
- O2 : minimiser le temps de parcours entre le point de départ A et le point d'arrivée B ;
- 10 - O3 : minimiser l'écart entre la sortie de l'équipement auxiliaire demandée et la sortie réelle dudit équipement.

Les consignes définies par les trajectoires peuvent être présentées au conducteur du véhicule sous forme d'instructions visuelles ou vocales.

15 L'invention a également pour objet un dispositif de gestion de l'énergie consommée par un système mobile. Le dispositif étant apte à être embarqué dans un système mobile, il comporte au moins un calculateur, des moyens pour capter les positions dudit système, des capteurs pour mesurer l'état de la ressource d'énergie dudit système, et des capteurs donnant des informations de sortie des équipements auxiliaires, lesdits moyens et lesdits
20 capteurs étant interfacés au calculateur, le calculateur mettant en œuvre le procédé tel que décrit précédemment.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- 25 - la figure 1, le profil réel d'un exemple de trajet destiné à être parcouru par un véhicule, et son profil approximé ;
- la figure 2, une illustration d'exemples d'échantillonnage spatiaux le long du trajet approximé ;
- la figure 3, un organigramme d'un exemple d'algorithme général
30 mettant en œuvre un procédé de gestion de l'énergie selon l'invention ;
- la figure 4, un exemple d'algorithme d'optimisation ;
- la figure 5, une illustration de la coopération entre l'algorithme d'optimisation et une simulation de l'état d'un véhicule sur un trajet
35 restant à parcourir ;
- la figure 6, un exemple d'algorithme de simulation ;

- la figure 7, un exemple de résultat d'une gestion de l'énergie selon l'invention sous forme de la présentation de trois trajectoires, donnant des consignes à appliquer.

5 La figure 1 présente le profil d'un exemple de trajet, destiné à être parcouru par un véhicule, entre un point de départ A et un point d'arrivée B. En particulier, elle présente l'élévation de la route en fonction de la position d'un véhicule le long de ce trajet. Le profil réel 1 de la route est approximé par une fonction linéaire 2 par un ensemble de segments.

10 L'invention est décrite pour l'application à un véhicule. Elle s'applique à tous types de systèmes mobiles parcourant un trajet donné. L'invention s'applique avantageusement à un système mobile tracté à partir d'une seule source d'énergie. Ainsi, l'invention peut s'appliquer à un véhicule à propulsion entièrement électrique par l'intermédiaire d'une batterie fournissant seule
15 l'énergie au moteur électrique de traction.

La mise en œuvre de l'invention nécessite l'utilisation d'un calculateur électronique à l'intérieur du véhicule capable de collecter via un protocole de communication, de type CAN par exemple, un ensemble de signaux de la représentatifs du niveau de charge de la batterie, de la vitesse d'avance du
20 véhicule, et du niveau d'utilisation des équipements auxiliaires notamment. Ce calculateur embarque un simulateur du véhicule afin de pouvoir prédire la consommation d'énergie sur le parcours. L'invention utilise aussi par exemple un GPS afin de connaître les informations routières futures sur l'inclinaison de la route. La connaissance par GPS des informations de trafic
25 routier peut par ailleurs être avantageusement utilisée.

Dans la suite de la description, on considère à titre d'exemple le chauffage comme seul équipement auxiliaire dans le véhicule. D'autres auxiliaires pourraient être pris en compte, en particulier les équipements audio, la climatisation ou l'éclairage intérieur par exemple. De façon générale,
30 l'invention prend au moins en compte le moteur électrique et l'ensemble de la chaîne de traction du véhicule, ainsi qu'au moins un équipement auxiliaire de confort.

Dans l'exemple qui suit, on choisit donc deux variables X de contrôle, ou
35 consignes, sur lesquelles le conducteur peut agir :

- le couple demandé au moteur ;
- la position du chauffage demandée.

Dans le véhicule électrique considéré, il est possible d'effectuer des phases de freinage récupérateur d'énergie. Ainsi le couple moteur demandé peut être positif, cas de la propulsion, ou négatif, cas de la décélération. La variable de couple est par exemple renseignée en pourcentage de sa valeur maximale admissible. La variable de position du chauffage est une variable

5 entière. Chaque position correspond à une puissance fixe destinée à chauffer l'habitacle du véhicule.

Dans le cadre de l'invention, la trajectoire d'une variable X correspond à l'évolution de cette variable en fonction de la position, du point de départ A

10 jusqu'au point d'arrivée B. Ainsi la trajectoire du couple moteur est la valeur du couple fournie par le moteur à chaque position du trajet. La description des trajectoires est donc faite par rapport à une référence spatiale plutôt qu'à une référence temporelle, en particulier pour les deux raisons suivantes :

- le trajet est connu a priori via des coordonnées de position, informations GPS, le temps d'arrivée étant inconnu et constituant un

15 paramètre d'optimisation ;

- certaines variables du modèle du véhicule pour la simulation sont fonction de la position ou de l'élévation, par exemple le couple demandé varie essentiellement avec l'élévation.

20 Les deux variables, couple moteur demandé et position de chauffage demandée, sont calculées sur tout le trajet. A cet effet, le trajet est échantillonné selon une période spatiale X_e , des tests étant effectués à chacune des positions échantillonnées selon un algorithme de gestion dont un exemple sera décrit par la suite. Il est à noter qu'un nombre important

25 d'échantillons peut être considéré sur un trajet relativement long. A titre d'exemple on peut prendre $X_e = 10$ mètres.

Il est cependant possible d'effectuer une simplification en introduisant une deuxième catégorie d'échantillons spatiaux XL, les échantillons XL étant par exemple défini par les segments 2 approximant le profil du trajet, chaque

30 segment correspondant à un échantillon XL. Ces échantillons XL correspondent aux pas de rafraichissement des consignes. En effet sur un segment de trajet à pente fixe sous des conditions de trafic stationnaire, un conducteur type demande en première approximation une même consigne de couple moteur tout au long de ce segment, correspondant à un

35 échantillon XL. Les variations réelles du couple autour de cette consigne moyenne peuvent être omises sur un tel segment de route. Par ailleurs, un

conducteur change la consigne de demande en chauffage en un nombre plus restreint de pas spatiaux que les pas Xe.

Un objectif global de la stratégie de gestion de l'énergie à l'intérieur d'un véhicule est de déterminer les valeurs optimales de ces deux variables sur
5 l'ensemble du trajet échantillonné, vis-à-vis par exemple des trois objectifs suivants O1, O2, O3 :

- O1 : minimiser la charge électrique totale consommée par des batteries ou tout autre type de ressource d'énergie, charge transmise
10 au moteur électrique et énergie transmise au chauffage ;
- O2 : minimiser le temps de parcours entre le point de départ et le point d'arrivée ;
- O3 : minimiser l'écart entre la température d'habitacle demandée par le conducteur et la température réellement existante dans l'habitacle
15 sous l'action du système de chauffage.

Pour un équipement auxiliaire autre que le chauffage, l'objectif O3 peut être formulé comme suit :

- O3 : minimiser l'écart entre la sortie de l'équipement auxiliaire demandée et la sortie réelle dudit équipement.
- 20 En plus de ces objectifs, la stratégie de gestion doit satisfaire plusieurs contraintes, parmi lesquelles par exemple les contraintes suivantes C1, C2, C3, C4 :
- C1 : la charge instantanée des batteries doit être toujours supérieure à un seuil fixe, afin de préserver la durée de vie des batteries ;
 - 25 - C2 : le temps de parcours doit être supérieur à un seuil fixe ;
 - C3 : l'écart entre température demandée et réelle ne doit pas dépasser un seuil fixe ;
 - C4 : la vitesse du véhicule ne doit pas excéder un certain seuil, afin de respecter les limitations de vitesse le long du trajet.

30 Il est à noter que dans le cas d'un véhicule thermique, les deux derniers objectifs peuvent être facilement atteints puisque le réservoir d'énergie est de capacité infinie, recharge rapide et disponible en carburant. Dans le cas d'un véhicule électrique, ces deux objectifs ne sont plus aussi facilement atteints. La stratégie de gestion que met en œuvre l'invention effectue notamment un
35 arbitrage entre ces objectifs contradictoires tout en respectant les contraintes énoncées.

Entre un point de départ A et un point d'arrivée B, l'ensemble des trajectoires considérées sont le couple mécanique fourni par le moteur et la position de chauffage, ainsi par exemple que l'état de charge des batteries, la vitesse du véhicule, le temps de parcours et la température de l'habitacle. La trajectoire de chacune de ses informations peut être représentée par une courbe
5 de chacune de ses informations peut être représentée par une courbe représentant leur valeur en fonction de la position du véhicule le long du trajet entre le point A et le point B.

Un objectif de la stratégie de gestion de l'énergie selon l'invention est de fournir trois ensembles de trajectoires entre les points A et B, un ensemble
10 de trajectoires basses, un ensemble de trajectoires hautes et un ensemble de trajectoires dit pseudo-optimales, ces trajectoires pouvant être définies comme suit :

- Trajectoires basses : ces trajectoires sont obtenues en tenant compte des objectifs O1 et O3, on utilise le terme « basse » car la vitesse du
15 véhicule qui résulte de cette optimisation est théoriquement plus basse que celles obtenues en considérant les autres ensembles d'objectifs ;
- Trajectoires hautes : ces trajectoires sont obtenues en tenant uniquement compte des objectifs O2 et O3, dans ces trajectoires la
20 vitesse du véhicule devrait être plus importante que celle obtenue par les trajectoires basses ;
- Trajectoires pseudo-optimales : ce sont les trajectoires obtenues en tenant compte des trois objectifs O1, O2, O3 simultanément.

De préférence, ces trajectoires sont proposées au conducteur du véhicule, sous une forme ergonomique donnée. Le conducteur a alors toujours la
25 possibilité de décider d'accélérer ou de freiner, et de changer la consigne de puissance de chauffage. Les trois ensembles de trajectoires servent notamment à assister le conducteur et à le rassurer sur la possibilité d'arrivée à la destination de son trajet avec la quantité d'énergie électrique
30 stockée. L'invention permet de proposer au conducteur les trajectoires optimales selon ses préférences et son mode de conduite par exemple.

La figure 2 illustre les échantillonnages spatiaux X_e et X_L définis précédemment pour un profil de trajet donné représenté par une courbe 21.
35 Les échantillons X_e sont représentés à l'intérieur d'un segment 22 encadré par deux valeurs d'échantillons X_L .

Au point de départ A, les trois ensembles de trajectoires sont calculées et déterminées en fonction des informations connues sur le trajet. Ces trajectoires sont mises à jour en des points particuliers correspondants aux instants d'échantillonnages spatiaux. En un point de mise à jour, les trois ensembles de trajectoires sont recalculées à partir de l'historique, du profil de trajet restant, de la température extérieure et des mesures collectées en ce point. Ces mesures indiquent par exemple l'état de charge des batteries, la température de l'habitacle et le temps de parcours jusqu'à ce point. L'historique comprend notamment les enregistrements des trajectoires calculées aux instants d'échantillonnages précédents.

Le calcul des trajectoires optimales est réalisé à partir d'une formalisation du problème de gestion EMS en un problème d'optimisation mono-objectif sous contraintes contenant plusieurs variables de décision.

On se réfère à la figure 2. Au k-ème point de mise à jour du parcours, position échantillonnée $XL(k)$ de la série XL, l'objectif est de déterminer les trajectoires optimales jusqu'à la position finale X_f . La mise à jour précédente a eu lieu au point $X(k-1)$, les points $X(k-1)$ et $X(k)$ encadrant un segment 22. Dans l'exemple de la figure 2, deux segments consécutifs ne sont pas colinéaires, ce qui signifie en pratique que le passage d'un segment à l'autre se fait à un changement d'inclinaison de la pente de la route. On pourrait cependant envisager des cas où deux segments consécutifs sont colinéaires, sans changement d'inclinaison, par exemple dans le cas où un segment est trop long, il peut être subdivisé. A l'intérieur des segments, jusqu'à la position finale X_f , le trajet est échantillonné selon le pas X_e .

Pour la mise à jour au point $XL(k)$, point de rupture de segment, il s'agit de déterminer les couples demandés au moteur, propulsion et freinage, ainsi que les positions de consigne du chauffage, prévus jusqu'à la position finale X_f , au point B. Ces variables, couple et position de chauffage, sont déterminées de façon à minimiser un critère mettant en jeu les trois objectifs O_1 , O_2 et O_3 de la section 22 précédente $X(k-1)$, $X(k)$, et respectant les quatre contraintes C_1 , C_2 , C_3 et C_4 .

La figure 3 présente l'organigramme d'un exemple d'algorithme général mettant en œuvre un exemple de stratégie EMS selon l'invention depuis le démarrage du véhicule à un point A jusqu'à un point B d'arrivée, destination finale. Au démarrage dans une étape préliminaire, au point A, plusieurs opérations sont effectuées :

- 301, saisie des coordonnées géographiques de la destination ;
- 302, lecture du trajet par le dispositif GPS, le profil du trajet peut être approximé durant cette étape ;
- 303, calcul du gradient de température sur le trajet en fonction des informations météorologiques disponibles ;
- 304, détermination des deux séries de positions échantillonnées X_L et X_e à partir du profil approximé 2 tel qu'illustré par exemple par la figure 1 ;
- 305, ordre de départ du véhicule se traduisant notamment par l'activation du couple moteur ;
- Initialisation des indices i , j et k à 1, indices correspondant respectivement à un pas temporel T_e d'échantillonnage le long du trajet, au pas d'échantillonnage spatial X_e , et au pas d'échantillonnage spatial X_L de mise à jour des consignes optimales.

L'algorithme commence et se poursuit alors par une suite de deux tests 31, 32. Ces tests sont effectués selon le pas d'échantillonnage temporel T_e , c'est-à-dire que tous les T_e , on effectue ces tests. On note $X(i)$ une position échantillonnée selon T_e .

Dans un premier test 31, la position $X(i)$ est comparée à la valeur finale X_f . Lorsque la valeur $X(i)$ est sensiblement égale à la valeur X_f , par ailleurs mémorisée, le véhicule a atteint le point d'arrivée B, il est à sa destination finale 39. Dans le cas contraire, la position $X(i)$ est comparée, dans un deuxième test 32, à une position échantillonnée $X_L(k)$ de changement de consigne. Si la valeur $X(i)$ n'est pas égale à $X_L(k)$, les consignes optimales à appliquer entre le point $X_L(k-1)$ et le point final X_f sont maintenues 33 pour toutes les positions $X_e(j)$. Si la valeur $X(i)$ est sensiblement égale à $X_L(k)$, on applique le rafraichissement des consignes optimales pour chaque position $X_e(j)$ entre la position $X_L(k)$ et X_f 34. La position $X_L(k)$ est incrémentée d'un pas X_L , à $X_L(k+1)$ pour le prochain test 32. Après ce test, à l'issue duquel il y a maintien 33 ou rafraichissement des consignes 34, l'algorithme est rebouclé sur le premier test 31 où le pas $X(i+1)$ est comparé avec la position X_f , puis si X_f n'est pas atteint $X(i+1)$ est comparé à $X_L(k)$ ou $X_L(k+1)$ selon que X_L ait été incrémenté ou non.

Les positions $X(i)$ et $X_L(k)$ ne coïncident pas obligatoirement, on prévoit donc un intervalle de distance L_ϵ tel que $|X_L(k) - X(i)| < L_\epsilon$ signifie que la position $X_L(k)$ est atteinte. Il en est de même avec X_f . Les positions du véhicule sont

déteectées par des capteurs de position, par exemple à l'aide d'un système GPS, la distance L_ε prenant en compte les incertitudes de mesures.

Le rafraichissement, ou mise à jour, des consignes est par exemple effectué pas un algorithme d'optimisation.

L'algorithme d'optimisation choisi est par exemple à essaim particulaire. Il est bien sûr possible d'utiliser d'autres méta-heuristiques telles que les algorithmes génétiques ou les algorithmes de colonies de fourmis par exemple. Le problème d'optimisation peut être formulé par la minimisation d'une fonction mono-objectif sous contrainte. La fonction mono-objectif est la somme pondérée des objectifs $O1, O2, O3$. Ce problème est ainsi formulé dans le tableau suivant pour une position $X(i)$, notée X_i , coïncidant avec une position $XL(k)$:

$$\text{minimiser } \left\{ \begin{array}{l} \alpha \times O1(Cp, Pc, Etat_i, Param_trajet) \\ +\beta \times O2(Cp, Etat_i, Param_trajet) \\ +\gamma \times O3(Pc, Etat_i, Param_trajet) \end{array} \right\}$$

où

- α, β et γ : Coefficients de pondération
- Cp : couple demandé au moteur de X_i jusqu'à X_f (pourcentage des couples de propulsion maximal et de freinage maximal)
- Pc : position du chauffage de X_i jusqu'à X_f (entier)
- $Etat_i$: état du véhicule (charge batterie, température habitacle, vitesse véhicule, etc...)
- $Param_trajet$: paramètres relatifs au trajet (longueur, profil de route, température extérieure, etc...)

15 sous les contraintes suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} -1 \leq Cp \leq 1 \\ 0 \leq Pc \leq nPcMax \\ Etat_min \leq Etat \leq Etat_max \end{array} \right.$$

où

- $Etat_min$ et $Etat_max$: état du véhicule minimal et maximal
- $nPcMax$: Puissance maximale demandée au chauffage

Dans le tableau ci-dessus, n correspond à une position discrète de la consigne de chauffage. Le couple Cp est normalisé et varie entre -1, pour le couple minimum en freinage, et +1, pour le couple maximal en propulsion.

Il est à noter que le passage d'une trajectoire optimale à une autre se fait en pondérant différemment la fonction objectif à minimiser selon les valeurs α, β, γ .

5 Ce problème d'optimisation est mono-objectif sous contrainte avec un espace de recherche de très grande dimension. Il doit par ailleurs prendre en compte simultanément des variables à valeurs réelles, telles que la valeur du couple moteur demandé, et entières, telles que la position de chauffage.

10 Ce problème d'optimisation peut être difficile à résoudre par des techniques d'optimisation courantes. L'utilisation d'une méta-heuristique permet de surmonter la difficulté. L'algorithme d'optimisation par essais particuliers, algorithme itératif, a notamment comme avantage d'être simple à implémenter dans un calculateur embarqué dans un véhicule. C'est une méthode basée sur l'existence d'une population de particules, correspondant aux solutions, qui se déplacent dans l'espace de recherche des solutions
15 admissibles. Chaque particule possède une mémoire qui lui permet de retrouver sa meilleure position, selon le critère d'optimisation. Elle a également accès aux meilleures positions de ses voisines. La particule à un plan de vol qui lui permet de connaître sa destination future dans l'espace de recherche. Ce plan de vol est calculé à partir de sa meilleure position dans le
20 passé, la meilleure position de l'ensemble des particules et son dernier vecteur de déplacement, appelé par abus de langage vitesse. Dans la présente invention, une particule correspond à un jeu des variables d'état du système. Dans l'exemple présent, une particule correspond au couple moteur demandé C_p et à la position de chauffage n . Par exemple, une
25 particule correspond à :

- $C_p = 10\%$ du couple maximum ;
- $n = 4$.

La position future d'une particule i est déterminée au moyen des deux équations présentées dans le tableau suivant :

30

$$\text{Eq 1} \quad \begin{cases} V_i(t+1) = \omega \times V_i(t) + c_1 \times r_1 \times (P_i(t) - P_i^{best}(t)) + c_2 \times r_2 \times (P_i(t) - P_{glob}^{best}(t)) \\ P_i(t+1) = P_i(t) + \chi \times V_i(t+1) \end{cases}$$

où

$V_i(t)$: vecteur vitesse ou déplacement à l'itération t

$P_i(t)$: vecteur position à l'itération t

$P_i^{best}(t)$: meilleur vecteur position de la particule i

$P_{glob}^{best}(t)$: meilleur vecteur position de toutes les particules

r_1, r_2 : nombres aléatoires entre 0 et 1

ω, c_1, c_2, χ : paramètres de réglage de l'algorithme

Pour rendre plus robuste cette méta-heuristique et permettre d'assurer une convergence vers l'optimum global, on peut effectuer les opérations suivantes :

- variation dynamique déterministe ou aléatoire de certains paramètres de l'algorithme ;
- limitation du vecteur déplacement pour empêcher des déplacements trop importants, qui peuvent avoir tendance à faire sortir les particules du domaine des solutions admissibles ou les confiner aux frontières de l'espace de recherche ;
- introduction de l'opérateur de mutation, déjà utilisé dans les algorithmes génétiques, pour éviter la stagnation des particules ou une convergence prématurée vers un optimum local.

Pour les variables entières, telles que les positions de chauffage, une méthode simple consiste à relaxer la contrainte d'intégrité en autorisant l'utilisation de variables réelles. Pour passer ces variables à l'évaluation via un modèle de simulation, on approxime la valeur réelle par l'entier le plus proche.

20

La figure 4 présente l'algorithme d'optimisation où l'on retrouve notamment les étapes décrites précédemment. Toutes les particules, ou solutions, sont évaluées vis-à-vis du critère à minimiser, optimisation, et des contraintes. Ce critère et ces contraintes font appel à un simulateur du véhicule, ayant son propre algorithme 40, capable de déterminer l'état du système d'une position $X(i)$ à une position X_f . L'utilisation du simulateur à l'intérieur de l'algorithme d'optimisation est notamment illustrée par la figure 4. Dans une étape initiale 41 on effectue l'initialisation des particules. Cette étape est suivie d'une

25

étape 42 d'évaluation des particules initialisée selon le critère d'optimisation et les contraintes, à l'aide du simulateur 40. Cette étape est suivie d'une étape 43 de mise à jour des particules selon le système d'équation précédent (Eq1). Elle est suivie d'une étape 44 d'évaluation. Cette étape effectuée
5 l'évaluation des nouvelles particules selon le critère d'optimisation et selon les contraintes, à l'aide du simulateur 40. Cette étape d'évaluation est suivie d'une étape 45 de mise à jour de la meilleure position de chaque particule, elle-même suivie d'une étape 46 de mise à jour de la meilleure particule de l'essaim. Après cette étape 46, on passe à l'itération suivante 47 en se
10 rebouclant sur l'étape 43 de mise à jour des particules. Lorsque l'itération maximale est atteinte 48, l'algorithme s'arrête.

La figure 5 illustre la coopération entre la méta-heuristique 51, correspondant par exemple à l'algorithme d'optimisation de la figure 4, et le simulateur 40.
15 Le simulateur 40 a notamment pour fonction de prédire les consommations énergétiques de la chaîne de traction et du chauffage, et plus généralement de tous les auxiliaires, sur le parcours restant. Ce simulateur est destiné à être appelé autant de fois qu'il y a de particules à chaque itération de l'algorithme par essais particuliers. Le nombre total d'appels du simulateur
20 peut ainsi atteindre quelques milliers pour un scénario donné. Le temps de cycle de la simulation doit être compatibles des différents paramètres d'échantillonnage. Dans un souci de simplification, la modélisation peut être limitée en première approximation au comportement du véhicule et des seuls organes consommant l'essentiel de l'énergie des batteries, c'est-à-dire la
25 traction électrique et le chauffage. Dans un contexte plus général prenant en compte d'autres auxiliaires, l'énergie consommée par ces derniers peut être négligée.

Dans les paragraphes qui suivent, on considère la synthèse d'un simulateur de la chaîne de traction. Pour l'expression analytique du modèle du véhicule,
30 on utilise les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Dynamique longitudinale : Une modélisation exhaustive de la chaîne d'actionnement d'un véhicule prend en compte les 6 degrés de liberté du véhicule et découple la dynamique du véhicule de celle des 4
35 roues. Cela conduit à une équation différentielle de degré 10. Afin de simplifier le modèle afin de l'embarquer dans un calculateur véhicule EGV, on modélise seulement la dynamique longitudinale du véhicule.

- Glissement nul sur la chaussée : La distinction entre les dynamiques du véhicule et des roues (prise en compte du glissement roue-chaussée) n'est pertinente que s'il y a besoin de modéliser l'ABS.
- 5 • Négligence de la dynamique du moteur : Compte tenu des temps de réponse très brefs du moteur par rapport à la dynamique du véhicule, la dynamique du moteur n'est pas modélisée. Le moteur étant asservi en couple, le couple moteur est quasi-égal au couple de consigne.

10 Suite aux hypothèses simplificatrices précédentes, on peut identifier 4 sous-systèmes de la chaîne de traction :

- Le moteur et son variateur
- La transmission mécanique
- La dynamique longitudinale du véhicule
- Un modèle de la batterie

15

En ce qui concerne les équations régissant ces différents sous-systèmes :

20 Servomoteur : Les pertes en puissance d'un moteur asynchrone ne sont pas stationnaires, elles sont fonctions du couple et du régime moteur. Une cartographie statique représente le comportement moteur et son rendement. Ceci permet d'identifier la puissance électrique consommée par le moteur à chaque instant.

25 Transmission mécanique : La transmission est modélisée par un gain en vitesse correspondant au ratio noté N des vitesses moteur (rd/s) et véhicule (m/s), et un gain en couple, ratio du couple moteur (N.m) et effort véhicule (N). Le gain en effort et en vitesse est supposé identique, les pertes étant modélisées au niveau du moteur.

30 Dynamique du véhicule : Suite à la réduction de la dynamique du véhicule à sa seule composante longitudinale sans glissement, celle-ci peut être décrite par l'équation différentielle non linéaire (dynamique quadratique) de premier ordre suivante :

$$35 \quad M\ddot{X} = \pm F_t - f_s \cos(\beta) \operatorname{sign}(\dot{X}) - f_{aero} \dot{X} |\dot{X}| - Mg \sin(\beta)$$

avec :

- M : Somme de la masse du véhicule et des inerties en rotation (moteur, transmission, roue) ramenés à une masse totale en translation
- F_t : Force de traction ou de freinage selon le signe
- 5 - f_s : Couple de frottement sec
- f_{aero} : Coefficient de résistance aérodynamique
- β : pente de la route à l'instant courant

10 Il est à noter que la force de freinage est due au frein moteur uniquement et correspond à une consigne de couple négative, alors que la force de traction correspond à une consigne positive.

Batterie : L'état de la charge de la batterie, encore appelé SOC selon l'expression anglo-saxonne « State Of charge », est la différence entre l'énergie totale emmagasinée et l'énergie consommée par les différents
15 organes qui y sont connectés :

$$SOC(t) = E_0 - \int IU dt$$

où $I(t)$ est le courant traversant le moteur, et $U(t)$ est la tension aux bornes du moteur, et E_0 est fonction de la température notamment. Cependant, dans un premier temps, on peut le considérer constant en se réservant la possibilité
20 d'introduire la caractéristique $E_0=f(T^\circ)$ ultérieurement.

Lorsque les équations des différentes équations régissant les sous-systèmes sont établies, on effectue le paramétrage du modèle pour ces sous-systèmes.

25 Moteur : A titre d'exemple, on considère un moteur asynchrone ABM d'une puissance de l'ordre 15 kW. Une série de mesures permettent de fournir une cartographie des pertes de puissance en fonction de la vitesse et du couple moteur. Cette cartographie se présente comme une surface 3D fonction de la vitesse et du couple moteur, elle est numérisée et stockée dans le système.
30 Pour diminuer les temps de calcul, la cartographie peut être interpolée sous forme d'équations polynomiales pour décrire la surface 3D.

Transmission mécanique : Le paramètre de ration N suivant :

$$N = \frac{\text{ForceTraction}}{\text{CoupleMoteur}} = \frac{\text{VitesseMoteur}}{\text{VitesseVehicule}}$$

définit le gain de transmission et correspond au ratio du gain du réducteur par le rayon de la roue motrice.

5 Dynamique du véhicule :

- Masse : $M = M_{vide} + M_{PackBatteries} + M_{ChargeUtile} = 500 + 140 + 200 = 840\text{kg}$
- Coefficient de frottement sec : $f_s = 0,3$
- Coefficient aérodynamique : $f_{aero} = C_x S = 0,3 \times 1,5 = 0,45\text{N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^2$

10

Batterie : La batterie retenue est par exemple constituée de 10 cellules de 1,766 KWh chacune, soit $E_0 = 10 \times 1,766 = 17,66\text{ kWh} = 63576\text{ Méga Joules}$.

15 On revient à la figure 5. La sortie du modulateur 40 constitue une entrée de l'algorithme d'optimisation 51 dans le sens où le simulateur calcule un état du système (Vitesse $V(x)$, température $t(x)$, SOC(x) notamment) pour les positions $X(i)$ échantillonnées jusqu'à X_f , cet état représente l'environnement énergétique du véhicule. Cet état est utilisé pour l'évaluation des particules

20 mises à jour. De même la sortie de l'algorithme d'optimisation constitue une entrée du simulateur dans ce sens où l'algorithme fournit le couple moteur et la position de chauffage optimum au simulateur pour effectuer la simulation du véhicule, cet état (couple moteur, position de chauffage) étant défini dans

25 l'étape 46 de mise à jour de la meilleure particule. Dans des applications prenant en compte d'autres équipements auxiliaires que le chauffage, cet état ou environnement énergétique prendrait en compte la variable de sortie de ces équipements, le volume sonore d'un autoradio ou la température de sortie d'une climatisation par exemple. La simulation est aussi effectuée en fonction des conditions de circulation sur le trajet restant, telles que les

30 conditions climatique ou l'intensité du trafic routier.

Le comportement du véhicule est régi par des équations différentielles temporelles non-linéaires. Ces équations temporelles sont échantillonnées selon un pas temporel T_s de simulation avant de procéder à leur intégration numérique. T_s est par exemple de l'ordre de 2 secondes. L'algorithme

35 d'optimisation par essaim particulaire échantillonne, quant à lui, les différents états (couple, vitesse et SOC notamment) au pas spatial X_e , les consignes

étant rafraichies au pas des échantillons XL. La méta-heuristique 51 et le simulateur 40 échangent des données d'entrée et de sortie. Les mêmes états sont donc exprimés dans deux espaces différents, temporel et spatial. Il est nécessaire que les entrées/sorties d'un module 51 soit compatible avec les entrées/sorties de l'autre module 40.

Le passage de données exprimées dans l'espace temporel vers un espace spatial ne pose pas de problème particulier. Après avoir obtenu tous les états dans le domaine temporel, on dispose du vecteur position en fonction du temps, la correspondance entre les informations spatiales et temporelle étant alors définie. Les différentes valeurs des vecteurs d'états calculés aux instants successifs sont ainsi interpolées en fonction de la position $X_e(j)$.

Le passage inverse, de l'espace spatial vers l'espace temporel, est nécessaire afin de déterminer la consigne en couple et chauffage à considérer à chaque itération temporelle du simulateur. On fait l'hypothèse qu'à l'instant nul, la position est également nulle, $C_m(x=0)=C_m(t=0)$, C_m étant le couple moteur. À chaque itération, la nouvelle position du véhicule est calculée et comparée aux échantillons spatiaux correspondant à des changements de consignes. Dans le cas où il y a correspondance, le couple de consigne pour l'itération temporelle suivante du simulateur est ré-estimé en affectant le couple correspondant à cette position critique dans le vecteur de consigne $c=f(x)$.

L'objectif du simulateur étant d'estimer les vitesses et SOC sur un trajet dont la position finale est connue, la condition de sortie du simulateur est spatiale et non temporelle. Il est à noter que, dans certains cas atypiques envisagés par la méthode d'optimisation stochastique, le véhicule peut ne pas atteindre la destination, il est donc nécessaire d'ajouter une condition de sortie sur un nombre maximal d'itérations.

La figure 6 présente l'algorithme de fonctionnement du simulateur 40 conformément à la description qui précède. En particulier, à l'instant d'échantillonnage temporel d'ordre i , le simulateur calcule dans une première étape 61 la position $X(i)$ du véhicule, la vitesse $V(i)$ du véhicule, l'état de charge des batteries $SOC(i)$ et la température $T^\circ(i)$ à l'intérieur de l'habitacle, au moyens de capteurs connus de l'homme de l'art. Les données $V(i)$, $SOC(i)$ et $T^\circ(i)$ sont transmises à l'algorithme d'optimisation.

$X(i)$ est ensuite comparée 62 à X_f pour déterminer si le véhicule est arrivé à destination 60. Si ce n'est pas le cas, $X(i)$ est comparé 63 à la prochaine

position échantillonnée $X_e(j)$. Si $X(i)$ est différent de $X_e(j)$, la consigne est maintenue. Dans le cas contraire, $X(i)$ est sensiblement égale à $X_e(j)$, la consigne est incrémentée 65, elle est maintenue jusqu'au pas spatial suivant. L'indice j est alors incrémenté d'une unité 1 de sorte que la prochaine
5 comparaison 63 sera faite avec $X_e(j+1)$. A l'instant d'échantillonnage temporel suivant 67, on reboucle sur la première étape 61 de calcul de position, de vitesse, d'état de charge et de température, soit $X(i+1)$, $V(i+1)$, $SOC(i+1)$ et $T^{\circ}(i+1)$.

La période d'échantillonnage temporelle est la période d'échantillonnage
10 évoquée précédemment, elle peut être égale à la période T_e utilisée pour l'algorithme général présenté en figure 3.

La figure 7 présente un exemple de résultat final de la stratégie d'optimisation à un instant donnée ou à une position donnée, dans cet
15 exemple à la position $XL(k)$. Ce résultat présente les trois trajectoires optimales, la trajectoire moyenne 71, la trajectoire haute 72 et la trajectoire basse 73. Ces trajectoires représentent la valeur du couple moteur demandé en fonction de la position. Les valeurs des couples sont constantes sur les segments 22 dont le pas XL est variable, étant donné que ces segments
20 n'ont pas tous la même longueur. Ils correspondent en effet par exemple à des tronçons de pente constante comme indiqué précédemment. A l'intérieur de ces segments, la consigne de couple est donc constante. Chaque trajectoire prédit les valeurs de couples optimales de la position $XL(k)$ jusqu'à la fin du trajet à la position X_f . Elles sont calculées pour minimiser la
25 consommation, le temps parcours et/ou permettre le maximum de confort à l'aide de la stratégie mise en œuvre par le procédé selon l'invention, tel que décrit précédemment. En fonction des objectifs fixés au départ et des contraintes liées au parcours.

Ces trois ensembles de trajectoires sont restituées au conducteur afin qu'il
30 adapte son mode de conduite. De préférence elles ne sont pas restituées sous une forme brute telle qu'illustrée par la figure 7. Elles peuvent être restituées sous une forme ergonomique adaptée à la situation d'un conducteur automobile, par exemple sous forme d'instruction vocales ou visuelles, simples à lire dans le cas visuel.

35 Les algorithmes mettant en œuvre le procédé selon l'invention sont par exemple implémentés dans un ordinateur embarqué dans le véhicule, ce ordinateur étant interfacé avec les différents capteurs fournissant les

données d'entrées nécessaires tels que les positions notamment, la vitesse ou encore les températures internes et externe par exemple, ainsi que les mesures de l'état des batteries.

- 5 L'invention a été décrite pour un véhicule automobile en prenant en compte un seul auxiliaire. Elle peut être appliquée à la conduite d'un véhicule sans pilote. Les recommandations ou les propositions de conduite et de commande des auxiliaires au conducteur issues des trajectoires de la figure 7 sont alors utilisées comme signaux d'instruction à des organes de
- 10 commande du couple moteur et des auxiliaires. Il faut alors prévoir des interfaces entre le calculateur embarqué et les différents organes de commande.

L'invention est aussi adaptée pour la gestion d'énergie de robots, ces derniers ayant une batterie comme source d'énergie. Dans ce cas, un

15 exemple d'auxiliaire est la commande d'un membre du robot, un bras notamment, s'ajoutant à la commande principale destinée au déplacement du robot.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de gestion de l'énergie consommée par un système mobile, pour un trajet donné entre un point de départ A et un point d'arrivée B, caractérisé en ce que ledit procédé présente au moins un ensemble de trajectoires composé de la trajectoire d'une consigne pour commander l'organe moteur
5 et de la trajectoire d'une consigne pour commander au moins un équipement auxiliaire, la trajectoire d'une consigne décrivant l'évolution de ladite consigne en fonction de la position du système mobile, lesdites trajectoires étant calculées par rapport à des objectifs donnés selon un algorithme d'optimisation (35) dont les variables sont formées desdites consignes, ledit
10 procédé comportant :

- une étape préliminaire comportant elle-même :
- une sous-étape (301, 302) de mémorisation d'un profil approximé (2) dudit trajet sous formes de segments (XL, 22) de droites, formant une première suite de positions échantillonnées $XL(k)$ le long du trajet, une
15 position échantillonnée $XL(k)$ correspondant au passage d'un segment au segment suivant ;
- une sous-étape (304) d'échantillonnage dudit profil selon un pas spatial X_e , formant une deuxième suite de positions échantillonnées $X_e(j)$ le long du trajet, les positions échantillonnées $X_e(j)$ étant situées
20 à l'intérieur des segments (XL, 22) ;

les trajectoires desdites consignes étant recalculées à chaque position échantillonnée $XL(k)$ de la première suite selon l'algorithme d'optimisation (35), les consignes étant constantes sur un segment donné (XL, 22), une simulation (40) prédisant l'environnement énergétique du système mobile
25 jusqu'au point d'arrivée B étant effectuée à chaque position échantillonnée $X_e(j)$ de la deuxième suite en fonction desdites consignes et au moins du profil approximé du trajet restant, l'algorithme d'optimisation tenant compte du résultat de la simulation pour calculer les consignes des trajectoires.

30 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le système mobile est tracté à partir d'une seule source d'énergie.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'algorithme d'optimisation (35) est une méta-

heuristique à essaim particulière, une particule étant composée desdites consignes.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les segments (22) du profil approximé sont fonction de l'élévation du trajet, un segment (22) représentant une section de trajet de pente constante.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'environnement énergétique prédit comporte au moins l'état de la ressource d'énergie.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le système mobile étant un véhicule, la consigne pour commander l'organe moteur est le couple moteur demandé audit véhicule.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'environnement énergétique comporte la vitesse du véhicule, le temps de trajet restant et au moins une variable de sortie d'un équipement auxiliaire.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que la simulation (40) est effectuée par ailleurs en fonction des conditions de circulation sur le trajet restant.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que plusieurs objectifs donnés étant composés chacun d'une combinaison d'un ou plusieurs objectifs pris dans un ensemble d'objectifs (O1, O2, O3), plusieurs ensembles de trajectoires sont présentés, une trajectoire étant calculée par rapport à une combinaison d'objectifs.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le véhicule utilisant l'énergie électrique, la ressource d'énergie étant des batteries électriques, les combinaisons d'objectifs sont créées parmi les objectifs suivant O1, O2, O3 :

- O1 : minimiser la charge électrique totale consommée par les batteries, charge transmise au moteur électrique et énergie transmise à l'équipement auxiliaire ;
- 5 - O2 : minimiser le temps de parcours entre le point de départ A et le point d'arrivée B ;
- O3 : minimiser l'écart entre la sortie de l'équipement auxiliaire demandée et la sortie réelle dudit équipement.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé
10 en ce que les consignes définies par les trajectoires sont présentées au conducteur du véhicule sous forme d'instructions visuelles ou vocales.

12. Dispositif de gestion de l'énergie consommée par un système mobile,
caractérisé en ce que ledit dispositif est apte à être embarqué dans un
15 système mobile, ledit dispositif comportant au moins un calculateur, des moyens pour capter les positions dudit système, des capteurs pour mesurer l'état de la ressource d'énergie dudit système, et des capteurs donnant des informations de sortie des équipements auxiliaires, lesdits moyens et lesdits capteurs étant interfacés au calculateur, le calculateur mettant en œuvre le
20 procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

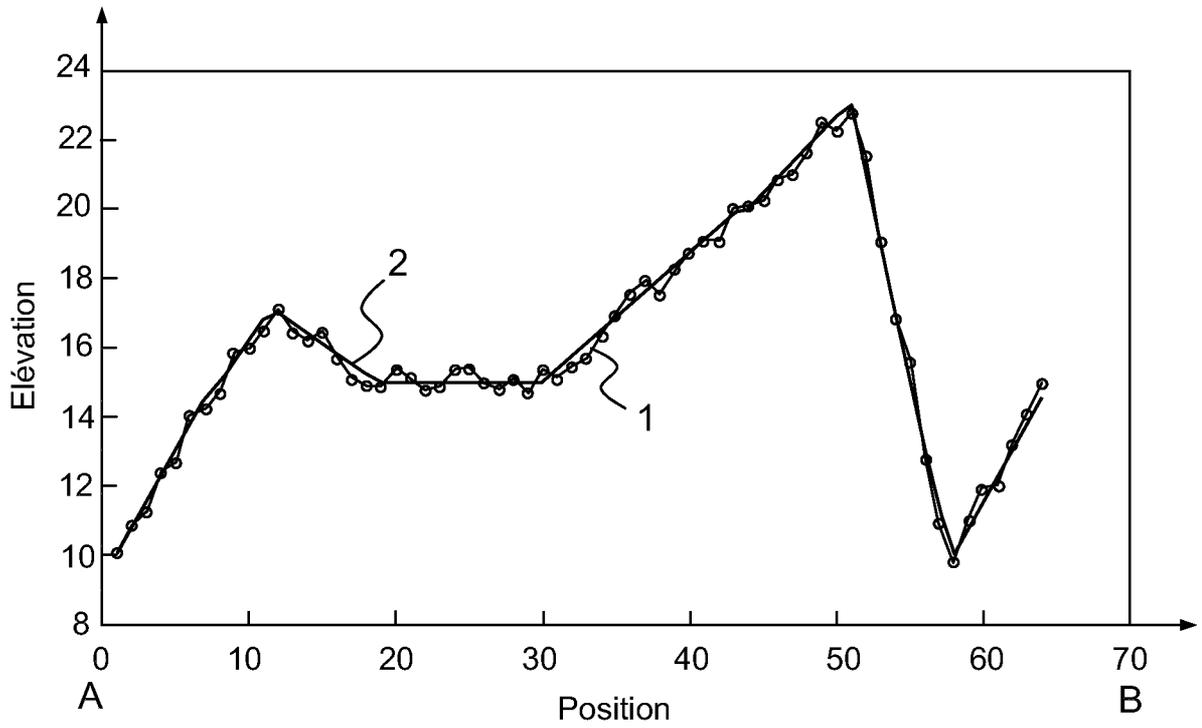


FIG. 1

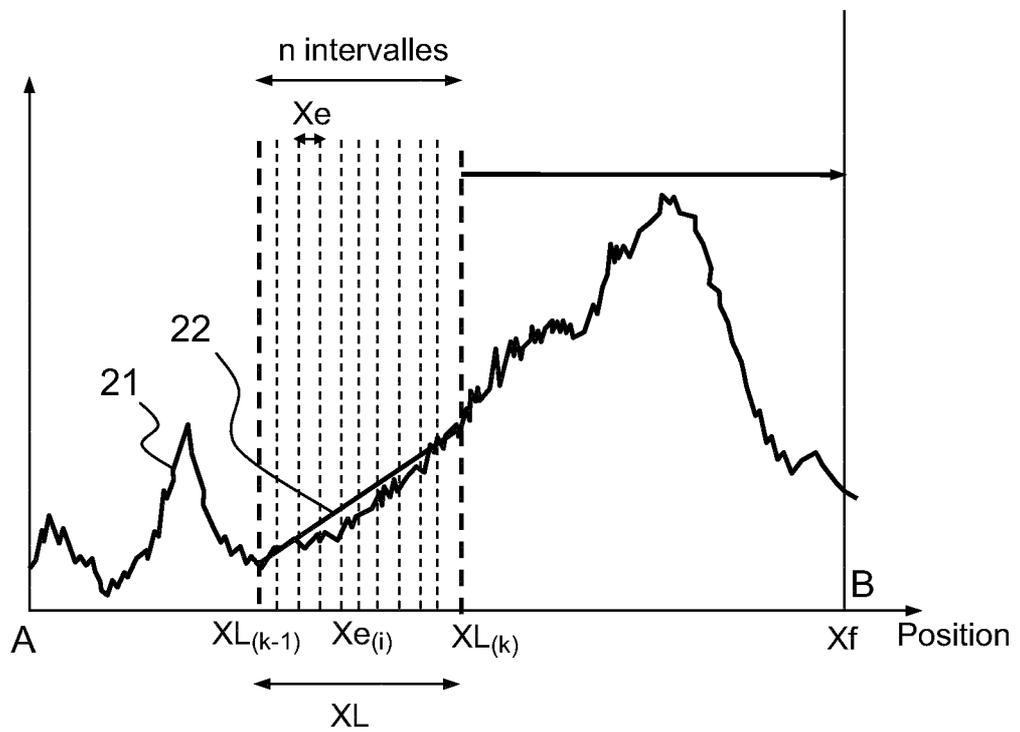


FIG. 2

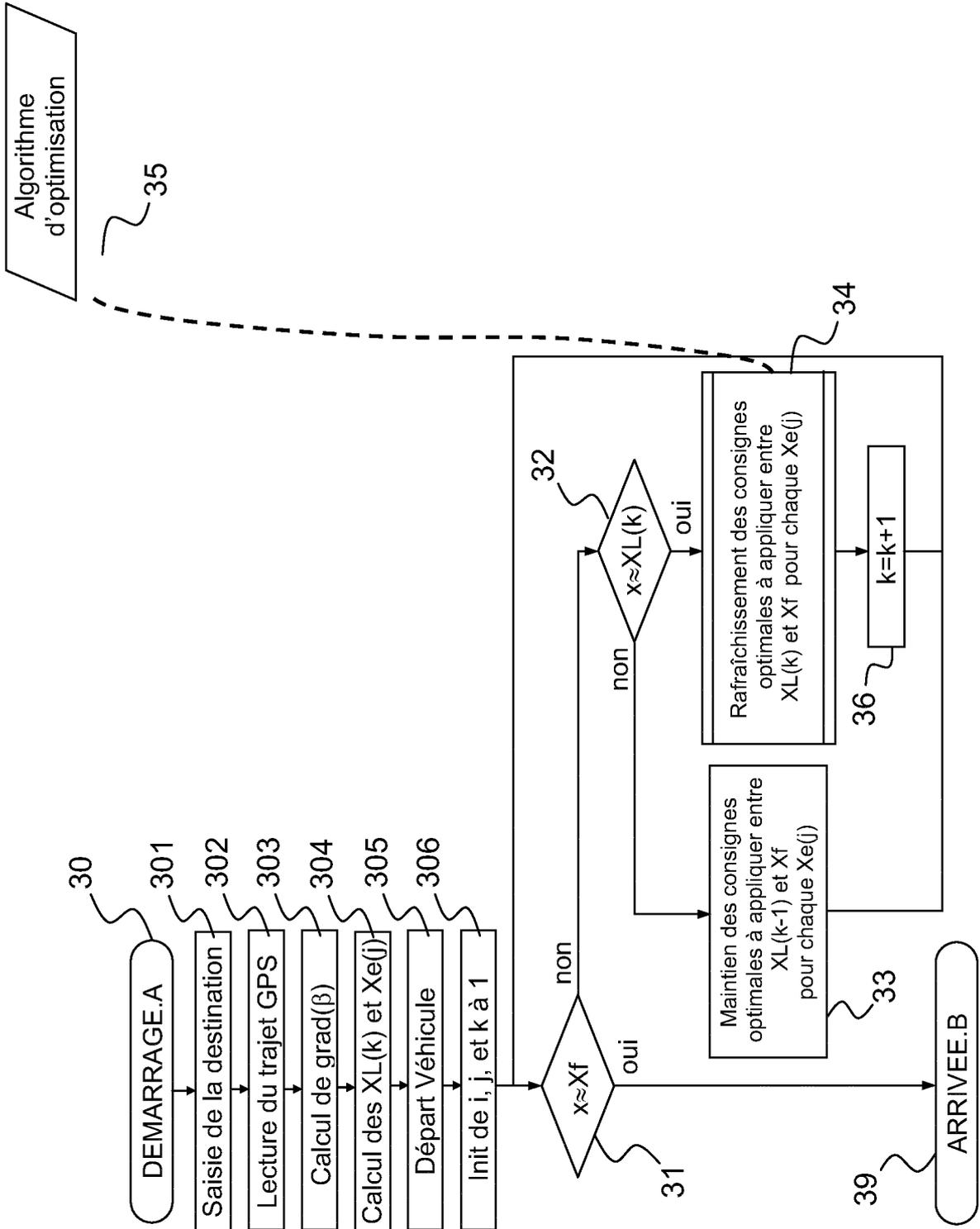


FIG.3

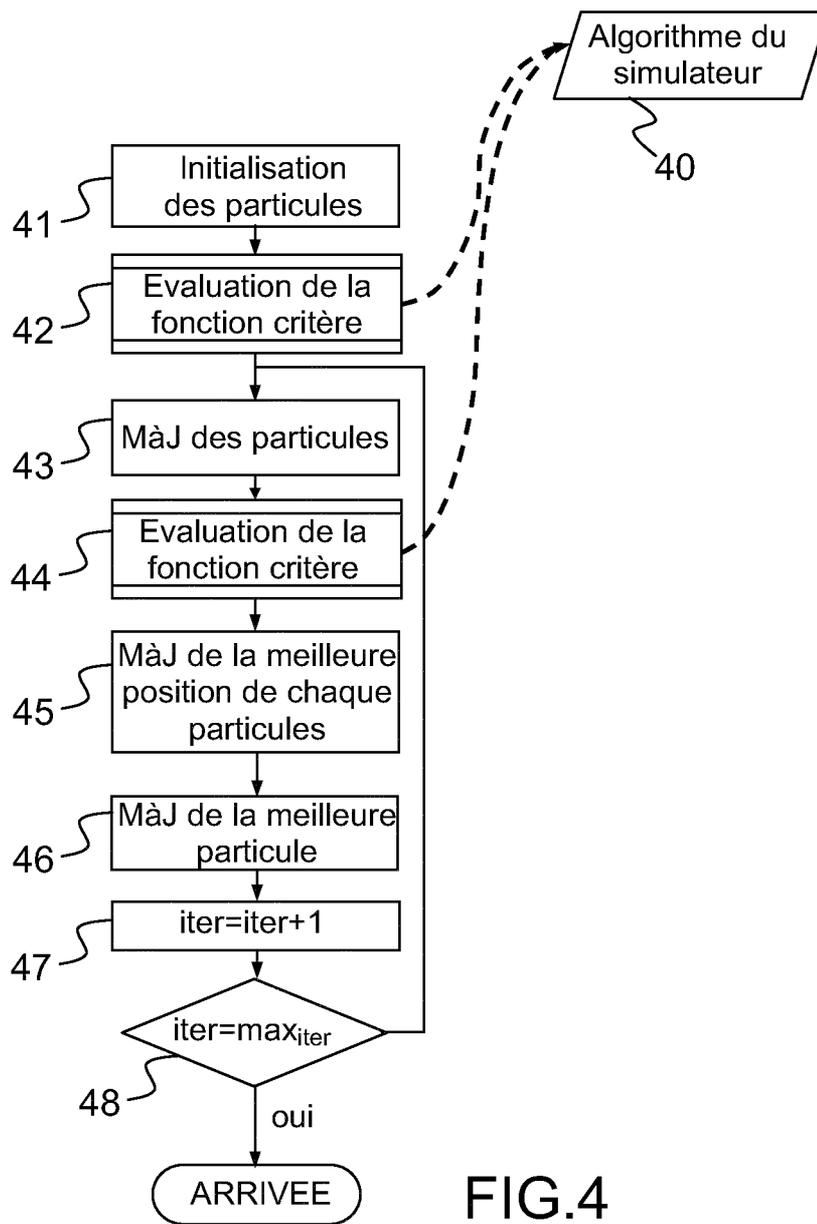


FIG.4

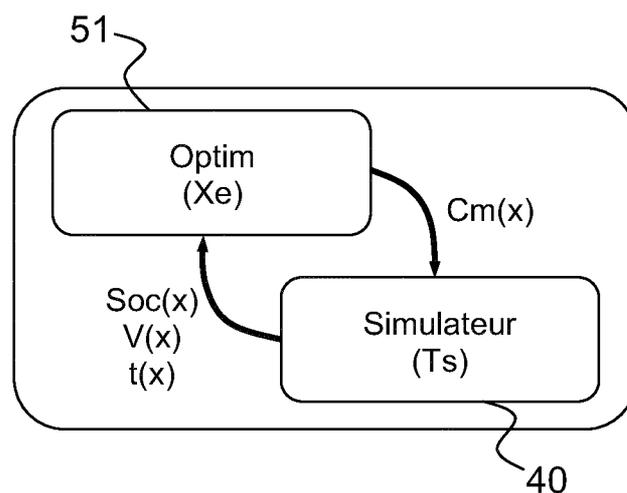


FIG.5

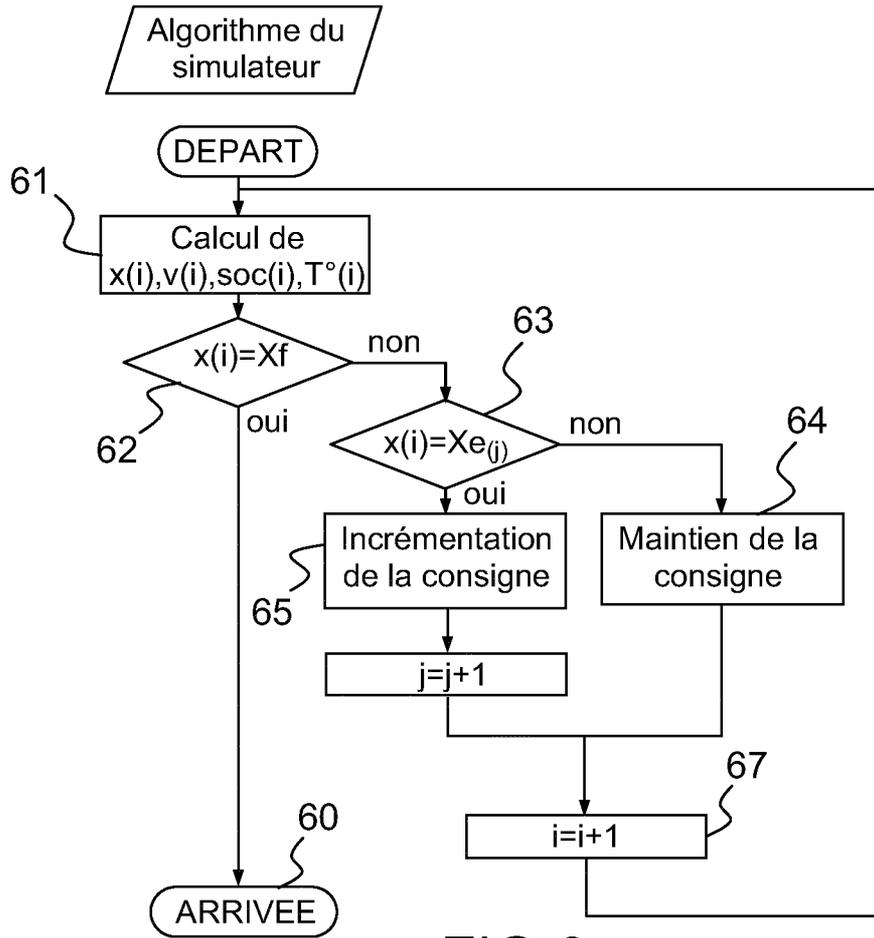


FIG.6

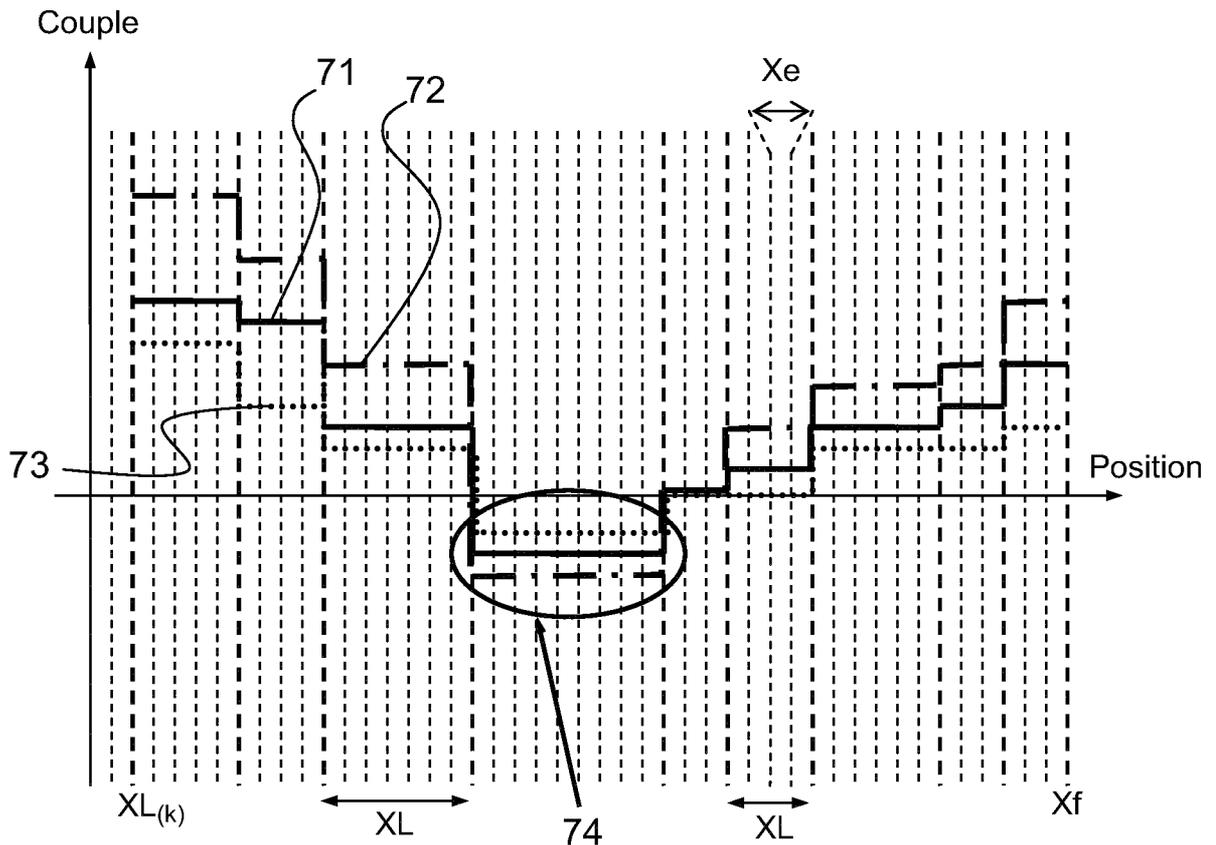


FIG.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/059441

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B60L15/20
ADD.

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)
B60L G01C B60W G08G

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	G-E KATSARGYRI ET AL: "Optimally controlling Hybrid Electric Vehicles using path forecasting", AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2009. ACC '09, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10 June 2009 (2009-06-10), pages 4613-4617, XP031487056, ISBN: 978-1-4244-4523-3	1,2,4-7, 12
Y	abstract; figures 1-4,7; table II	3,8,11
A	page 4613 - page 4617	9,10
Y	----- US 2011/066308 A1 (YANG HONG [US] ET AL) 17 March 2011 (2011-03-17)	8,11
A	abstract; claims 1,3,5,7,11; figures 1, 2,4b paragraphs [0024] - [0026], [0028] - [0030], [0033] -----	1-7,9, 10,12
	-/--	

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 20 August 2012	Date of mailing of the international search report 24/08/2012
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Mallet, Philippe
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/059441

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	BANVAIT HARPREETSINGH ET AL: "Plug-in hybrid electric vehicle energy management system using particle swarm optimization", WORLD ELECTRIC VEHICLE JOURNAL,, vol. 3, 1 May 2009 (2009-05-01), pages 1-11, XP009152774,	3
A	page 4 - page 6; figures 1,4 page 10	1,2,4-12
A	----- QIUMING GONG ET AL: "Trip-Based Optimal Power Management of Plug-in Hybrid Electric Vehicles", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 57, no. 6, 1 November 2008 (2008-11-01), pages 3393-3401, XP011225861, ISSN: 0018-9545, DOI: 10.1109/TVT.2008.921622 abstract; figures 2-4 page 3395 - page 3397 page 3400	1-12
A	----- QIUMING GONG ET AL: "Computationally efficient optimal power management for plug-in hybrid electric vehicles based on spatial-domain two-scale dynamic programming", VEHICULAR ELECTRONICS AND SAFETY, 2008. ICVES 2008. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22 September 2008 (2008-09-22), pages 90-95, XP031345339, DOI: 10.1109/ICVES.2008.4640882 ISBN: 978-1-4244-2359-0 page 93 - page 94; figures 1-4 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/059441

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2011066308	A1	17-03-2011	CN 102019926 A	20-04-2011
			DE 102010036148 A1	24-03-2011
			US 2011066308 A1	17-03-2011

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B60L15/20 ADD.</p>		
<p>Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB</p>		
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</p>		
<p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B60L G01C B60W G08G</p>		
<p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p>		
<p>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</p>		
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</p>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	G-E KATSARGYRI ET AL: "Optimally controlling Hybrid Electric Vehicles using path forecasting", AMERICAN CONTROL CONFERENCE, 2009. ACC '09, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 10 juin 2009 (2009-06-10), pages 4613-4617, XP031487056, ISBN: 978-1-4244-4523-3	1,2,4-7, 12
Y A	abrégé; figures 1-4,7; tableau II page 4613 - page 4617	3,8,11 9,10
Y A	----- US 2011/066308 A1 (YANG HONG [US] ET AL) 17 mars 2011 (2011-03-17) abrégé; revendications 1,3,5,7,11; figures 1, 2,4b alinéas [0024] - [0026], [0028] - [0030], [0033] ----- -/--	8,11 1-7,9, 10,12
<p><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</p>		<p><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</p>
<p>* Catégories spéciales de documents cités:</p>		
<p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p>		<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>
<p>Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée</p> <p>20 août 2012</p>		<p>Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale</p> <p>24/08/2012</p>
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale</p> <p>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Fonctionnaire autorisé</p> <p>Mallet, Philippe</p>

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	BANVAIT HARPREETSINGH ET AL: "Plug-in hybrid electric vehicle energy management system using particle swarm optimization", WORLD ELECTRIC VEHICLE JOURNAL,, vol. 3, 1 mai 2009 (2009-05-01), pages 1-11, XP009152774,	3
A	page 4 - page 6; figures 1,4 page 10	1,2,4-12
A	----- QIUMING GONG ET AL: "Trip-Based Optimal Power Management of Plug-in Hybrid Electric Vehicles", IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 57, no. 6, 1 novembre 2008 (2008-11-01), pages 3393-3401, XP011225861, ISSN: 0018-9545, DOI: 10.1109/TVT.2008.921622 abrégé; figures 2-4 page 3395 - page 3397 page 3400	1-12
A	----- QIUMING GONG ET AL: "Computationally efficient optimal power management for plug-in hybrid electric vehicles based on spatial-domain two-scale dynamic programming", VEHICULAR ELECTRONICS AND SAFETY, 2008. ICVES 2008. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22 septembre 2008 (2008-09-22), pages 90-95, XP031345339, DOI: 10.1109/ICVES.2008.4640882 ISBN: 978-1-4244-2359-0 page 93 - page 94; figures 1-4 -----	1-12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2012/059441

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2011066308	A1	CN 102019926 A	20-04-2011
		DE 102010036148 A1	24-03-2011
		US 2011066308 A1	17-03-2011
