



(51) Classification internationale des brevets :
G01R 31/36 (2006.01) *B60L 11/18* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/053584

(22) Date de dépôt international :
17 décembre 2015 (17.12.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1550344 16 janvier 2015 (16.01.2015) FR

(71) Déposants : PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR/FR]; Route de Gisy, 78140 Velizy Villacoublay (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, 75016 Paris (FR). INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BORDEAUX [FR/FR]; 1, avenue du Docteur Albert Schweitzer, 33402 TALENCE cedex (FR). UNIVERSITE DE BORDEAUX [FR/FR]; 35, place Pey Berland, 33000 Bordeaux (FR).

(72) Inventeurs : FRANCISCO, Mbala Junior; 12 Rue Des Freres Caudron, 78140 Velizy Villacoublay (FR). NOURY, Agnieszka; 9 Rue Du Pressoir, 78120 Rambouillet (FR). GUILLEMARD, Franck; 59 Rue Porchefontaine, 94370 Sucy En Brie (FR). MOZE, Mathieu; 2 Squ Albert Thomas, 33130 Begles (FR). SABATIER, Jocelyn; 6, Rue Parmentier, 33140 Villenave D'ornon (FR). LAVIGNE, Loïc; 4 ter Rue Montet, 33640 Beautiran (FR).

(74) Mandataire : ROSENBERG, Muriel; Peugeot Citroen Automobiles SA, Propriété Industrielle - LG081, 18 rue des Fauvelles, 92250 La Garenne Colombes (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR IDENTIFYING THE OPEN-CIRCUIT VOLTAGE CURVE OF AN AGEING ELECTRIC CELL

(54) Titre : PROCEDE D'IDENTIFICATION DE LA COURBE DE TENSION A VIDE D'UNE CELLULE ELECTRIQUE EN VIEILLISSEMENT

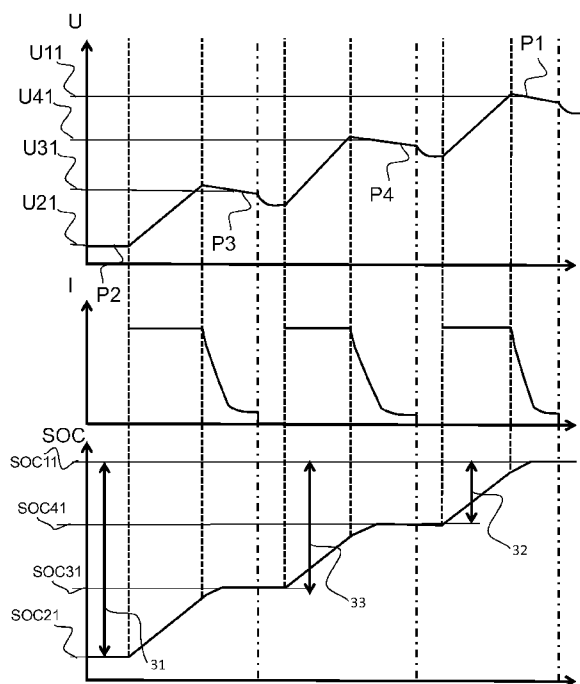


Fig. 3A

(57) Abstract : The invention relates to a method for identifying an open-circuit voltage curve of an ageing cell for accumulating electrical power. The method comprises a step (21) of identifying a reference open-circuit voltage curve, for example the indicator of the manufacturer of the cell, then a step of commanding (22) open-circuit voltage plateaus in order to then carry out a step (23) of measuring electrical data, then a step (24) of determining the loss of the capacity of the cell, and finally a step (25) of calculating an ageing function parameterised depending on the coefficient of loss of capacity and the reference open-circuit voltage curve. The invention is applicable to any device for controlling an electrical cell and any electrical device powered by the cell, for example an electrical vehicle or a portable electronic device.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé d'identification d'une courbe de tension à vide d'une

[Suite sur la page suivante]



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.

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

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)*

Publiée :

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

cellule d'accumulation d'énergie électrique en vieillissement. Le procédé comprend une étape d'identification (21) d'une courbe de tension à vide de référence, par exemple l'indicateur du constructeur de la cellule, puis une étape de pilotage (22) de paliers de tension à vide afin d'opérer ensuite une étape de mesure (23) de données électriques, puis une étape de détermination (24) de la perte de la capacité de la cellule, et finalement une étape de calcul (25) d'une fonction de vieillissement paramétrée en fonction du coefficient de perte de capacité et de la courbe de tension à vide de référence. L'invention s'applique à tout dispositif de pilotage d'une cellule électrique et à tout équipement électrique alimenté par la cellule, par exemple un véhicule électrique ou un dispositif portable électronique.

PROCEDE D'IDENTIFICATION DE LA COURBE DE TENSION A VIDE D'UNE
CELLULE ELECTRIQUE EN VIEILLISSEMENT

Le domaine de l'invention concerne un procédé d'identification de la courbe d'une tension à vide d'une cellule d'accumulation d'énergie électrique en vieillissement.

Les véhicules hybrides et électriques puisent leur énergie de traction dans des stockeurs électriques embarqués. Une gestion efficiente de l'énergie électrique est primordiale pour réduire le coût du véhicule. Cela permet de dimensionner le stockeur pour correspondre au plus proche des besoins électriques du véhicule et de configurer le dispositif de pilotage du stockeur électrique (communément appelé « Battery Management System » en anglais) avec des lois de pilotage efficientes et préservant les propriétés électriques des stockeurs durant l'utilisation du véhicule.

Plus précisément, le stockeur électrique d'un véhicule automobile est généralement composé de plusieurs cellules d'accumulation d'énergie électrique. On définit dans la suite de la description le stockeur électrique d'un véhicule comme l'ensemble des cellules reliées entre elles pour obtenir la tension et la capacité désirée pour la fourniture d'énergie du véhicule.

Une cellule d'accumulation d'énergie est caractérisée par des indicateurs de fonctionnement, notamment une résistance interne, une tension à ses bornes, des limites de tension de fonctionnement, une capacité, une tension à vide (communément appelée « Open Circuit Voltage » en anglais), un état de charge (communément appelé « State of Charge » en anglais), et la température de fonctionnement. Par extension, le stockeur électrique est caractérisé par ces mêmes indicateurs.

Le dispositif de pilotage du stockeur électrique a pour tâche principale de surveiller les indicateurs de fonctionnement électrique et thermique du stockeur électrique pour assurer un usage sécurisé et un fonctionnement optimal du véhicule.

Parmi ces indicateurs de fonctionnement, la courbe de tension à vide est d'une grande importance car elle est indispensable pour déterminer l'état de charge du stockeur électrique ainsi que d'autres indicateurs du dispositif de pilotage.

La tension à vide d'un accumulateur électrique correspond à la tension existante aux bornes de l'accumulateur électrique en absence de tout courant électrique à ses bornes et au bout d'un temps suffisamment long de sorte que la tension n'évolue plus. Ainsi, on définit généralement la courbe de tension à vide d'un accumulateur comme la représentation de la tension à vide pour l'ensemble des états de charge de l'accumulateur entre un état de charge minimum et un état de charge maximum.

Par exemple, l'énergie récupérable par le stockeur électrique dans les limites de tension de fonctionnement maximale et minimale est déterminée à partir de l'indicateur de fonctionnement de la courbe de tension à vide. On comprend donc l'importance de cet indicateur pour obtenir une bonne efficacité du pilotage du stockeur électrique.

Or, l'indicateur de la courbe de tension à vide, ainsi que d'autres indicateurs du stockeur électrique, évolue au cours du temps sous l'effet du vieillissement. Il s'ensuit une dégradation de l'aptitude du stockeur à accumuler et délivrer de l'énergie électrique. Ceci provoque une baisse de performance du véhicule liée à une perte de son rendement. Dans les pires cas, une mauvaise détection du vieillissement,

par conséquent de l'état de charge ou de la puissance disponible, peut conduire à une immobilisation du véhicule, voire des risques d'incendie ou d'explosion. Parallèlement à ces contraintes techniques, une mauvaise gestion de ces indicateurs conduit à des surcoûts à l'usage tant pour l'utilisateur, en cas de changement précoce du stockeur électrique, que pour le constructeur qui voit le coût se répercuter sur la prestation de la garantie proposée.

Par ailleurs, les paramètres de l'indicateur de la courbe de tension à vide du stockeur électrique d'un véhicule sont propres à chaque cellule du stockeur. Ceci provient des dispersions de fabrication des cellules électrochimiques mais aussi du vieillissement différencié des cellules. Celles-ci ont en effet une histoire propre et donc un vieillissement individuel. Il est par conséquent nécessaire de mettre à jour l'indicateur de la courbe de tension à vide de chaque cellule pour proposer un dispositif de pilotage du stockeur performant.

On connaît de l'état de la technique les documents nommés ci-après qui décrivent des propositions techniques pour identifier l'indicateur de la courbe de tension à vide d'un stockeur électrique.

Le brevet français FR2964464B1 propose une méthode d'identification de la courbe de tension à vide reposant sur la mesure de la capacité lors du vieillissement du stockeur. Cette mesure peut par exemple être réalisée en garage ou encore lors de la recharge du véhicule par l'utilisateur. Il est également supposé que la courbe de tension à vide ainsi définie est invariante avec le vieillissement à condition de réactualiser la capacité. L'inconvénient majeur de la méthode réside dans la mesure de la capacité. Chaque cellule ayant sa propre courbe de tension à vide il faut mesurer la capacité

pour chacune d'elles ce qui nécessite, pour toutes les cellules d'un stockeur électrique, de charger et décharger complètement toutes les cellules. Le temps de mise en œuvre de la mesure de la capacité peut donc être long et induire des dépenses énergétiques liées à la décharge complète des cellules. Même si une charge et décharge complète est possible dans le cas d'un véhicule électrique ou hybride disposant d'une interface de rechargement du stockeur (véhicule dit « plug-in » en anglais pour interface de rechargement) la méthode reste néanmoins difficile car il faut pouvoir équilibrer en tension toutes les cellules du stockeur à la tension minimale et la tension maximale. Par ailleurs, dans le cas d'un véhicule hybride classique il n'y a pas d'interface de rechargement, ce qui complique la mesure de la capacité. Enfin, l'hypothèse faite sur la non dépendance au vieillissement de la courbe de tension à vide par rapport à l'état de charge n'est pas justifiée pour tous les types d'électrochimie.

Le brevet français FR2966250B1 a pour objectif de palier les défauts majeurs du brevet décrit dans le paragraphe précédent. La méthode ne cherche plus à mesurer directement la capacité lors du vieillissement du stockeur. La méthode proposée consiste à accéder à la capacité via une cartographie propre à chaque cellule en reliant différentes valeurs de capacité à différentes valeurs de résistance interne. Le défaut majeur de cette méthode est qu'elle suppose la connaissance au préalable du lien à tout niveau de vieillissement entre la valeur de la résistance interne d'une cellule et la valeur de sa capacité réelle. Or, l'existence d'un lien entre la résistance d'une cellule et sa capacité n'est pas justifiée. Il n'a pas été prouvé qu'il y ait une corrélation entre ces deux valeurs. Par ailleurs, même si un lien existe, cette cartographie introduit une imprécision d'estimation. De plus, l'hypothèse faite sur la non dépendance

au vieillissement de la courbe de tension à vide par rapport à l'état de charge, n'est toujours pas valable pour tous les types d'électrochimie.

L'article intitulé « Battery open-circuit voltage estimation by a method of statistical analysis », publié en 2006 par Snihir et accessible dans la publication « *Journal of Power Sources*, 159(2), pp.1484-1487 », divulgue une estimation de la courbe de tension à vide par approche statistique. La méthode propose d'obtenir la courbe de tension à vide comme la limite, lorsque le courant tend vers zéro, d'un modèle donnant la tension de la cellule en réponse à une sollicitation de type courant constant. Il y est considéré le cas d'une cellule subissant plusieurs cycles de charge et décharge complets pour différentes valeurs de courant décroissantes. Cette méthode présente l'inconvénient d'une procédure de calcul très lourde à implémenter en temps réel. Si la procédure de caractérisation, qui consiste à faire subir au stockeur plusieurs cycles de charge et décharge sous des courants différents, n'est réalisée qu'initialement, on ne voit alors pas apparaître la prise en compte du vieillissement. De plus, si la procédure de caractérisation est réalisée à chaque identification, la méthode devient alors très longue. On ne voit alors plus l'avantage par rapport à une méthode ne nécessitant qu'un seul cycle de charge ou décharge complet. De plus, la méthode serait inapplicable aux véhicules hybrides, quasi dépourvus de cycles de charge/décharge complets.

L'article intitulé « Analysis and prediction of the open circuit potential of lithium-ion cells », publié en 2013 par Schmidt et accessible dans la publication « *Journal of Power Sources*, 239, 696-704 », divulgue une première méthode de paramétrage de l'évolution de la tension à vide en fonction du vieillissement et une deuxième méthode d'identification de la courbe de tension à vide reposant sur la connaissance du

potentiel d'équilibre de chaque électrode. Ces méthodes présentent l'inconvénient de la nécessité de connaître le potentiel d'équilibre de chaque électrode, cette courbe n'étant en général pas fournie par le constructeur du stockeur et encore moins pour chaque cellule. En outre, la mise en œuvre en temps réel est très difficile.

Au regard des documents décrits dans l'état de la technique et des inconvénients de chaque méthode, il existe donc un besoin de proposer une méthode d'identification de la courbe de tension à vide du stockeur électrique pouvant être mise en œuvre en temps réel et de façon autonome par le calculateur de supervision d'un véhicule.

En outre, Il est recherché une méthode d'identification de la courbe de tension à vide pouvant être opérée en cours de vie du véhicule par un diagnostic autonome afin d'adapter les fonctions de commandes du dispositif de pilotage du stockeur électrique.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé d'identification du vieillissement d'une courbe de tension à vide d'une cellule d'accumulation d'énergie électrique. Selon l'invention, le procédé comprend les étapes successives suivantes :

- la détermination d'un polynôme représentant une courbe de tension à vide de référence de la cellule,

- le pilotage de la cellule pour maintenir au moins des premier et deuxième paliers de tension à vide à au moins des premier et deuxième états de charge respectivement,

- la mesure des première et deuxième tensions à vide pour les premier et deuxième paliers respectivement et d'une première variation de charge de la cellule entre les premier et deuxième paliers,

- la détermination d'un coefficient de perte α de la capacité de la cellule à partir d'au moins un premier facteur de perte α_1 calculé selon une fonction de vieillissement du polynôme spécifiquement appliquée avec les première et deuxième tensions à vide et la première variation de charge,

- le calcul de la courbe de tension à vide selon la fonction de vieillissement paramétrée avec le coefficient de perte α et appliquée à l'ensemble du polynôme.

Avantageusement, la fonction de vieillissement correspond à la formule suivante :

$$U = \sum_{k=0}^N D_k^{init} \cdot [\alpha(SOC - SOC_{100\%}) + SOC_{100\%}]^k$$

avec :

- U représentant la courbe de tension à vide,
- k, un indice de coefficient constituant le polynôme parmi N coefficients du polynôme,
- D_k^{init} un coefficient du polynôme et correspondant à un indice k,
- SOC un état de charge de la cellule,
- $SOC_{100\%}$, l'état de charge maximum de la cellule,
- α , le coefficient de perte de capacité de la cellule.

De préférence, pour le procédé :

- le pilotage comprend en outre le maintien à une pluralité de troisièmes paliers de tension à vide,
- la mesure comprend en outre la mesure d'une pluralité de troisièmes tensions à vide pour les troisièmes paliers et d'une pluralité de deuxième variations de charge de la

cellule entre chacun des troisièmes paliers et entre le deuxième palier et au moins un des troisièmes paliers,

- la détermination du coefficient de perte de la capacité de la cellule comprend une outre une sélection parmi le premier facteur de perte α_1 et une pluralité de deuxièmes facteurs de pertes α_t , chaque deuxième facteur de perte α_t étant calculé identiquement au premier facteur de perte α_1 en fonction des troisièmes tensions à vide et des deuxièmes variations de charge.

Selon une première variante du procédé, pour la détermination du coefficient de perte α , le calcul du premier facteur de perte α_1 comprend :

- le calcul d'une première variation d'état de charge de la cellule entre les première et deuxième tensions à vide mesurées, la première tension à vide mesurée étant la tension à vide pour l'état de charge maximum de la cellule,

- le calcul de l'état de charge de la cellule pour la deuxième tension à vide en soustrayant la première variation d'état de charge à l'état de charge maximum de la cellule,

- le calcul du premier facteur de perte α_1 selon la tension à vide mesurée et la fonction de vieillissement appliquée pour l'état de charge et pour la deuxième tension à vide de la cellule.

Selon une deuxième variante du procédé, pour la détermination du coefficient de perte α , le calcul du premier facteur de perte α_1 comprend:

- le calcul d'une deuxième variation d'état de charge de la cellule entre les première et deuxième tensions à vide mesurée, et d'une troisième variation d'état de charge de la cellule entre les tensions à vide correspondante du polynôme,

- le calcul du premier facteur de perte α_1 en fonction du rapport entre la deuxième variation et la troisième variation.

Selon une variante de déroulement du procédé, le pilotage de la cellule pour maintenir le premier, deuxième et les troisièmes paliers de tension à vide est opéré dans un même cycle de recharge de la cellule.

De préférence, le polynôme correspond à la courbe de tension à vide pour un état neuf de la cellule.

Avantageusement, au moins les étapes du procédé successives à l'étape de détermination du polynôme sont exécutées lorsque la cellule est installée dans un équipement hôte et lorsque celui-ci fonctionne au moyen de l'énergie électrique fournie par la dite cellule.

L'invention prévoit également, un dispositif de pilotage d'un stockeur électrique, le dit stockeur électrique comprenant une pluralité de cellules électriques. Le dispositif comprend :

- un moyen de calcul opérant le procédé d'identification du vieillissement de la courbe de tension à vide conformément à l'une quelconque des variantes décrites précédemment pour chacune des dites cellules du stockeur,

- un moyen de détermination des indicateurs de fonctionnement du stockeur électrique, par exemple une courbe de tension à vide du stockeur et un état de charge, à partir des courbes de tension à vide de chacune des dites cellules calculées par le dit procédé d'identification.

L'invention prévoit un véhicule automobile comprenant un stockeur électrique, une machine de traction électrique et un dispositif de pilotage du stockeur électrique.

Avantageusement, le dispositif de pilotage est conforme au dispositif de pilotage décrit précédemment.

Grâce à l'invention, le procédé d'identification est réalisable sur tout type de cellule électrique de technologie lithium-ion sans le besoin de recharger ou décharger complètement la cellule. La connaissance de la courbe de tension initiale, par exemple obtenue par les données de constructeur permet au moyen de la fonction de vieillissement de calculer une courbe de tension à vide d'une cellule en vieillissement par la mesure de deux paliers de tension à vide. Plusieurs paliers permettront d'identifier un vieillissement plus précis.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit de modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente un schéma d'un équipement électronique comprenant un stockeur électrique composé de cellules d'accumulation d'énergie électrique ;

- la figure 2 est un diagramme représentant le procédé de d'identification du vieillissement d'une cellule électrique selon l'invention ;

- la figure 3A est un graphique représentant les données mesurées de la cellule électrique lors de l'exécution d'un premier mode de réalisation du procédé d'identification selon l'invention ;

- la figure 3B est un graphique représentant les données mesurées de la cellule électrique lors de l'exécution d'un deuxième mode de réalisation du procédé d'identification selon l'invention ;

- la figure 4 est un graphique représentant un polynôme de la courbe de tension à vide à neuf de la cellule et les mesures de tension à vide de la cellule lors de l'exécution du deuxième mode de réalisation du procédé, le graphique ayant en abscisse l'état de charge de la cellule et en ordonnée la tension à vide de la cellule ;

- la figure 5 représente une formule de la fonction de vieillissement de la courbe de tension à vide à neuf de la cellule et un mode opératoire pour la sélection du coefficient de perte α de capacité de la cellule ;

- la figure 6 est un graphique représentant un polynôme de la courbe de tension à vide à neuf de la cellule et la courbe de tension à vide de la cellule en vieillissement.

L'invention s'applique à tout équipement électronique, comprenant un stockeur électrique formé d'une ou plusieurs cellules d'accumulation d'énergie électrique. L'invention s'applique de préférence à une cellule électrique de type lithium-ion qui est une technologie requérant un pilotage sécurisé pour éviter les effets de surchauffe ou d'explosion. L'invention propose un procédé d'identification du vieillissement de la courbe de tension à vide d'une cellule électrique dans le but d'améliorer la gestion de l'énergie et proposer un pilotage sécurisé s'adaptant au vieillissement de la cellule électrique.

Le procédé selon l'invention peut être exécuté par tout type d'équipement électronique disposant d'un moyen de pilotage du stockeur électrique. Il s'applique donc par exemple à un équipement électronique portable de type téléphone mobile ou ordinateur, à un véhicule automobile électrique ou hybride électrique et ainsi qu'à une installation électrique de grande dimension comprenant un stockeur électrique.

Dans la suite de la description, l'invention sera décrite pour un véhicule automobile électrique (ou hybride électrique). On notera que l'une quelconque des variantes du procédé décrit par la suite peut s'appliquer à tout dispositif électronique comprenant un stockeur électrique. L'application à un véhicule automobile n'est pas limitative de la portée de l'invention.

La figure 1 est un schéma simplifié représentant un véhicule automobile 11. Le véhicule automobile comporte un stockeur électrique 12 constitué de plusieurs cellules 121 d'accumulation d'énergie électrique de type lithium-ion. Le nombre de cellules 121 est adapté selon les besoins électriques du véhicule 11 et n'est pas un facteur limitatif de l'invention.

Le véhicule automobile comprend également un dispositif de pilotage 13 du stockeur électrique 12. Par simplification de représentation, le dispositif de pilotage 13 est le calculateur de supervision du véhicule qui commande également des équipements électroniques 14 et 15. Ces équipements sont par exemple une machine électrique de traction 14 associée à son onduleur 15 et un convertisseur de tension pour un réseau électrique du véhicule. Ce réseau alimente par exemple le réseau de bord.

On notera que ce mode de réalisation n'est pas limitatif et d'autres équipements électriques du véhicule non représentés sur la figure 1 sont pilotés par le calculateur de supervision et alimentés par le stockeur électrique 12, ou alimentent le stockeur électrique 12, par exemple un chargeur embarqué qui à partir du réseau électrique 220V recharge le stockeur électrique. Le dispositif de pilotage 13 du stockeur 12 peut également être un calculateur décentralisé au calculateur de supervision et dédié aux fonctions de gestion

de l'alimentation électrique et aux fonctions de pilotage du stockeur 12 et de chaque cellule électrique 121.

Pour la mise en œuvre du procédé d'identification de vieillissement de la courbe de tension à vide d'une cellule, le dispositif de pilotage comprend des moyens de mesures de divers indicateurs de fonctionnement de chacune des cellules. Le dispositif de pilotage 13 comprend notamment des capteurs de tension et de courant de chacune des cellules électriques 121. Le dispositif de pilotage 13 comprend également un ou plusieurs calculateurs aptes à calculer des indicateurs de fonctionnement en fonction des données mesurées. Par exemple, à partir des données de la variation de la charge d'une cellule, les calculateurs déterminent des variations d'état de charge des cellules électriques et du stockeur dans son intégralité en fonction d'un état de charge de référence.

En outre, le dispositif de pilotage 13 comprend des moyens de pilotage des cellules 121 pour les commander en tension et en courant. Ainsi chaque cellule peut être commandée par des fonctions de gestion d'énergie du véhicule pour délivrer de l'énergie électrique à un équipement électronique du véhicule ou pour être rechargée. Les fonctions de gestion sont les fonctions de stratégies énergétiques commandant les différents modes de roulage d'un véhicule hybride. Il s'agit des commandes mettant en fonctionnement la machine électrique de traction pour récupérer de l'énergie cinétique ou pour fournir un couple aux roues. Il peut s'agir également de commandes pour une machine électrique d'aide au démarrage d'un moteur thermique du véhicule.

On définit dans la description l'état de charge d'une cellule 121 comme le niveau de charge en énergie électrique de la cellule 121, et l'état de charge du stockeur 12 comme le niveau de charge de la totalité des cellules 121. La variation

de charge d'une cellule est obtenue par le calcul de l'intégration entre deux instants donnés de la variation du courant mesuré d'une cellule.

Plus précisément, le stockeur électrique 12 comprend une pluralité de cellules électriques 121 agencées pour fournir une capacité d'énergie totale du stockeur 12. Une cellule comprend deux électrodes, une cathode et une anode, appelées bornes dans la suite de la description. La tension à vide d'une cellule est la différence de tension stabilisée entre ses bornes lorsqu'aucun courant ne circule. On dit que la cellule est en état d'équilibre.

La littérature, notamment la publication de Karthikeyan et al. Divulgué en 2008 et intitulé "Thermodynamic model development for lithium intercalation electrodes », numéro 185, page 1398-1407, a démontré que le vieillissement d'une cellule est dépendant du taux d'insertion en lithium des bornes d'une cellule.

On notera que le taux d'insertion en lithium des bornes d'une cellule est également dépendant de l'état de charge d'une cellule électrique 121. On peut donc affirmer que le vieillissement peut être modélisé à partir d'une modélisation d'une courbe de tension à vide de référence, correspondant à la courbe de tension à vide à l'état neuf, c'est à dire en sortie du constructeur, et d'un paramétrage de coefficient de perte de capacité de la cellule et une définition spécifique de l'état de charge.

On prend également l'hypothèse que les conditions de température durant l'exécution du procédé d'identification du vieillissement de la courbe de tension à vide n'impactent pas le procédé.

Dans la suite de la description, on prend l'hypothèse que la courbe de tension à vide de référence est modélisée par une interpolation polynomiale C0. A partir du polynôme C0, d'une fonction de vieillissement 50 paramétrée par un coefficient de perte de capacité de la cellule α , il est possible d'identifier la courbe de tension à vide de la cellule après le vieillissement suivant l'instant de référence. La courbe de tension à vide identifiée par le procédé est un polynôme C1.

La figure 6 représente une modélisation C1 de la courbe de tension à vide d'une cellule après vieillissement et une modélisation C0 du polynôme de la courbe de tension à vide de référence.

On appelle α le coefficient de perte de la capacité de la cellule suivant le vieillissement de la cellule après un instant de référence, correspondant ici à l'instant pour lequel la courbe de tension à vide de référence a été déterminée.

On prend également l'hypothèse que la variation de la tension à vide de l'anode de la cellule 121 est invariante au vieillissement sur les plages de valeur de fonctionnement d'une cellule électrique. Cette hypothèse est prouvée dans l'article publié par Schmidt et mentionné dans l'état de la technique décrivant la variation des tensions à vide en fonction des taux d'insertion en lithium de chaque borne.

La fonction de vieillissement 50 de la cellule 121 exploitée dans le cadre du procédé de l'invention par le dispositif de pilotage du stockeur 12 est fonction du polynôme C0 de la courbe de tension à vide de référence et est alors décrite par la formule suivante, représentée en figure 5:

$$U = \sum_{k=0}^N D_k^{init} \cdot [\alpha(SOC - SOC_{100\%}) + SOC_{100\%}]^k$$

avec :

- U représentant la courbe de tension à vide pour les différents états de charge de la cellule,
- k, un indice de coefficient constituant le polynôme C0 parmi N coefficients du polynôme C0,
- D_k^{init} un coefficient du polynôme C0 et correspondant à un indice k compris entre 0 et N,
- SOC un état de charge de la cellule 121,
- $SOC_{100\%}$, l'état de charge maximum de la cellule 121,
- α , le coefficient de perte de capacité de la cellule.

La figure 2 représente le procédé d'identification de la courbe de tension à vide de la cellule 121. Il comprend les étapes successives ci-après pouvant être réalisées selon deux modes de calcul distincts du coefficient de perte de capacité α de la cellule.

Tout d'abord, le procédé comprend une première étape de détermination 21 du polynôme C0 représentant une courbe de tension à vide de référence de la cellule 121. Le polynôme C0 peut être obtenu selon deux méthodes. Une première méthode est la mesure à l'instant de référence, c'est à dire pour un état de sortie d'usine du constructeur du stockeur 12, de la tension à vide pour chacune des cellules 121 du stockeur 12 pour l'ensemble des états de charge de la cellule 121. Une deuxième méthode est l'utilisation des mesures de référence fournies par le constructeur du stockeur 12. A la suite des deux méthodes d'obtention du polynôme C0 modélisant la courbe

de tension à vide d'une cellule, les facteurs composants le polynôme C0 sont mémorisés dans une mémoire accessible par le dispositif de pilotage 13 du stockeur. Le polynôme C0 de chacune des cellules est ainsi mémorisé et exploitable par le dispositif de pilotage.

Lors du fonctionnement du véhicule, le procédé comprend ensuite une deuxième étape de pilotage 22 de la cellule pour maintenir au moins des premier et deuxième paliers de tension à vide P1, P2 à au moins des premier et deuxième états de charge SOC11, SOC21 respectivement.

Les figures 3A et 3B représentent le pilotage de la cellule lors de la mise en œuvre de la deuxième étape de pilotage 22. Plus précisément, les figures 3A et 3B représentent le pilotage de quatre paliers de tension P1, P2, P3, P4 pour quatre états de charge SOC11, SOC21, SOC31 et SOC41 distincts de la cellule 121 lors d'une phase de recharge de la cellule 121.

On notera qu'un palier de tension est défini par une phase d'équilibre de la cellule lorsque celle-ci est relaxée. La cellule est en équilibre lorsque le courant qui la traverse est très faible, sensiblement nul, et lorsque la tension ne varie pas.

Dans le cadre du véhicule automobile, le dispositif de pilotage 13 du stockeur électrique 12 ne sollicite ni en charge ni en décharge le stockeur 12 et donc les cellules 121. Une sollicitation est opérée lorsqu'un chargeur au réseau électrique est en fonctionnement (s'il s'agit d'un véhicule disposant d'une prise de branchement) ou lorsqu'un équipement 14 ou 15 (machine électrique ou réseau de bord) consomme de l'énergie électrique ou délivre de l'énergie électrique.

Ainsi, la deuxième étape 22 du procédé peut être commandée dans une première variante lors d'une phase de recharge du stockeur 13 sur le réseau électrique (pour le cas d'un véhicule disposant d'une prise de branchement), ou dans une deuxième variante lors des phases de vie entre deux arrêts de la machine électrique 14 (pour le cas d'un véhicule hybride électrique). Une troisième variante commande durant le roulage du véhicule les paliers de tension P1, P2, P3, P4 à des instants lorsqu'aucune sollicitation n'est exercée sur le stockeur 12.

Par ailleurs, le pilotage d'une séquence de paliers est commandé lorsque le dispositif de pilotage 13 reçoit ou émet une demande d'identification de la courbe de tension à vide d'une cellule, par exemple sur requête extérieure au véhicule ou sur demande d'un programme de diagnostic du stockeur 12 interne au véhicule.

D'autres séquences de pilotages comportant seulement deux paliers sont possibles, préférentiellement à l'état de charge minimum de la cellule et à l'état de charge maximum de la cellule.

Cependant, l'identification de la courbe de tension à vide de la cellule en vieillissement sera préférée avec une séquence d'une pluralité de paliers successifs entre l'état de charge minimum et l'état de charge maximum de la cellule 121. Ainsi, selon une variante du procédé comportant de multiples paliers de tension à vide, la deuxième étape de pilotage de la cellule comporte en outre le maintien à une pluralité de troisièmes paliers de tension à vide intermédiaires entre le palier correspondant à un état de charge minimum P2 et le palier correspondant à un état de charge maximum P1.

Ensuite, le procédé d'identification comprend une troisième étape de mesure 23 des première et deuxième tensions

à vide U_{11} , U_{21} pour les premier et deuxième paliers respectivement et d'une première variation de charge de la cellule entre les premier et deuxième paliers U_{11} et U_{21} .

Selon la variante du procédé comportant de multiples paliers P_1 , P_2 , P_3 et P_4 , la troisième étape de mesure 23 comporte la mesure d'une pluralité de troisièmes tensions à vide U_{31} et U_{41} pour les troisièmes paliers P_3 , P_4 respectivement et une pluralité de deuxième variations de charge de la cellule 121 entre chacun des troisièmes paliers P_3 et P_4 et entre le deuxième palier et au moins un des troisièmes paliers.

On notera que les variations de charge de la cellule 121 entre les paliers P_1 , P_2 , P_3 et P_4 sont obtenues par la mesure de la variation de l'intensité entre les paliers de tension et par le calcul de l'intégrale de la variation du courant.

En outre, le procédé d'identification comporte une quatrième étape de détermination 24 d'un coefficient de perte α de la capacité de la cellule 121 à partir d'au moins un premier facteur de perte α_1 calculé selon la fonction de vieillissement 50 du polynôme C_0 spécifiquement appliquée avec les première et deuxième tensions à vide U_{11} , U_{21} et la première variation de charge. Cette méthode de calcul est justifiée par les hypothèses suivantes :

- le polynôme C_0 est strictement croissant,
- l'application de la fonction de vieillissement 50 pour une tension à vide mesurée permet d'obtenir la relation suivante entre les états de charge correspondant $SOC_{t1} = \alpha_t * SOC_{t0} + SOC_{max}(1 - \alpha_t)$, avec SOC_{t1} correspondant à l'état de charge pour une mesure de tension à vide mesurée U_{t1} , SOC_{t0} l'état de charge pour le polynôme C_0 pour une tension à vide

U_{t0} égale à U_{t1} , SOC_{max} l'état de charge de la cellule maximum et α_t le coefficient de perte pour la mesure de tension à vide mesurée,

- la tension à vide est identique quel que soit le vieillissement de la cellule pour l'état de charge maximum de la cellule dans la plage de fonctionnement.

En outre, le procédé propose deux méthodes de calcul des facteurs de perte α_1 , α_t pouvant être réalisées par le dispositif de pilotage 13.

Une première méthode, représentée sur la figure 2 et la figure 3A, pour le couple de palier P1, P2 comprend :

- le calcul 241 d'une première variation 31 d'état de charge de la cellule 121 entre les première et deuxième tensions à vide mesurées U_{11} , U_{21} , la première tension à vide mesurée U_{11} étant la tension à vide pour l'état de charge maximum SOC_{11} de la cellule,

- le calcul 242 de l'état de charge SOC_{21} de la cellule 121 pour la deuxième tension à vide U_{21} en soustrayant la première variation d'état de charge 31 à l'état de charge maximum SOC_{11} de la cellule,

- le calcul 243 du premier facteur de perte α_1 selon la tension à vide mesurée U_{21} et la fonction de vieillissement 50 appliquée pour l'état de charge SOC_{21} et pour la deuxième tension à vide U_{21} de la cellule.

Grâce à un couple de paliers de tension à vide (P1, P2 par exemple), on déduit la tension à vide mesurée U_{21} et son état de charge SOC_{21} , la tension à vide pour le polynôme C0 de la courbe de tension à vide de référence et l'état de charge correspondant SOC_{20} . De ces valeurs on déduit un premier facteur de perte de la capacité de la cellule.

Une deuxième méthode de calcul d'un facteur de perte pour le couple de palier P1, P2 est représenté par la figure 2, la figure 3B et la figure 4. La figure 3B représente les étapes du procédé d'identification pour la mesure des tensions à vide U11, U21, U31 et U41 des paliers P1, P2, P3 et P4. Les états de charge SOC11, SOC21, SOC31 et SOC41 de chaque palier P1, P2, P3 et P4 sont calculées en fonction de la variation de courant lors du pilotage des paliers. Cette méthode de calcul exploite le fait que la variation de l'état de charge est différente à chaque état de vieillissement d'une cellule.

Ainsi, pour la détermination 24, le calcul d'un facteur de perte α_1 (pour le couple de palier P1, P2) comprend:

- le calcul 244 de la variation 34 d'état de charge de la cellule entre les première et deuxième tensions à vide mesurée U11, U21, et de la variation 37 d'état de charge de la cellule entre les tensions à vide correspondante U10, U20 du polynôme C0, (avec U20=U21 et U10=U11),

- le calcul 245 du facteur de perte α_1 en fonction du rapport entre la variation 34 et la variation 37.

Du fait de l'application de la fonction de vieillissement 50 et en considérant les états de charge d'une cellule en vieillissement et les états de charge du polynôme C0 de la courbe de tension à vide de référence, deux états de charge de même tension à vide sont liés par la relation suivante :

$$SOC = \frac{1}{\alpha} (SOC^{CO} - SOC_{100\%}) + SOC_{100\%}$$

SOC^{CO} , étant un état de charge de la cellule pour le polynôme C0,

SOC, étant un état de charge de la cellule en vieillissement calculé lors de l'étape 24,

SOC_{100%}, étant l'état de charge maximum de la cellule.

Ainsi, on peut affirmer pour le couple de palier de tension à vide P1 et P2 que la variation d'état de charge 34 est égale à la variation d'état de charge 37 divisée par le facteur de perte α_1 . Et, connaissant la variation des états de charge du polynôme C0 et les variations d'états de charges mesurés, on calcule le coefficient de perte α_1 .

De préférence, le procédé d'identification comporte une pluralité de paliers de tension P1, P2, P3, P4, et la quatrième étape de détermination 24 du coefficient de perte α comporte en outre une sélection parmi le premier facteur de perte α_1 et parmi une pluralité de deuxièmes facteurs de perte α_t , chaque deuxième facteur de perte α_t étant calculé identiquement au premier facteur de perte α_1 et en fonction des troisièmes tensions à vide U31, U41 et des deuxièmes variations de charge mesurées durant la troisième étape de mesure 23.

La sélection peut être réalisée selon plusieurs variantes de méthode sélective. Selon une première méthode, représentée en figure 5, la sélection est une fonction de calcul de la moyenne 51. Une moyenne de l'ensemble des facteurs de perte obtenus α_1 , α_t est calculée selon la formule suivante :

$$\alpha = \frac{1}{M-1} \sum_{t=1}^{M-1} \alpha_t.$$

Avec α le coefficient de perte, M le nombre de paliers de tension piloté et α_t le facteur de perte calculé à partir

d'un couple de mesures de palier, t étant l'indice du facteur de perte parmi les $M-1$ facteurs de perte calculés.

Dans une variante privilégiée, la méthode sélective pour déterminer le coefficient de perte consiste à utiliser la méthode des moindres carrées et à utiliser un critère J adapté à la méthode de calcul des facteurs de perte α_1, α_t .

Selon la première méthode de calcul représentée par la figure 3A, le critère à minimiser est la différence entre la tension à vide mesurée et la tension à vide calculée avec la pluralité de facteurs de perte α_t et l'application de la fonction de vieillissement 50 pour un état de charge donné est le suivant:

$$J(\alpha) = \frac{1}{M-1} \sum_{t=1}^{M-1} \left(U_t - U \left(\left(D_k^{\text{neuf}} \right), SOC_t, \alpha \right) \right)^2.$$

Avec, U_t la mesure de la tension à vide mesurée pour un état de charge de la cellule étudié, D_k^{neuf} le coefficient du polynôme correspondant à l'état de charge de la cellule étudié, SOC_t l'état de charge de la cellule étudié correspondant à la mesure de tension à vide U_t et α le facteur de perte propre à la courbe de tension à vide C1.

Selon la deuxième méthode de calcul, représentée par la figure 3B et la figure 4, à chaque variation d'état de charge entre le palier de tension à vide minimum et un palier de tension à vide, le critère à minimiser est la différence entre les variations d'état de charge mesurées $\Delta SOC(U_1; U_t)$ et les variations d'état de charge calculées avec plusieurs valeurs d'un facteur de perte $\Delta SOC(U_1; U_t; \alpha)$. Selon cette méthode de calcul, le critère à minimiser peut être représenté par la formule suivante :

$$J(\alpha) = \frac{1}{M-1} \sum_{t=2}^M (\Delta SOC(U_1; U_t) - \Delta SOC(U_1; U_t; \alpha))^2.$$

On notera que la méthode des moindres carrés est une méthode de sélection parmi d'autres et ne limite en aucun cas la portée de l'invention.

Par ailleurs, une fois que le coefficient de perte de la capacité de la cellule est déterminé on peut calculer la courbe de tension à vide de la cellule en vieillissement. Le procédé comporte une cinquième étape de calcul 25 de la courbe de tension à vide C1 selon la fonction de vieillissement 50 paramétrée avec le coefficient de perte α déterminée lors de l'étape 24 et appliquée à l'ensemble des coefficients du polynôme C0 de la courbe de tension à vide de référence.

La figure 6 est un graphique ayant en abscisse les états de charge de la cellule et en ordonnée les tensions à vide. Le graphique représente le polynôme C0 de la courbe de tension à vide de référence et la courbe de tension à vide C1 obtenu par le calcul pour chaque coefficient du polynôme C0 en appliquant la fonction de vieillissement 50 paramétrée avec le coefficient de perte de capacité de la cellule.

La justesse du procédé a été validée par des mesures sur une cellule d'accumulation d'énergie électrique après deux ans de vieillissement. Le procédé présente de nombreux avantages cités ci-après.

Il suffit d'identifier une courbe de tension à vide de référence avant l'utilisation de la cellule électrique (obtenue par les données du constructeur ou une procédure de mesure initiale).

Le procédé est opérable dans tout type d'équipement disposant d'un dispositif de pilotage de la cellule. En effet,

les étapes 22, 23, 24, 25 du procédé successives à l'étape de détermination 21 du polynôme C0 sont exécutées lorsque la cellule 121 est installée dans un équipement hôte 11 et lorsque celui-ci fonctionne au moyen de l'énergie électrique fournie par la dite cellule 121.

Dans le cas d'un stockeur, la courbe de tension à vide de chaque cellule peut être identifiée. En outre, l'invention prévoit un dispositif de pilotage d'un stockeur électrique comprenant un moyen de calcul opérant le procédé d'identification du vieillissement de la courbe de tension à vide pour chacune des dites cellules du stockeur, et un moyen de détermination des indicateurs de fonctionnement du stockeur électrique, par exemple une courbe de tension à vide du stockeur et un état de charge, à partir des courbes de tension à vide de chacune des dites cellules calculées par le dit procédé d'identification.

Il n'est pas nécessaire de réaliser un processus de charge et décharge complet de la cellule car les mesures peuvent être réalisées à partir de deux paliers de tension à vide seulement. Cependant, la méthode privilégie le pilotage de plusieurs paliers afin d'obtenir une mesure plus précise.

La capacité réelle estimée ne nécessite pas de charge ni décharge complète.

Grâce à l'identification du vieillissement de la courbe de tension à vide, notamment dans un véhicule électrique ou hybride, l'invention permet une amélioration de la précision et de la fiabilité de l'indicateur de niveau d'énergie dans le stockeur et la précision de pilotage par le dispositif de pilotage et une amélioration de la durée de vie du stockeur. Il permet aussi de réduire le dimensionnement du stockeur, et ainsi le coût, et d'améliorer le diagnostic du stockeur.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'identification du vieillissement d'une courbe de tension à vide (C1) d'une cellule d'accumulation d'énergie électrique (121), comprenant les étapes successives suivantes :

- la détermination (21) d'un polynôme (C0) représentant une courbe de tension à vide de référence de la cellule (121),

- le pilotage (22) de la cellule pour maintenir au moins des premier et deuxième paliers de tension à vide (P1, P2) à au moins des premier et deuxième états de charge (SOC11, SOC21) respectivement,

- la mesure (23) des première et deuxième tensions à vide (U11, U21) pour les premier et deuxième paliers respectivement et d'une première variation de charge de la cellule entre les premier et deuxième paliers (U11, U21), ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes successives suivantes :

- la détermination (24) d'un coefficient de perte α de la capacité de la cellule à partir d'au moins un premier facteur de perte α_1 calculé selon une fonction de vieillissement (50) du polynôme (C0) spécifiquement appliquée avec les première et deuxième tensions à vide (U11, U21) et la première variation de charge,

- le calcul (25) de la courbe de tension à vide (C1) selon la fonction de vieillissement (50) paramétrée avec le coefficient de perte α et appliquée à l'ensemble du polynôme (C0),

et en ce que la fonction de vieillissement (50) correspond à la formule suivante :

$$U = \sum_{k=0}^N D_k^{\text{init}} \cdot [\alpha(\text{SOC} - \text{SOC}_{100\%}) + \text{SOC}_{100\%}]^k$$

avec :

- U représentant la courbe de tension à vide (C1),
- k, un indice de coefficient constituant le polynôme (C0) parmi N coefficients du polynôme (C0),
- D_k^{init} un coefficient du polynôme (C0) et correspondant à un indice k,
- SOC un état de charge de la cellule (121),
- $\text{SOC}_{100\%}$, l'état de charge maximum de la cellule (121),
- α , le coefficient de perte de capacité de la cellule.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- le pilotage (22) comprend en outre le maintien à une pluralité de troisièmes paliers de tension à vide (P3, P4),
- la mesure (23) comprend en outre la mesure d'une pluralité de troisièmes tensions à vide (U31, U41) pour les troisièmes paliers (P3, P4) et d'une pluralité de deuxièmes variations de charge de la cellule (121) entre chacun des troisièmes paliers (P3, P4) et entre le deuxième palier et au moins un des troisièmes paliers,
- la détermination (24) du coefficient de perte α de la capacité de la cellule comprend une outre une sélection (51) parmi le premier facteur de perte α_1 et une pluralité de deuxièmes facteurs de pertes α_t , chaque deuxième facteur de perte α_t étant calculé identiquement au premier facteur de perte α_1 en fonction des troisièmes tensions à vide (U31, U41) et des deuxièmes variations de charge.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, pour la détermination (24) du coefficient de perte α , le calcul du premier facteur de perte α_1 comprend :

- le calcul (241) d'une première variation (31) d'état de charge de la cellule entre les première et deuxième tensions à vide mesurées (U11, U21), la première tension à vide mesurée (U11) étant la tension à vide pour l'état de charge maximum (SOC11) de la cellule,

- le calcul (242) de l'état de charge (SOC21) de la cellule pour la deuxième tension à vide (U21) en soustrayant la première variation d'état de charge (31) à l'état de charge maximum (SOC11) de la cellule,

- le calcul (243) du premier facteur de perte α_1 selon la tension à vide mesurée (U21) et la fonction de vieillissement (50) appliquée pour l'état de charge (SOC21) et pour la deuxième tension à vide (U21) de la cellule.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, pour la détermination (24) du coefficient de perte α , le calcul du premier facteur de perte α_1 comprend:

- le calcul (244) d'une deuxième variation (34) d'état de charge de la cellule entre les première et deuxième tensions à vide mesurée (U11, U21), et d'une troisième variation (37) d'état de charge de la cellule entre les tensions à vide correspondante (U10, U20) du polynôme (C0),

- le calcul (245) du premier facteur de perte α_1 en fonction du rapport entre la deuxième variation (34) et la troisième variation (37).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le pilotage de la cellule pour maintenir le premier (P1), deuxième (P2) et les troisièmes (P3, P4) paliers de tension à vide est opéré dans un même cycle de recharge de la cellule (121).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le polynôme (C0) correspond

à la courbe de tension à vide pour un état neuf de la cellule (121).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'au moins les étapes (22, 23, 24, 25) du procédé successives à l'étape de détermination (21) du polynôme (C0) sont exécutées lorsque la cellule (121) est installée dans un équipement hôte (11) et lorsque celui-ci fonctionne au moyen de l'énergie électrique fournie par la dite cellule (121).

8. Dispositif de pilotage (13) d'un stockeur électrique (12), le dit stockeur électrique comprenant une pluralité de cellules électriques (121), caractérisé en ce qu'il comprend :

- un moyen de calcul opérant le procédé d'identification du vieillissement de la courbe de tension à vide conformément à l'une quelconque des revendications 1 à 7 pour chacune des dites cellules (121) du stockeur (12),
- un moyen de détermination des indicateurs de fonctionnement du stockeur électrique (12), par exemple une courbe de tension à vide du stockeur et un état de charge, à partir des courbes de tension à vide de chacune des dites cellules (121) calculées par le dit procédé d'identification.

9. Véhicule automobile comprenant un stockeur électrique, une machine de traction électrique et un dispositif de pilotage du stockeur électrique, caractérisé en ce que le dispositif de pilotage est conforme à la revendication 8.

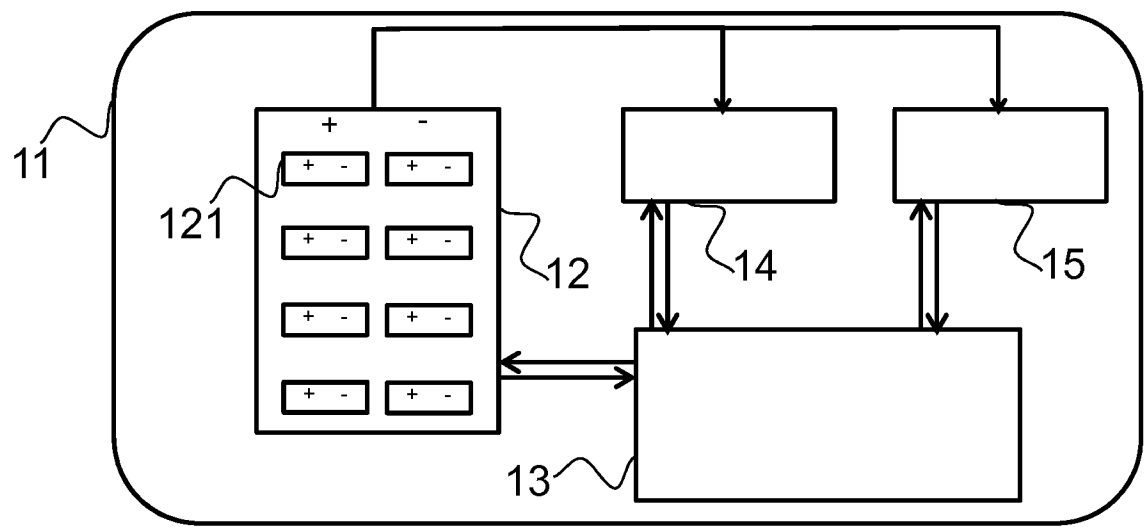


Fig. 1

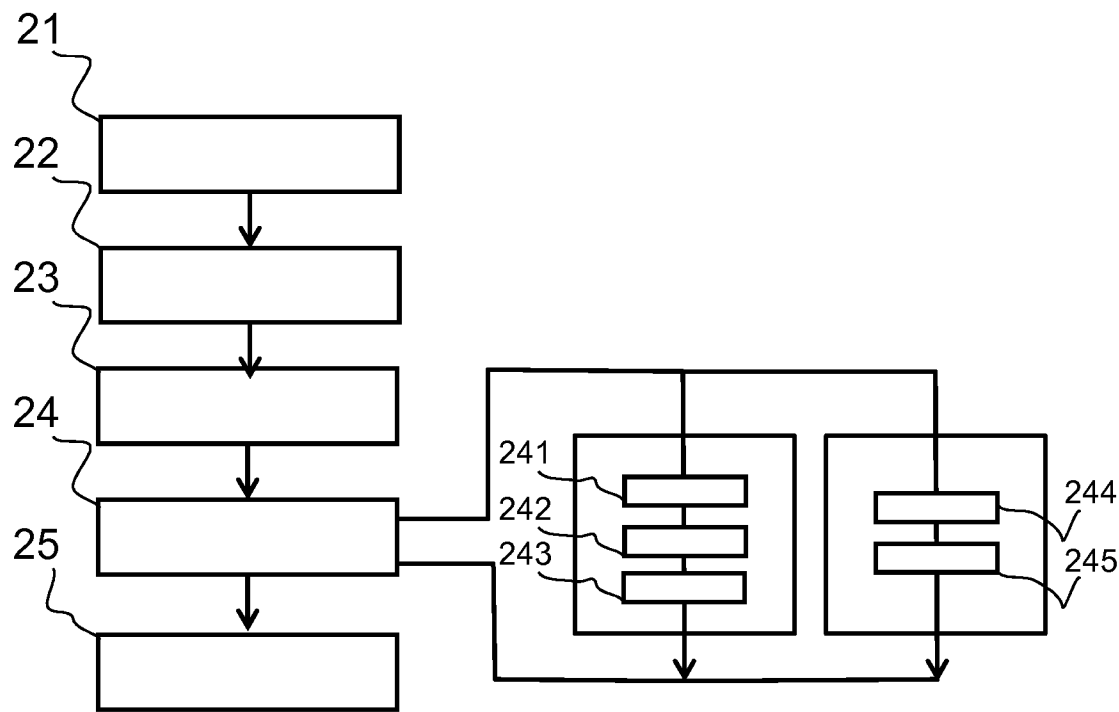


Fig. 2

2/5

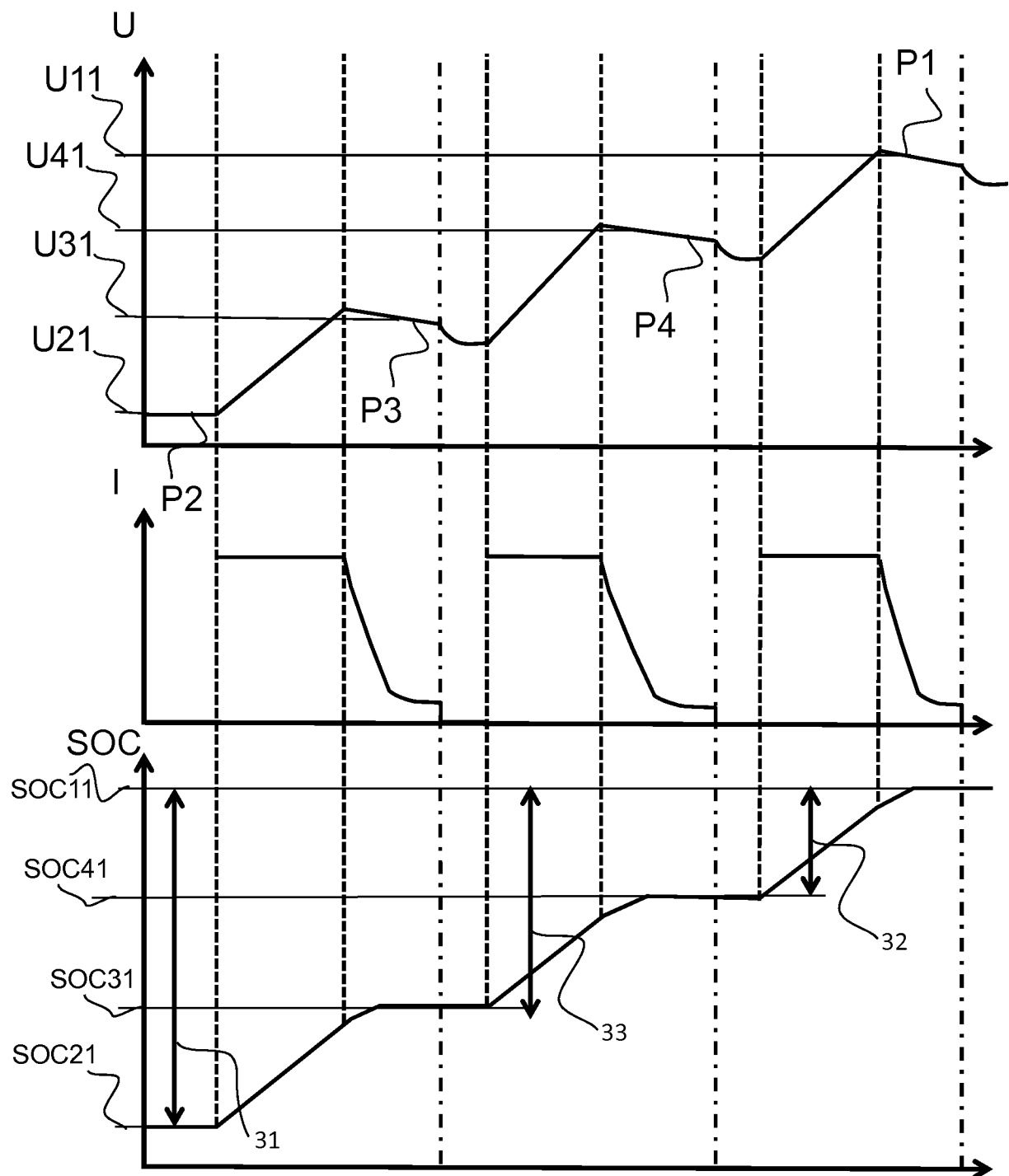


Fig. 3A

3/5

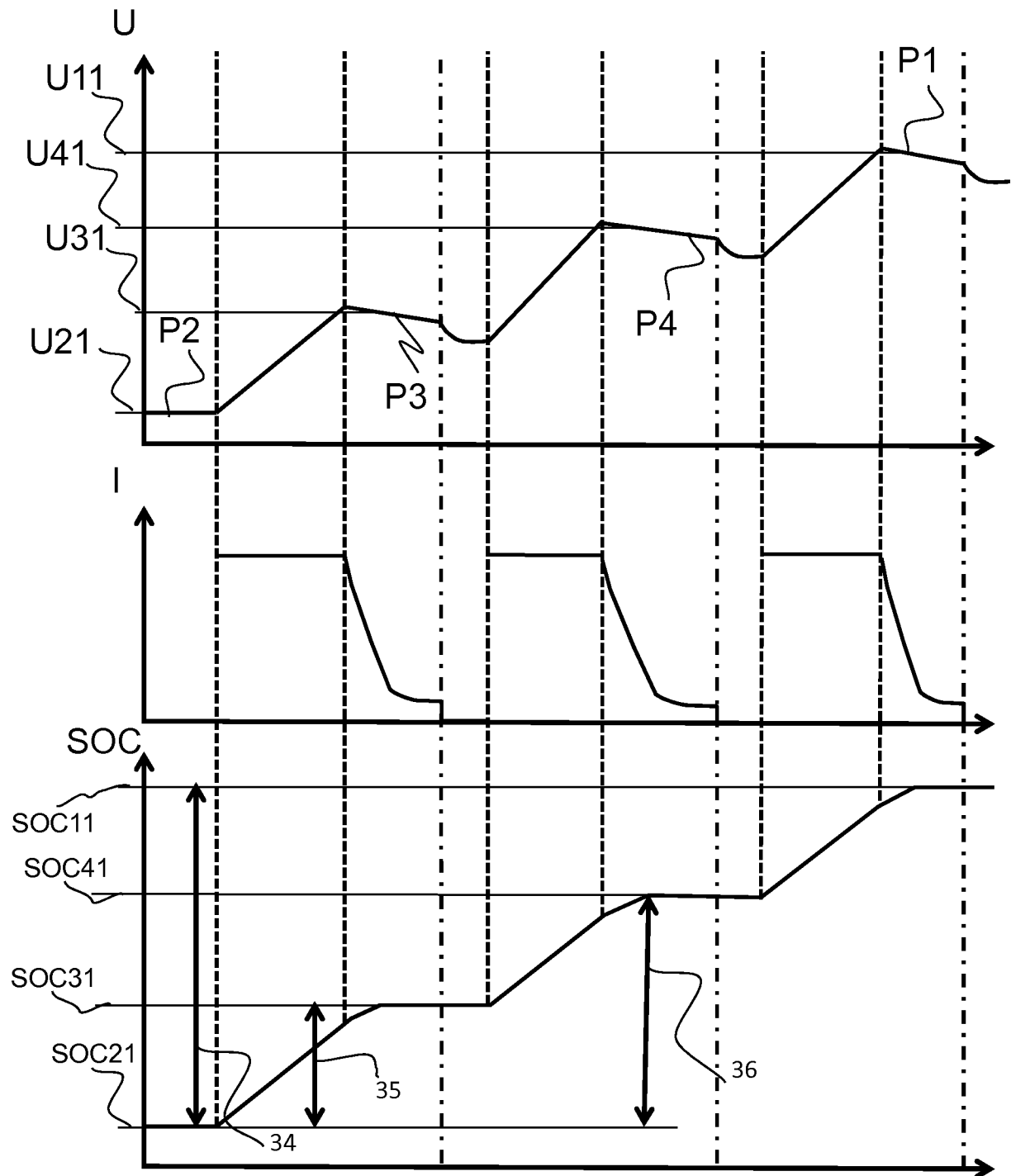


Fig. 3B

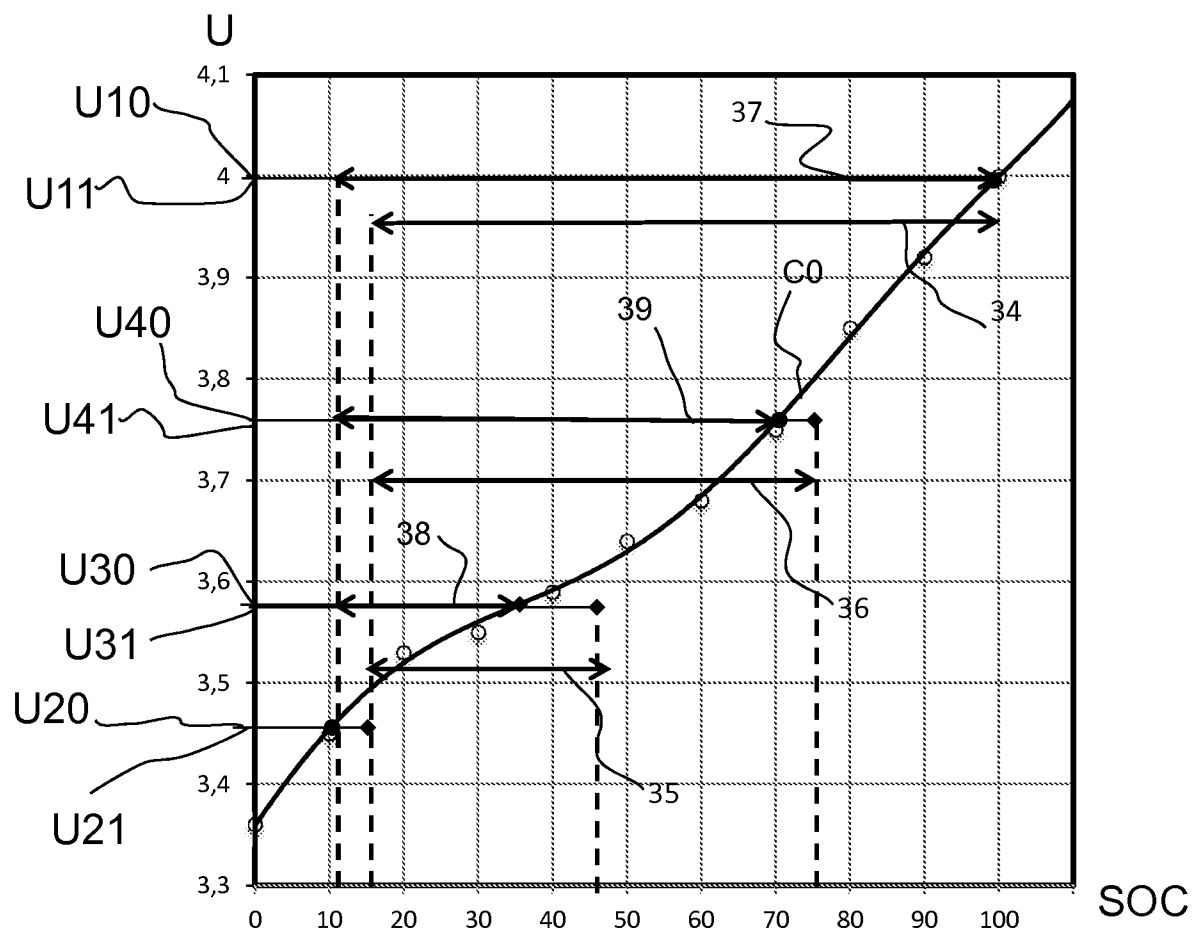


Fig. 4

5/5

$$U = \sum_{k=0}^N D_k^{init} \cdot [\alpha(SOC - SOC_{100\%}) + SOC_{100\%}]^k.$$

50

$$\alpha = \frac{1}{M-1} \sum_{t=1}^{M-1} \alpha_t.$$

51

Fig. 5

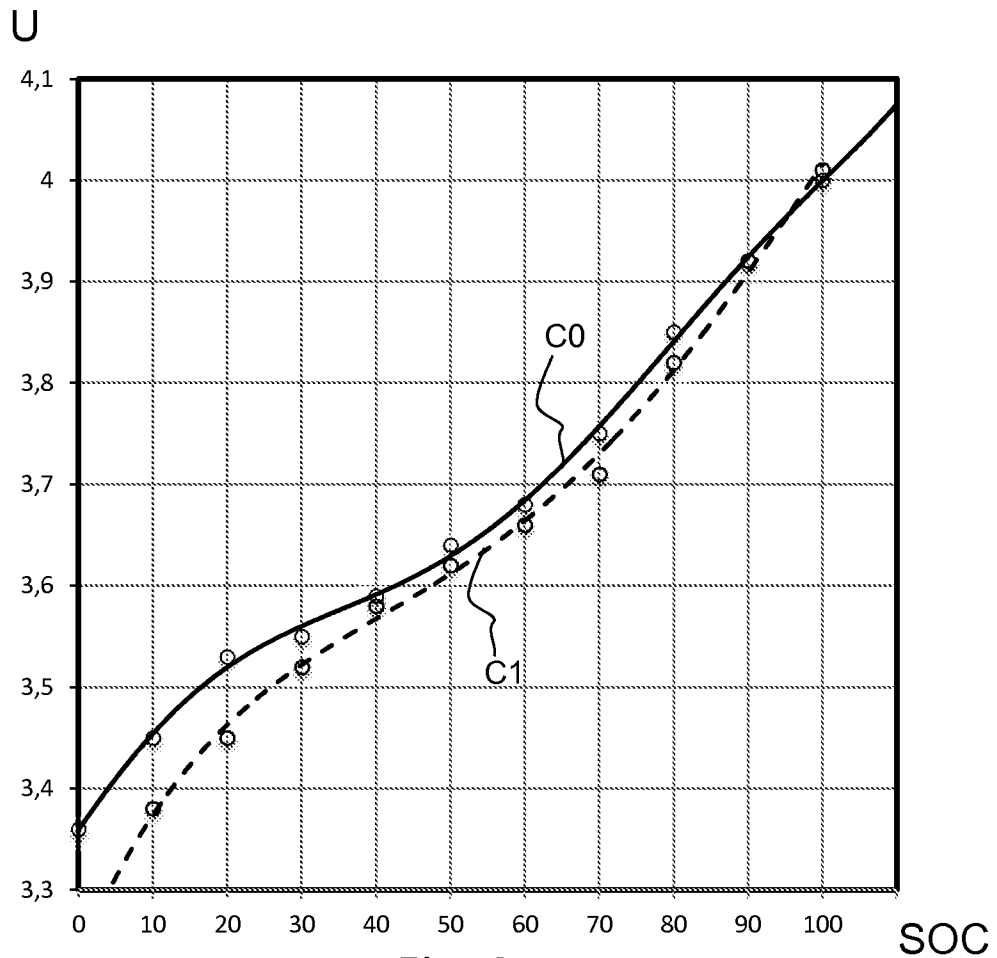


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/053584

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R31/36 B60L11/18
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)
G01R B60L

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	EP 1 158 306 A2 (CANON KK [JP]) 28 November 2001 (2001-11-28) paragraphs [0078] - [0084], [0350] - [0352]; claims 1,8; figures 18-34 -----	1-9
A	US 2012/200266 A1 (BERKOWITZ FRED [US] ET AL) 9 August 2012 (2012-08-09) paragraphs [0059] - [0061], [0185] - [0186]; claims 1,4,10-12,14,16,19; figures 24-26 -----	1-9
A	WO 2009/047581 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; KIRCHEV ANGEL ZHIVKOV [FR]) 16 April 2009 (2009-04-16) page 5, line 22 - page 11, line 12; claims 1,6; figures 8,9 ----- -/--	1-9



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

5 April 2016

Date of mailing of the international search report

20/04/2016

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

Bilzer, Claus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/053584

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2005 052448 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 20 July 2006 (2006-07-20) paragraphs [0014] - [0020]; claims 1-6; figures 1,2 -----	1-9
A	EP 2 527 855 A1 (GS YUASA INT LTD [JP]) 28 November 2012 (2012-11-28) paragraphs [0027] - [0040]; claims 1-16; figures 2,3 -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/053584

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1158306	A2	28-11-2001	CN 1340874 A 20-03-2002
			CN 101034141 A 12-09-2007
			DE 60132951 T2 26-06-2008
			EP 1158306 A2 28-11-2001
			JP 5202698 B2 05-06-2013
			JP 2011257411 A 22-12-2011
			KR 20040014921 A 18-02-2004
			KR 20040014922 A 18-02-2004
			KR 20040016807 A 25-02-2004
			KR 20040016808 A 25-02-2004
			KR 20040016809 A 25-02-2004
			TW 535308 B 01-06-2003
			US 2002109506 A1 15-08-2002
US 2012200266	A1	09-08-2012	US 2012200266 A1 09-08-2012
			US 2015153417 A1 04-06-2015
			WO 2012135148 A1 04-10-2012
WO 2009047581	A1	16-04-2009	AU 2007359887 A1 16-04-2009
			BR PI0722159 A2 18-03-2014
			CN 101821896 A 01-09-2010
			EP 2198474 A1 23-06-2010
			ES 2391992 T3 03-12-2012
			JP 5122651 B2 16-01-2013
			JP 2011501120 A 06-01-2011
			KR 20100071060 A 28-06-2010
			US 2010213946 A1 26-08-2010
			WO 2009047581 A1 16-04-2009
DE 102005052448	A1	20-07-2006	NONE
EP 2527855	A1	28-11-2012	CN 102695961 A 26-09-2012
			CN 105277899 A 27-01-2016
			EP 2527855 A1 28-11-2012
			KR 20120123346 A 08-11-2012
			US 2012293131 A1 22-11-2012
			WO 2011090020 A1 28-07-2011

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053584

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01R31/36 B60L11/18 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) G01R B60L		
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	EP 1 158 306 A2 (CANON KK [JP]) 28 novembre 2001 (2001-11-28) alinéas [0078] - [0084], [0350] - [0352]; revendications 1,8; figures 18-34 -----	1-9
A	US 2012/200266 A1 (BERKOWITZ FRED [US] ET AL) 9 août 2012 (2012-08-09) alinéas [0059] - [0061], [0185] - [0186]; revendications 1,4,10-12,14,16,19; figures 24-26 -----	1-9
A	WO 2009/047581 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; KIRCHEV ANGEL ZHIVKOV [FR]) 16 avril 2009 (2009-04-16) page 5, ligne 22 - page 11, ligne 12; revendications 1,6; figures 8,9 ----- -/-	1-9
☒ 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 5 avril 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 20/04/2016
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 Bilzer, Claus

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	DE 10 2005 052448 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 20 juillet 2006 (2006-07-20) alinéas [0014] - [0020]; revendications 1-6; figures 1,2 -----	1-9
A	EP 2 527 855 A1 (GS YUASA INT LTD [JP]) 28 novembre 2012 (2012-11-28) alinéas [0027] - [0040]; revendications 1-16; figures 2,3 -----	1-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053584

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1158306	A2	28-11-2001	CN 1340874 A	20-03-2002
			CN 101034141 A	12-09-2007
			DE 60132951 T2	26-06-2008
			EP 1158306 A2	28-11-2001
			JP 5202698 B2	05-06-2013
			JP 2011257411 A	22-12-2011
			KR 20040014921 A	18-02-2004
			KR 20040014922 A	18-02-2004
			KR 20040016807 A	25-02-2004
			KR 20040016808 A	25-02-2004
			KR 20040016809 A	25-02-2004
			TW 535308 B	01-06-2003
			US 2002109506 A1	15-08-2002

US 2012200266	A1	09-08-2012	US 2012200266 A1	09-08-2012
			US 2015153417 A1	04-06-2015
			WO 2012135148 A1	04-10-2012

WO 2009047581	A1	16-04-2009	AU 2007359887 A1	16-04-2009
			BR PI0722159 A2	18-03-2014
			CN 101821896 A	01-09-2010
			EP 2198474 A1	23-06-2010
			ES 2391992 T3	03-12-2012
			JP 5122651 B2	16-01-2013
			JP 2011501120 A	06-01-2011
			KR 20100071060 A	28-06-2010
			US 2010213946 A1	26-08-2010
			WO 2009047581 A1	16-04-2009

DE 102005052448	A1	20-07-2006	AUCUN	

EP 2527855	A1	28-11-2012	CN 102695961 A	26-09-2012
			CN 105277899 A	27-01-2016
			EP 2527855 A1	28-11-2012
			KR 20120123346 A	08-11-2012
			US 2012293131 A1	22-11-2012
			WO 2011090020 A1	28-07-2011
