

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 01.12.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 02.06.23 Bulletin 23/22.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS) — FR.

72 Inventeur(s) : BALENGHIEN OLIVIER et MOREL
ALEXANDRE.

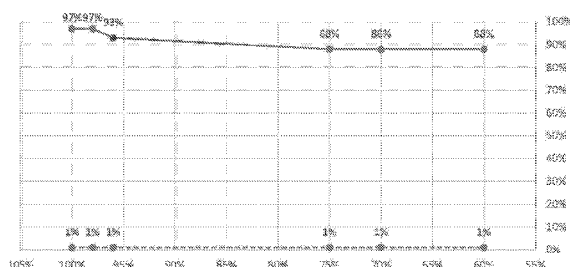
73 Titulaire(s) : PSA AUTOMOBILES SA Société par
actions simplifiée (SAS).

54 Mandataire(s) :
57 L'invention concerne un procédé de contrôle d'un BMS

pilotant au moins un pack d'au moins une batterie pour un véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique
stockée dans ledit pack batterie(s), ledit pack batterie(s) présentant un SOC utile évoluant suivant une plage de valeurs

comprises entre un SOC utile minimum et un SOC utile
maximum inférieur à un SOC réel maximum, le procédé
étant caractérisé en ce qu'il comprend une étape de révision
du SOC utile dans laquelle le BMS pilote une diminution de
la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle en
fonction d'au moins une donnée de vieillissement du pack
batterie(s).

Figure 1



Description

Titre de l'invention : Procédé de contrôle d'un système de gestion des batteries

Domaine technique de l'invention

- [0001] L'invention concerne, de façon générale, le domaine technique de la gestion des cycles de recharge de packs de batteries par branchement à une source d'énergie électrique. Ces packs de batteries sont utilisés dans des véhicules électriques ou hybrides, c'est-à-dire mus au moins partiellement par de l'énergie électrique.
- [0002] L'invention se rapporte plus spécifiquement à l'augmentation de la durée de vie des packs de batteries par optimisation des cycles de recharge.
- [0003] Dans la suite de la description, il est fait référence à l'utilisation des packs de batteries dans des véhicules électriques, c'est-à-dire mus exclusivement par de l'énergie électrique. Néanmoins, sauf indication spécifique particulière, ces packs de batteries peuvent aussi être utilisés dans des véhicules dits hybrides, c'est-à-dire tractés par un moteur thermique classique et un moteur électrique.

État de la technique antérieure

- [0004] Les véhicules automobiles ayant un moteur thermique comportent généralement une ou des batteries reliées au réseau de bord, appelées aussi batteries de servitude, pour alimenter les équipements de ces véhicules, notamment un démarreur d'un moteur thermique. D'autres véhicules, s'ils sont à propulsion électrique ou hybride, comportent une ou des batteries de traction (ou propulsion) reliées à un réseau de puissance pour alimenter les moteurs électriques de traction (ou de propulsion).
- [0005] On comprendra donc par batterie, dans tout le texte de ce document, un ensemble comprenant au moins un module de batterie contenant au moins une cellule électrochimique, la batterie de servitude étant considérée équivalente à au moins un module. Cette batterie comprend éventuellement des moyens électriques ou électroniques pour la gestion d'énergie électrique de ce au moins un module. Lorsqu'il y a plusieurs modules, ils sont regroupés dans un carter et forment alors un bloc batterie aussi appelé communément « pack batteries », ce bloc batterie étant souvent désigné par l'expression anglaise « pack batteries », ce carter contenant généralement une interface de montage, et des bornes de raccordement.
- [0006] Par ailleurs, on comprendra par cellule électrochimique dans tout le texte de ce document, des cellules générant du courant par réaction chimique, par exemple de type lithium-ion (ou Li-ion), de type Ni-Mh, ou Ni-Cd ou encore plomb.
- [0007] Un des problèmes rencontrés avec les packs batteries alimentant les véhicules électriques concerne leur longévité. C'est-à-dire la capacité dans le temps des modules

de puissance à conserver une capacité de stockage en énergie électrique suffisante pour procurer une autonomie à long terme satisfaisant les attentes des utilisateurs de ces véhicules, étant entendu par module de puissance, l'élément qui contient l'énergie électrique du pack batteries. La solution généralement retenue pour rallonger la durée de vie des modules de puissance consiste à limiter l'énergie stockée dans les modules de puissance.

[0008] En pratique, la quantité d'énergie électrique emmagasinée dans les modules de puissance des packs de batteries lors des cycles de recharge est limitée en fonction d'un paramètre représentatif du vieillissement du véhicule. Ce paramètre peut-être le nombre de kilomètres parcourus par le véhicule ou l'âge du véhicule sur la base d'un kilométrage moyen annuel ou le nombre de cycles de charge/décharge du pack batterie. Généralement, lorsque le paramètre utilisé correspond au nombre de cycles de charge/décharge, on considère qu'à chaque charge un cycle est effectué sur la base d'un kilométrage moyen par cycle. Donc, le plus souvent l'énergie emmagasinée dans le pack batteries lors des cycles de recharge est limitée en fonction du kilométrage du véhicule directement ou indirectement. Cette solution n'est pas satisfaisante, car le kilométrage du véhicule n'est pas pertinent pour refléter le vieillissement des batteries.

[0009] Par exemple, prenons deux conducteurs différents :

- un conducteur 1 habitant à 30Kms de son travail par l'autoroute et rechargeant son véhicule sur son lieu de travail avec une borne à mode de recharge rapide tous les 2 jours (soit au bout de 120Kms) ; et
- un conducteur 2 habitant à 40Kms de son travail n'utilisant que des routes limitées à 50 ou 90 km/h et ne rechargeant son véhicule que chez lui avec un boîtier de recharge domestique quand l'autonomie restante du véhicule est autour de 30 à 50 km.

[0010] Le conducteur 1 aura roulé 300 km en 5 jours de travail alors que le conducteur 2 aura roulé 400Kms en 5 jours de travail. Néanmoins, les modules de puissance du pack batterie qui auront vieillis le plus sont ceux du conducteur 1. En effet, les facteurs qui font vieillir les modules de puissances sont notamment :

- le mode de recharge rapide sur une borne de recharge adaptée : car les modules reçoivent une énergie électrique importante en moins d'une heure,
- les décharges pendant un roulage rapide du véhicule, par exemple à 130 km/h : car les modules de puissance doivent se décharger rapidement pour fournir l'énergie au moteur électrique pour tracter le véhicule à 130 km/h,
- le fait de recharger souvent les modules de puissance conduit ceux-ci à toujours avoir une quantité d'énergie stockée importante, et
- le nombre d'opérations de recharges mêmes partielles influence le vieillissement des modules de puissance du pack batteries.

- [0011] Donc le conducteur 1 fera moins de kilomètres que le conducteur 2, et pourtant il fera vieillir ses modules de puissance du pack batteries plus rapidement, ce qui permet de conclure que l'utilisation du kilométrage du véhicule ne contribue pas à définir la vétusté des modules de puissance du pack batterie.
- [0012] Une autre problématique qui existe dans certains cas apparaît lors du changement du pack batteries. En effet, si un conducteur change son pack batterie après un certain nombre de kilomètres prédéterminé par un nouveau pack batterie, donc comportant des modules de puissance neufs, le module de gestion du pack batterie va avoir l'information que le véhicule a déjà roulé ce nombre de kilomètres prédéterminé dont il résulte que le module de gestion pilote des phases de recharge dudit pack batteries qui seront fonction de ce nombre de kilomètres prédéterminé alors non nul.
- [0013] Il existe donc un besoin pour une méthode de gestion du cycle de vie des modules de puissance des packs de batteries des véhicules permettant d'optimiser leur durée de vie sans pénaliser les utilisateurs précautionneux.

Exposé de l'invention

- [0014] L'invention vise à remédier à tout ou partie des inconvénients de l'état de la technique en proposant notamment une solution permettant de prévenir un vieillissement intempestif des packs de batteries en offrant la possibilité de limiter la capacité de recharge du pack batteries, notamment de traction, de façon améliorée.
- [0015] Pour ce faire, il est proposé, selon un premier aspect de l'invention, un procédé de contrôle d'un BMS pilotant au moins un pack d'au moins une batterie pour un véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batterie(s), ledit pack batterie(s) présentant un SOC utile évoluant suivant une plage de valeurs comprise entre un SOC utile minimum et un SOC utile maximum inférieur à un SOC réel maximum, le procédé étant remarquable en ce qu'il comprend une étape de révision du SOC utile dans laquelle le BMS pilote une diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle en fonction d'au moins une donnée de vieillissement du pack batterie(s).
- [0016] Grâce à une telle combinaison de caractéristiques, on offre une gestion optimisée du ou des pack(s) de batteries dont l'incidence directe est l'augmentation de la durée de vie des modules de puissance du ou des pack(s), la vétusté des modules du pack de batterie(s) est alors proche de la réalité. De cette manière, l'autonomie du véhicule n'est pas limitée à cause de son strict kilométrage, ce qui dans ce cas aurait pour incidence de la limiter quand bien même ses modules de puissances de pack batterie seraient en parfait état de fonctionnement. Grâce à l'invention, un conducteur précautionneux n'est pas pénalisé sur son autonomie à cause de conducteurs sévères.
- [0017] Selon un mode de réalisation, la ou les donnée(s) de vieillissement est(sont)

choisie(s) parmi les données suivantes : au moins une valeur du SOH, au moins une donnée de vieillissement chimique, au moins une donnée de vieillissement mécanique, un nombre de cycles de charge et/ou de décharges complètes subies, un nombre de cycles de charge et/ou de décharges incomplètes subies, un nombre de déplacements d'une température interne seuil prédéterminée, un nombre de franchissements du SOC sous un SOC seuil prédéterminé. Bien entendu, ces données peuvent être prises en compte seules ou de façon combinée dans l'étape de révision du SOC utile.

- [0018] Selon un mode de réalisation, la diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle est fonction d'une unique donnée de vieillissement correspondant à la valeur du SOH, le SOH étant de préférence calculé selon l'équation suivante :
- $$\text{SOH} = \frac{\text{Capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel} * 100}{\text{Capacité maximale à neuf}}$$

SOH exprimé en pourcentage, la capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel exprimé en Ampère.heure et la capacité maximale à neuf exprimée en Ampère.heure.

- [0019] Selon un mode de réalisation, pour un état de vieillissement nul du pack de batterie(s) correspondant à un SOH égal à 100%, le SOC utile maximum est fixé entre 95 et 99% du SOC réel maximum, de préférence égale à 97% du SOC réel maximum, et/ou ledit pack batteries étant inapte à entraîner le véhicule lorsqu'il est déchargé au-dessous d'un SOC utile minimum, préférentiellement fixé entre 1% et 5% du SOC réel maximum, de préférence fixé entre 1% et 2% du SOC réel maximum.

- [0020] Selon un mode de réalisation, le BMS pilote la plage de valeur du SOC utile évolue de manière décroissante lorsque le SOH décroît jusqu'à une valeur seuil plancher prédéterminée puis est constante lorsque le SOH évolue de cette valeur seuil plancher jusqu'à une valeur seuil minimale prédéterminée en dessous de laquelle le pack batterie(s) doit être changé.

- [0021] Selon un mode de réalisation, la diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle est obtenue par une diminution du SOC utile maximum, le SOC utile minimum étant de préférence constant.

- [0022] Selon un mode de réalisation, le BMS pilote une phase de recharge dudit pack de batterie(s) selon une pluralité de modes de recharges comprenant au moins un mode de recharge rapide, le procédé comprenant une étape dans laquelle le BMS pilote une recharge dudit pack de batterie(s) dans ledit mode de recharge rapide jusqu'au SOC utile maximum.

- [0023] Il est proposé selon un deuxième aspect de l'invention, un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code enregistrées sur un support lisible par ordinateur pour la mise en œuvre du procédé tel que défini ci-avant, lorsque ledit programme fonctionne dans un BMS pilotant au moins un pack batterie(s) pour un véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack

batteries, de préférence pour un véhicule mû exclusivement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batteries.

[0024] Il est proposé selon un troisième aspect de l'invention, BMS pour piloter au moins un pack batteries pour un véhicule mû au moins partiellement, de préférence exclusivement, par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batteries, ledit BMS étant apte à piloter une étape de révision du SOC utile selon le procédé défini ci-avant.

[0025] Il est proposé selon un quatrième aspect de l'invention, un pack batterie(s) comprenant un module de stockage d'énergie électrique remarquable en ce qu'il comprend le BMS tel que défini ci-avant.

[0026] Selon un mode de réalisation, le pack batterie est destiné à un véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batteries de traction, le pack batteries comprenant :

- une pluralité de modules de puissance dans lesquels est stockée l'énergie électrique du pack batteries de traction,
- un système de refroidissement et/ou de réchauffage desdits modules de puissance,
- une armature apte à maintenir les modules de puissance,
- un capotage inférieur et un capotage supérieur reliés à l'armature et aptes à assurer l'isolation du pack batteries de traction, et
- un BMS apte à piloter le pack batteries de traction qui est tel que défini ci-dessus.

[0027] Véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans au moins un pack de batterie(s) tel que défini ci-avant.

[0028] Selon un mode de réalisation, le véhicule est mû exclusivement par de l'énergie électrique stockée dans le pack batterie(s).

[0029] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention sont mis en évidence par la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisation des différents aspects de l'invention.

brÈve description des figures

[0030] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la lecture de la description qui suit, en référence à la figure annexée, qui illustre :

[Fig.1] : un graphique représentant l'évolution du SOC utile en fonction du SOH.

description DÉTAILLÉE d'un mode de rÉalisation

[0031] L'état de charge, aussi appelé SOC (Acronyme en anglais de « State of charge »), est un des paramètres clés dans la gestion d'un pack batteries de traction par un dispositif de gestion des batteries, aussi appelé BMS (Acronyme en anglais de « Battery management system »). Le SOC représente le niveau de charge des modules de

puissances d'un pack batteries (par commodité, il sera principalement fait référence au pack batteries au lieu de module de puissance ou de pack batteries de traction). Le SOC est exprimé en pourcentage de la capacité de charge maximale du pack batteries et cette charge maximale est fonction du vieillissement du pack de batterie. Le SOC est de 100% lorsque le pack batteries est complètement chargé, et il est de 0% lorsque celui-ci est complètement déchargé. Deux autres indicateurs du niveau de charge sont dérivés du SOC, le SOC dit « réel » et le SOC dit « utile ».

[0032] Le SOC réel est un paramètre constructeur. C'est la capacité de charge réelle du pack batteries neuf comme indiqué par le constructeur. Un pack batteries de 50kWh contiendra à 100% de son SOC réel soit 50kWh par exemple, et elle contiendra à 0% de son SOC réel soit 0kWh.

[0033] Le SOC utile, aussi appelé SOC client, représente la quantité d'énergie électrique contenue dans le pack batteries utilisable par l'utilisateur du véhicule électrique dans lequel le pack batteries est installé. Le SOC utile maximum pour un véhicule neuf est légèrement inférieur au SOC réel maximum, par exemple le SOC utile maximum est fixé à 97% du SOC réel maximum. L'utilisation du SOC utile au pack batteries a pour but de préserver la durabilité du pack batteries quand un utilisateur fait le plein d'énergie électrique à une borne de recharge. En effet, la recharge du véhicule s'arrête à 100% du SOC utile soit 97% du SOC réel. En pratique, après une recharge complète d'un véhicule neuf, un pack batteries de SOC réel maximum de 50kWh contiendra une quantité d'énergie électrique plus proche de 48kWh que de 50kWh.

[0034] Néanmoins, si ce véhicule après avoir subi une recharge complète (c'est-à-dire à 100% du SOC utile) parcourt une route en descente en faisant du freinage récupératif, il pourra atteindre jusqu'à 100% du SOC réel maximum.

[0035] Le SOC utile minimum d'un véhicule neuf correspond à une petite fraction du SOC réel maximum, par exemple comprise entre 1% et 2% du SOC réel maximum. En pratique, un utilisateur roulant jusqu'à « la panne sèche », c'est-à-dire jusqu'à un SOC utile de 0%, avec un véhicule électrique dont le SOC utile minimum correspond à 1% du SOC réel maximum, aura encore une quantité d'énergie minimum de 0,5kWh dans son pack batteries qui ne peut pas être utilisée pour entraîner c'est-à-dire déplacer, son véhicule. En effet, une décharge du pack batteries jusqu'à 0% du SOC réel, aussi appelé décharge profonde, mettrait le véhicule définitivement en panne et il serait dans l'impossibilité d'être rechargé. Un remplacement du pack batteries serait alors indispensable. Dans ce contexte, on comprend que le SOC utile minimum est choisi strictement supérieur au SOC réel minimum. De même, on comprend également que le SOC utile maximum est choisi strictement inférieur au SOC réel maximum.

[0036] En règle générale, un pack batteries comprend plusieurs modules de puissance. En fait, l'énergie électrique est stockée dans les modules de puissance. Un BMS est aussi

intégré dans le pack batteries pour assurer le pilotage des modules de puissance. En pratique le BMS est constitué d'un calculateur contrôlant l'exécution des opérations de charge et décharge du pack batteries, selon un programme informatique stocké dans le BMS. Le pack batteries comprend en outre un système de refroidissement et de réchauffement des modules de puissances qui est également géré par le BMS. Les modules de puissance ainsi que les autres composants du BMS sont maintenus mécaniquement par une armature comprise dans le pack batteries et sur laquelle viennent se fixer un capotage inférieur et un capotage supérieur. Le capotage inférieur et le capotage supérieur coopèrent avec l'armature afin d'assurer une isolation du pack batteries contre les aléas provenant de l'environnement dans lequel évolue le véhicule.

[0037] Comme indiqué ci-dessus, le BMS gère le pack batteries, par exemple de traction, du véhicule et estime la valeur du SOE (Acronyme pour « State of energy » en anglais) désignant le taux de charge du pack batteries (en kWh ou en %). Le SOE désigne un état d'énergie de la batterie. On comprendra par état d'énergie, dans tout le texte de ce document, la quantité d'énergie encore disponible pour le fonctionnement d'organes consommateurs de courant couplés à la batterie ou pour le fonctionnement du véhicule. Cette quantité est par exemple exprimée en valeur absolue en Watt Heure ou en joules, ou en pourcentage par rapport à une quantité d'énergie de référence par exemple lorsque l'état de charge est à 100%.

[0038] Cet état d'énergie est une donnée d'entrée pour la détermination de l'autonomie restante de la batterie. Cette autonomie restante, selon l'application de la batterie, peut s'exprimer en temps restant de fonctionnement et/ou en distance restante parcourable pour un véhicule automobile par exemple. Cette autonomie restante est également fonction d'un profil d'utilisation ou de roulage pour un véhicule, ce profil définissant un niveau de puissance consommée ou régénérée (par exemple un véhicule comprenant un système de régénération d'énergie au freinage), ou, si la tension varie peu, de façon équivalente à un profil de consommation de courant de la batterie en fonction du temps. Ce profil de consommation, dit également d'utilisation ou de roulage, est par exemple une projection faite à partir des données d'une dernière utilisation de la batterie, ou un profil type prédéterminé, représentatif d'une utilisation standard de la batterie, ou encore d'un itinéraire programmé du véhicule, mais bien d'autres exemples sont possibles. Le plus souvent, le BMS détermine cet état d'énergie à partir de cartographies issues de mesures faites sur banc ou lors du développement de la batterie. Certains procédés proposent de calculer cet état d'énergie. Par exemple on connaît du document de brevet EP-A1-3245096 un procédé déterminant un tel état d'énergie.

[0039] Le SOE estimé par le BMS est ensuite envoyé à un superviseur d'un groupe moto-propulseur du véhicule, aussi appelé eVCU (Acronyme pour « electronic Vehicule

control unit » en anglais). L'eVCU supervise et coordonne les autres calculateurs intervenant dans le fonctionnement du groupe moto-propulseur et à ce titre intervient ainsi également dans le contrôle du pack batteries.

[0040] Le BMS contrôle donc, entre autres opérations, les cycles de recharge du pack batteries. À ce titre, le BMS est apte à prendre en charge plusieurs modes de recharge dont un premier mode de recharge domestique sur une prise murale classique délivrant généralement un courant compris entre 8A et 13A sous la tension standard du réseau électrique domestique de 220V alternatif. Un deuxième mode de recharge piloté par le BMS est la recharge du pack batteries sur une wallbox (boîte murale en français). Cette wallbox est en général achetée avec le véhicule et installée sur le compteur du domicile de l'utilisateur du véhicule, c'est-à-dire qu'elle est alimentée en énergie électrique domestique, et elle délivre donc un courant en monophasé de 16A ou de 32A ou en triphasé de 16A sur chaque phase. La wallbox joue donc un rôle comparable à celui d'un convertisseur électrique. Dans ce cas on peut parler de deuxième mode de recharge ajusté. Le BMS prend aussi en charge, un troisième mode de recharge sur des bornes spéciales délivrant généralement un courant continu de 125A ou plus sous une tension de 450V. Ce mode de recharge sur borne spéciale est aussi appelé mode de recharge rapide et est indépendant du réseau électrique domestique. Comme indiqué ci-dessus, ce mode de recharge rapide peut être dommageable pour la longévité des modules de puissance.

[0041] Un indice indiquant l'état de vieillissement des batteries, aussi appelé SOH (Acronyme de « State of health » en anglais) est aussi utilisé. Le SOH est calculé de la façon suivante :

$$\text{SOH} \left[\% \right] = \frac{\text{Capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel [Ah]} * 100}{\text{Capacité maximale à neuf [Ah]}}$$

avec le SOH exprimé en pourcentage, la capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel exprimé en Ampère.heure et la capacité maximale à neuf exprimée en Ampère.heure.

[0042] Pour obtenir ces valeurs de capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel, un ampèremètre est utilisé, en combinaison avec un capteur de courant en sortie d'une borne positive du ou des module(s) de batterie et avec un capteur de courant en entrée d'une borne négative dudit ou desdits module(s) de batterie. La capacité maximale à neuf est une donnée prédéterminée, en particulier prédéterminée lors de mesures au court de sa fabrication et avant intégration sur le véhicule électrique.

[0043] [Fig.1] La [Fig.1] montre l'évolution du SOC utile en fonction du SOH du pack batterie(s), le graphique présentant en abscisses le SOH exprimé en pourcentage (%), et en ordonnées, le SOC réel exprimé en pourcentage (%). Lorsque le véhicule est neuf, l'utilisateur dispose au maximum de 100% du SOC utile, soit 97% du SOC réel

du pack batteries, et au minimum de 0% du SOC utile soit 1% du SOC réel du pack batteries. Donc, la quantité d'énergie réellement disponible pour un véhicule neuf, c'est-à-dire ce qui conditionne son autonomie, est comprise entre 1% et 97% du SOC réel du pack batteries.

- [0044] Pour un véhicule présentant un SOH de 75%, l'utilisateur dispose toujours de 100% du SOC utile, mais ce SOC utile maximum (courbe en trait plein) ne vaut plus que 88% du SOC réel maximum du pack batteries. Par contre, le pack batteries contient toujours 1% du SOC réel maximum lorsque le SOC utile est à son minimum (0%) (SOC utile minimum représenté par la courbe en trait discontinu). Par conséquent, avec un SOH de 75% l'utilisateur du véhicule ne dispose plus que d'une quantité d'énergie électrique comprise entre 1% et 88% du SOC réel maximum du pack batteries.
- [0045] Dans ce mode de réalisation, lors de la mise en œuvre de l'étape de révision du SOC utile, le BMS pilote la diminution de la plage de valeur du SOC utile par rapport à une plage du SOC réel à l'intérieur de laquelle elle est indexée, l'étape de diminution consistant uniquement à la diminution du SOC utile maximum parmi le SOC utile maximum et le SOC utile minimum.
- [0046] Pour un état de vieillissement nul du pack batteries, c'est-à-dire lorsque le pack batteries est neuf, le SOH correspondant est égal à 100%. De façon générale, une valeur prédéterminée du SOC utile maximum est fixée entre 95 et 99% du SOC réel maximum, de préférence égale à 97% du SOC réel maximum. Par ailleurs, ledit pack batteries est inapte à entraîner le véhicule lorsqu'il est déchargé au-dessous d'un SOC utile minimum, préférentiellement fixé entre 1% et 5% du SOC réel maximum, de préférence fixé entre 1% et 2% du SOC réel maximum. La plage de valeur du SOC utile s'étend donc selon l'exemple de la [Fig.1] ([Fig.1]) de 1% à 97% du SOC réel maximum.
- [0047] La plage de valeur du SOC utile est évidemment par définition toujours une fraction de la plage du SOC réel, et donc comprise à l'intérieur de la plage du SOC réel. Au fur et à mesure de la vétusté des batteries, le SOH représentatif de cet état de vieillissement est pris en compte pour réduire la plage de valeur du SOC utile par rapport au SOC réel vers une valeur non nulle jusqu'à atteindre une plage de valeur du SOC utile minimale constante. En particulier ici, la valeur du SOC utile maximum est une fraction du SOC réel maximum dont la valeur de la fraction diminue vers une valeur seuil minimale, ici égale à 88% du SOC réel maximum, valeur plancher atteinte lorsque le SOH est inférieur ou égale à 75%.
- [0048] Cette étape de révision mise en œuvre par le BMS est donc une fonction de diminution du SOC utile maximum par rapport au SOC réel à partir d'une fraction strictement inférieure à 100% (ici 97%) du SOC réel maximum jusqu'à une valeur seuil minimale (ici 88%) du SOC réel maximum, impliquant dans le sens d'une di-

minution du SOH, une diminution du SOC utile maximum et donc une diminution de la plage de valeur du SOC utile. La fonction de diminution de la plage du SOC utile évolue telle une fonction décroissante dans l'intervalle 100% à 75% du SOH puis constante dans l'intervalle 75 à 60% du SOH.

[0049] Quand le SOH à atteint une valeur inférieure à un seuil minimal prédéterminé, égale dans cet exemple à 60%, la consigne est de changer le pack batteries du véhicule associé.

[0050] Le dispositif de contrôle, ou BMS, est donc programmé pour mettre en œuvre une révision du SOC utile en fonction, exclusivement ici, du SOH. Alternativement ou en complément du SOH comme donnée de vieillissement, d'autres données de vieillissement propres aux packs de batteries peuvent être utilisées pour mettre en œuvre cette étape de révision du SOC utile vers une diminution de la plage de valeur du SOC utile, de préférence une diminution du SOC utile maximum, parmi lesquelles on trouve par exemple :

- au moins une donnée de vieillissement chimique, par exemple pour une donnée reflétant ou mesurant l'existence ou non d'un phénomène appelé « plating » en termes anglo-saxons , correspondant à un état de cristallisation du pack batteries, phénomène équivalent de la sulfatation pour des batteries au plomb,
- au moins une donnée de vieillissement mécanique, par exemple pour une donnée reflétant l'existence de sollicitations mécaniques alternées des cellules dues à des dilatations répétitives de ces dernières en fonction de leurs sollicitations, cet effet étant dénommé « swelling force » en termes anglo-saxons ;
- un nombre de cycles de charge et/ou de décharges complètes subies,
- un nombre de cycles de charge et/ou de décharges incomplètes subies,
- un nombre de déplacements d'une température interne seuil prédéterminée,
- un nombre de franchissements du SOC sous un SOC seuil prédéterminé,
- le temps, etc.

[0051] L'étape étape de révision du SOC utile dans laquelle le BMS pilote la diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle en fonction d'au moins une donnée de vieillissement du pack de batterie(s) est une étape qui peut être mise en œuvre à n'importe quel moment d'une recharge, quelque soit le mode de recharge utilisé. Toutefois, le BMS peut être configuré de sorte que cette étape de révision se déroule uniquement lorsque les modes de recharge utilisés sont le deuxième ou troisième mode de recharge, à savoir respectivement ajusté ou rapide, de préférence uniquement lors d'une recharge rapide. Cela permet notamment de disposer de plus de puissance lors de la recharge pour que l'efficacité des mesures par l'ampèremètre aux bornes du module de puissance soit les plus fiables.

- [0052] Il est également avantageux de mettre en place une limitation du SOC utile maximum permettant de brider la capacité de stockage lors des cycles de recharge afin de ne pas engendrer de vieillissement prématuré du pack batteries. Comme indiqué ci-dessus, le mode de recharge potentiellement le plus dommageable à la durabilité du pack batteries est le mode de recharge rapide, il est donc proposé de mettre en œuvre au niveau du BMS une limitation du SOC maximum lors des cycles de recharge en mode de recharge rapide.
- [0053] Naturellement, l'invention est décrite dans ce qui précède à titre d'exemple. Il est entendu que l'homme du métier est à même de réaliser différentes variantes de réalisation de l'invention sans pour autant sortir du cadre de l'invention.
- [0054] Par exemple, l'invention décrite ci-dessus pour un véhicule électrique, c'est-à-dire dont le déplacement est assuré seulement par de l'énergie électrique, peut être mise en oeuvre pour un véhicule hybride dont l'énergie motrice peut être électrique, thermique ou une combinaison des deux.
- [0055] Il est souligné que toutes les caractéristiques, telles qu'elles se dégagent pour un homme du métier à partir de la présente description, des dessins et des revendications attachées, même si concrètement elles n'ont été décrites qu'en relation avec d'autres caractéristiques déterminées, tant individuellement que dans des combinaisons quelconques, peuvent être combinées à d'autres caractéristiques ou groupes de caractéristiques divulguées ici, pour autant que cela n'a pas été expressément exclu ou que des circonstances techniques rendent de telles combinaisons impossibles ou dénuées de sens.

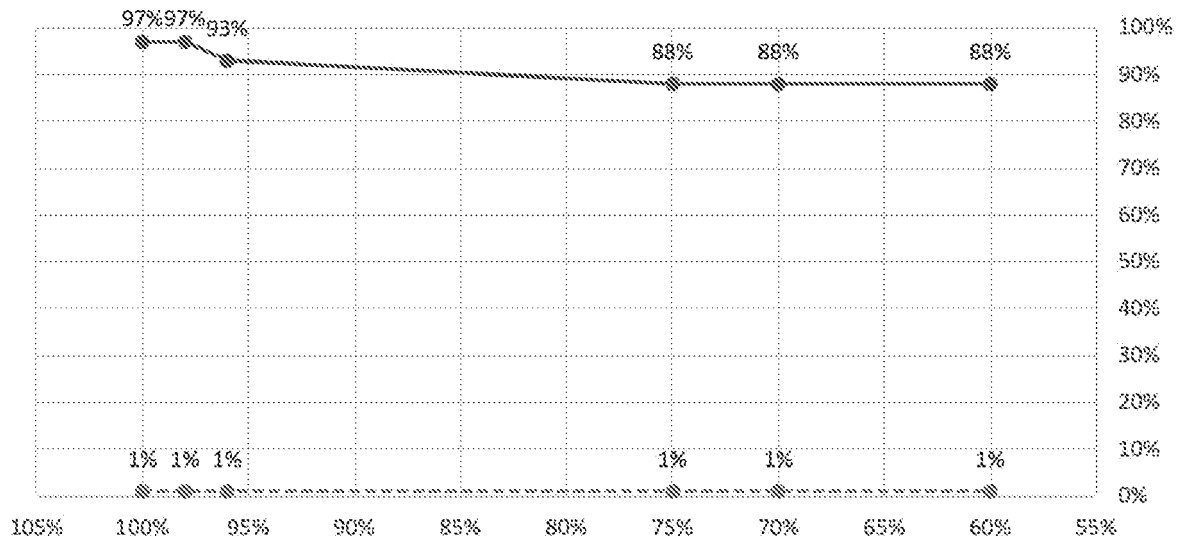
Revendications

- [Revendication 1] Procédé de contrôle d'un BMS pilotant au moins un pack d'au moins une batterie pour un véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batterie(s), ledit pack batterie(s) présentant un SOC utile évoluant suivant une plage de valeurs comprises entre un SOC utile minimum et un SOC utile maximum inférieur à un SOC réel maximum, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend une étape de révision du SOC utile dans laquelle le BMS pilote une diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle en fonction d'au moins une donnée de vieillissement du pack de batterie(s).
- [Revendication 2] Procédé de contrôle selon la revendication 1, caractérisé en ce que la ou les donnée(s) de vieillissement est(sont) choisie(s) parmi les données suivantes : au moins une valeur du SOH, au moins une donnée de vieillissement chimique, au moins une donnée de vieillissement mécanique, un nombre de cycles de charge et/ou de décharges complètes subies, un nombre de cycles de charge et/ou de décharges incomplètes subies, un nombre de déplacements d'une température interne seuil prédéterminée, un nombre de franchissements du SOC sous un SOC seuil prédéterminé.
- [Revendication 3] Procédé de contrôle selon la revendication 2, caractérisé en ce que la diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle est fonction d'une unique donnée de vieillissement correspondant à la valeur du SOH, le SOH étant de préférence calculé selon l'équation suivante :
- [Math 1]
- $$\text{SOH} = \frac{\text{Capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel} * 100}{\text{Capacité maximale à neuf}}$$
- avec le SOH exprimé en pourcentage, la capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel exprimé en Ampère.heure et la capacité maximale à neuf exprimée en Ampère.heure.
- [Revendication 4] Procédé de contrôle selon la revendication 2 ou 3, dans lequel, pour un état de vieillissement nul du pack batterie(s) correspondant à un SOH égal à 100%, le SOC utile maximum est fixé entre 95 et 99% du SOC réel maximum, de préférence égale à 97% du SOC réel maximum, et/ou ledit pack batteries étant inapte à entraîner le véhicule lorsqu'il est

déchargé au-dessous d'un SOC utile minimum, préférablement fixé entre 1% et 5% du SOC réel maximum, de préférence fixé entre 1% et 2% du SOC réel maximum.

- [Revendication 5] Procédé de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la diminution de la plage de valeur du SOC utile vers une valeur non nulle est obtenue par une diminution du SOC utile maximum, le SOC utile minimum étant de préférence constant.
- [Revendication 6] Procédé de contrôle selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le BMS pilote une phase de recharge dudit pack batterie(s) selon une pluralité de modes de recharges comprenant au moins un mode de recharge rapide, le procédé comprenant une étape dans laquelle le BMS pilote une recharge dudit pack batterie(s) dans ledit mode de recharge rapide jusqu'au SOC utile maximum.
- [Revendication 7] Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code enregistrées sur un support lisible par ordinateur pour la mise en œuvre du procédé d'une des revendications 1 à 6 lorsque ledit programme fonctionne dans un BMS pilotant au moins un pack batterie(s) pour un véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batteries, de préférence pour un véhicule mû exclusivement par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batteries.
- [Revendication 8] Dispositif de gestion des batteries (BMS) pour piloter au moins un pack batteries pour un véhicule mû au moins partiellement, de préférence exclusivement, par de l'énergie électrique stockée dans ledit pack batteries, ledit BMS étant apte à piloter une étape de révision du SOC utile selon le procédé défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 6.
- [Revendication 9] Pack batterie(s) comprenant un module de stockage d'énergie électrique caractérisé en ce qu'il comprend le BMS tel que défini à la revendication 8.
- [Revendication 10] Véhicule mû au moins partiellement par de l'énergie électrique stockée dans au moins un pack batterie(s) tel que défini à la revendication 9, de préférence mû exclusivement par de l'énergie électrique stockée dans le pack batterie(s).

[Fig. 1]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 902381
FR 2112790

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	FR 3 030 768 A1 (RENAULT SA [FR]) 24 juin 2016 (2016-06-24)	1-3, 5, 7-10	B60L58/18 B60L58/22
Y	* pages 1-4, 6-10; figures 1-5 * -----	6	B60L58/12 B60L58/16
X	US 2012/112754 A1 (KAWAI TOSHIYUKI [JP]) 10 mai 2012 (2012-05-10) * alinéas [0008], [0021], [0063] - [0094]; figures 1-8b * -----	1, 7, 8	H02J7/00 G01R31/392
X	FR 3 018 360 A1 (RENAULT SA [FR]) 11 septembre 2015 (2015-09-11) * pages 9-13; figures 1-6 * -----	1, 4, 7, 8	
X	TABORELLI CARLO ET AL: "Advanced battery management system design for SOC/SOH estimation for e-bikes applications", INTERNATIONAL JOURNAL OF POWERTRAINS, vol. 5, no. 4, 2016, page 325, XP055942130, ISSN: 1742-4267, DOI: 10.1504/IJPT.2016.081795 Extrait de l'Internet: URL:https://energy.stanford.edu/sites/g/fi les/sbiybj9971/f/x_onori.pdf> * pages 3-5, 23 * ----- -/--	1, 7, 8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B60L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 juillet 2022		Albertsson, Gustav	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 902381
FR 2112790

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	Murnane Martin ET AL: "A Closer Look at State of Charge (SOC) and State of Health (SOH) Estimation Techniques for Batteries", , 2017, pages 1-8, XP055942135, Extrait de l'Internet: URL:https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/technical-articles/a-closer-look-at-state-of-charge-and-state-health-estimation-techniques.pdf [extrait le 2022-07-13] * pages 1-3; figure 1 * -----	1, 7, 8	
Y	FR 2 994 772 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA [FR]) 28 février 2014 (2014-02-28) * pages 4-5; figures 1-2 * -----	6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 juillet 2022		Albertsson, Gustav	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2112790 FA 902381**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-07-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 3030768	A1	24-06-2016	CN	107207004 A	26-09-2017
			EP	3237258 A1	01-11-2017
			FR	3030768 A1	24-06-2016
			JP	6650465 B2	19-02-2020
			JP	2018504322 A	15-02-2018
			KR	20170096024 A	23-08-2017
			US	2017369048 A1	28-12-2017
			WO	2016102856 A1	30-06-2016

US 2012112754	A1	10-05-2012	JP	5472048 B2	16-04-2014
			JP	2012103131 A	31-05-2012
			US	2012112754 A1	10-05-2012

FR 3018360	A1	11-09-2015	CN	106133540 A	16-11-2016
			EP	3114493 A1	11-01-2017
			FR	3018360 A1	11-09-2015
			JP	6543263 B2	10-07-2019
			JP	2017510800 A	13-04-2017
			KR	20160130389 A	11-11-2016
			US	2017016961 A1	19-01-2017
			WO	2015132544 A1	11-09-2015

FR 2994772	A1	28-02-2014	AUCUN		
