

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :

3 045 216

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

15 62273

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 M 10/44** (2016.01), B 60 L 11/18, G 01 R 31/36,
H 01 M 10/052, H 01 M 10/42, H 01 M 10/48

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ BATTERIE COMPRENANT UNE PLURALITE DE CELLULES EN SERIE.

②② Date de dépôt : 14.12.15.

③③ Priorité :

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① **Demandeur(s)** : PEUGEOT CITROEN
AUTOMOBILES SA Société anonyme —FR, CENTRE
NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE FR,
INSTITUT POLYTECHNIQUE DE BORDEAUX FR et
UNIVERSITE DE BORDEAUX Etablissement public —
FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 16.06.17 Bulletin 17/24.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 25.10.19 Bulletin 19/43.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② **Inventeur(s)** : GUILLEMARD FRANCK, NOURY
AGNIESZKA, MOZE MATHIEU, SABATIER
JOCELYN, LAVIGNE LOIC et FRANCISCO MBALA
JUNIOR.

⑦③ **Titulaire(s)** : PSA AUTOMOBILES SA. Société
anonyme, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE
BORDEAUX, UNIVERSITE DE BORDEAUX
Etablissement public.

⑦④ **Mandataire(s)** : PEUGEOT CITROEN
AUTOMOBILES SA Société anonyme.

FR 3 045 216 - B1



BATTERIE COMPRENANT UNE PLURALITE DE CELLULES EN SERIE

[0001] Contexte technique

5 L'invention porte sur une batterie à cellules en série, et un véhicule automobile comportant une telle batterie.

[0002] Plus généralement, l'invention s'intéresse aux moyens de stockage d'énergie électrique de véhicules automobiles. En effet, ces moyens de stockage occupent un rôle central au niveau d'un véhicule automobile puisqu'ils permettent d'assurer l'alimentation en courant de l'ensemble des consommateurs électriques du véhicule, et du moteur dans
10 le cadre d'une chaîne de traction hybride (moteur thermique et moteur électrique) ou électrique.

[0003] Les véhicules électriques et hybrides nécessitent l'usage d'une batterie. Cette batterie est habituellement composée d'un ensemble de cellules électrochimiques mises en série et/ou en parallèle. Elle représente l'essentiel du surcoût de ce type de véhicule
15 par rapport aux véhicules traditionnels.

[0004] Afin de réduire autant que possible ce surcoût, la batterie doit être dimensionnée au juste nécessaire et munie pour cela d'un système de pilotage (ou BMS pour « *Battery Management System* », ou système de gestion de la batterie) efficace. En particulier, une des tâches principales du BMS est de préserver dans le temps une capacité énergétique
20 de la batterie la plus grande possible. Pour ce faire, la batterie doit en particulier être munie d'un dispositif physique dit d'équilibrage associé à un algorithme de pilotage de ce dispositif.

[0005] Le document FR2862813 décrit un procédé d'équilibrage en charge d'une batterie lithium-ion consistant à enclencher cellule après cellule, l'équilibrage par dérivation d'une
25 partie du courant de charge et déconnecter l'ensemble des systèmes d'équilibrage afin de stabiliser les tensions aux bornes des cellules pour être en mesure de réévaluer leur niveau d'énergie en reproduisant des cycles mesure, détection, équilibrage, stabilisation.

[0006] Ce procédé prévoit une estimation de l'énergie emmagasinée dans chaque cellule par mesure de la tension de la cellule en charge. Cela ne permet pas d'avoir une
30 bonne image de l'énergie de la cellule car avec le vieillissement, les caractéristiques

statiques et dynamiques des cellules évoluent. De plus, l'équilibrage est nécessairement mené en même temps que la charge, mais doit être interrompu pour mesurer le niveau d'énergie, ce qui induit une perte de temps.

[0007] Définition de l'invention

- 5 Pour résoudre ces difficultés l'invention propose une batterie comprenant une pluralité de cellules en série, et pour chaque cellule de la pluralité une résistance en parallèle de la cellule, la batterie comprenant de plus un moyen de pilotage pour l'équilibrage des cellules par dissipation d'énergie dans les résistances, pour individuellement connecter chaque résistance aux bornes de la cellule correspondante ou la déconnecter, dans laquelle
- 10 la batterie comprend des moyens pour estimer une valeur d'état de charge pour chacune des cellules de la pluralité,

- et le moyen de pilotage comprend des moyens pour identifier celle des cellules de la pluralité qui est la cellule de plus faible capacité, des moyens pour estimer au moins une différence d'état de charge, pour une tension minimale de fonctionnement de cellule, entre
- 15 l'état de charge de la cellule de plus faible capacité et l'état de charge d'au moins une autre cellule de la pluralité, dite deuxième cellule, différente de la cellule de plus faible capacité, et des moyens pour connecter et déconnecter les résistances associées à la cellule de plus faible capacité et à la deuxième cellule pour maintenir, relativement l'un à l'autre, les états de charge de la cellule de plus faible capacité et de la deuxième cellule,
- 20 en sorte d'optimiser la capacité utilisable de la batterie, compte tenu de ladite au moins une différence d'état de charge.

- [0008] Grâce à ces caractéristiques, on met en place un système d'équilibrage dissipatif capable de maintenir en permanence la capacité de la batterie proche de sa capacité maximale, à savoir celle de la cellule la plus usagée contenue dans la batterie, ou la
- 25 cellule de plus faible capacité. Ces caractéristiques permettent d'assurer en plus une consommation minimale des résistances mises en jeu dans la régulation d'équilibrage, et des temps réduits d'immobilisation de la batterie, et/ou des temps plus importants d'utilisation de la batterie à capacité maximale par une activation de l'équilibrage tout au long de la charge et plus généralement dans toutes les phases de vie de la batterie.

- 30 [0009] La batterie peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

[0010] les moyens pour estimer une valeur d'état de charge pour chacune des cellules de la pluralité comportent un estimateur d'état de charge utilisant une courbe de la tension à vide en fonction de l'état de charge et comme données d'entrée la tension courante aux bornes de la cellule, une température courante de la cellule et une valeur courante d'intensité de courant circulant dans la batterie ;

[0011] la courbe de la tension à vide est mise à jour périodiquement ;

[0012] la résistance associée à la cellule de plus faible capacité est, à l'aide des moyens de connexion et déconnexion, connectée quand l'état de charge de la deuxième cellule devient inférieur à l'état de charge de la cellule de plus faible capacité diminué de ladite différence d'état de charge et diminué de plus d'une tolérance de capacité, et déconnectée quand l'état de charge de la cellule de plus faible capacité redevient inférieur à l'état de charge de la deuxième cellule augmenté de ladite différence d'état de charge correspondant à la deuxième cellule,

et la résistance associée à la deuxième cellule est, à l'aide des moyens de connexion et déconnexion, connectée quand l'état de charge de la cellule de plus faible capacité également augmenté d'une tolérance de capacité, devient inférieur à l'état de charge de la deuxième cellule, et déconnectée quand l'état de charge de la deuxième cellule redevient inférieur à l'état de charge de la cellule de plus faible capacité ;

[0013] le pilotage est effectué pour chacune des cellules de la pluralité par une machine d'état pilotant les connexions et déconnexions de la résistance associée à la cellule considérée, en prenant en compte les états de charge de chacune des cellules de la pluralité, la machine d'état comprenant de plus des moyens pour estimer des différences d'état de charge, pour une tension minimale de fonctionnement de cellule, entre l'état de charge de la cellule considérée et l'état de charge de chacune des autres cellules de la pluralité ;

[0014] la batterie est une batterie à cellules lithium-ion.

[0015] L'invention concerne aussi un véhicule automobile comprenant une batterie selon l'invention, et une chaîne de traction pouvant être actionnée par ladite batterie.

[0016] Le véhicule peut être un véhicule hybride électrique et thermique et comprendre des moyens pour activer ledit moyen de pilotage lors des phases au cours desquelles la chaîne de traction n'est pas utilisée.

[0017] Le véhicule automobile peut être muni d'un moyen de connexion à un dispositif de charge électrique externe, et comprendre des moyens pour activer ledit moyen de pilotage quand le moyen de connexion est en service.

[0018] L'invention porte aussi sur un procédé d'équilibrage d'une batterie par dissipation d'énergie, la batterie comprenant une pluralité de cellules en série, caractérisée en ce que le procédé comprend des étapes

- d'estimation d'une valeur d'état de charge pour chacune des cellules de la pluralité,
- d'identification de celle des cellules de la pluralité qui est la cellule de plus faible capacité,
- 10 - d'estimation d'au moins une différence d'état de charge, pour une tension minimale de fonctionnement de cellule, entre l'état de charge de la cellule de plus faible capacité et l'état de charge d'une autre cellule de la pluralité, dite deuxième cellule, différente de la cellule de plus faible capacité,
- et de connexion aux bornes des cellules respectives et déconnexion, de résistances aux bornes de la cellule de plus faible capacité et de la deuxième cellule pour maintenir, 15 relativement l'un à l'autre, les états de charge de la cellule de plus faible capacité et de la deuxième cellule, en sorte d'optimiser la capacité utilisable de la batterie, compte tenu de ladite au moins une différence d'état de charge.

[0019] Liste des figures

- 20 L'invention va maintenant être décrite en relation aux figures annexées :
 - la figure 1 présente un système dissipatif d'équilibrage selon l'art antérieur à partir duquel l'invention va être présentée ;
 - les figures 2a et 2b présentent les effets du déséquilibre des cellules de la batterie sur la valeur de la capacité utilisable de la batterie ;
- 25 - la figure 3 présente un système dissipatif d'équilibrage selon l'invention ;
- la figure 4 présente les conditions de déclenchement de la dissipation dans le système de la figure 3 ;

- la figure 5 présente un aspect de mise en œuvre du système dissipatif de la figure 3.

[0020] Description détaillée

Pour une batterie composée de, à titre d'exemple, trois cellules lithium-ion en série, un dispositif d'équilibrage dissipatif selon l'art antérieur est présenté en **figure 1**.

5 [0021] Il est constitué pour chaque cellule 1, 2, 3 de l'association en série d'un interrupteur $\text{int}[1]$, $\text{int}[2]$ et $\text{int}[3]$ ($\text{int}[i]$) et d'une résistance R_1 , R_2 et R_3 (R_i). Cet ensemble interrupteur puis résistance est connecté aux bornes de la cellule, et l'interrupteur, qui est piloté, permet donc de connecter ou déconnecter la résistance aux bornes de la cellule, pour effectuer un équilibrage par dissipation d'énergie dans la résistance.

10 [0022] L'algorithme de pilotage a alors en charge le pilotage des interrupteurs $\text{int}[i]$ liés à chaque résistance R_i et utilise les différentes informations délivrées par les capteurs en place à savoir la tension V_1 , V_2 , V_3 (V_i) et la température T_1 , T_2 , T_3 (T_i) de chaque cellule ainsi que le courant I circulant dans la batterie.

[0023] Pour préserver dans le temps la capacité énergétique batterie la plus grande possible, un algorithme d'équilibrage 10 pilote périodiquement les états de charge de chaque cellule de telle sorte qu'ils soient le plus proche possible les uns des autres tout en limitant autant que possible la consommation énergétique liée à l'utilisation du système d'équilibrage dissipatif. Ce pilotage se fait par commande des interrupteurs $\text{int}[i]$.

20 [0024] Ce pilotage tient compte des écarts de comportement statiques et dynamiques entre cellules liés notamment aux dispersions de fabrication ou encore aux effets du vieillissement. Ce pilotage est activé dès que des écarts trop grands entre états de charge sont observés. Ces écarts apparaissent sous l'effet de réactions électrochimiques parasites (synonyme de vieillissement) dans chaque cellule, entraînant de l'autodécharge ou encore une modification des caractéristiques statiques de la cellule (tension à vide, 25 c'est-à-dire en l'absence de circulation de courant aux bornes de la batterie, en fonction de l'état de charge).

[0025] Pour illustrer l'effet du déséquilibre des états de charge des cellules sur la capacité de la batterie, la **figure 2a** montre les caractéristiques des courbes de tension à vide V en fonction de l'état de charge SOC pour une batterie constituée de trois cellules 1, 30 2, 3 dont les vieillissements ne sont pas identiques. L'état de charge SOC (pour *state of charge* en anglais) est ici défini comme la quantité de charge contenue dans la cellule

exprimée en pourcentage par rapport à une capacité nominale constante C_{nom} de la cellule (la valeur C_{nom} est proche de la valeur de la capacité à neuf de la cellule) et avec la convention d'un SOC de 100% obtenu pour la tension maximale en charge V_{max} . Ainsi par définition, pour toutes les cellules, un SOC de 100% est obtenu pour la même tension V_{max} de fonctionnement de la cellule, à savoir la tension V_{max} , quel que soit le niveau de vieillissement. La tension minimum de fonctionnement des cellules est par ailleurs notée V_{min} .

[0026] Pour chaque cellule, la variation de charge entre V_{min} et V_{max} est alors appelée capacité de la cellule. En considérant que la cellule la plus usagée est celle ayant la capacité la plus faible et la cellule la plus neuve celle ayant la capacité la plus grande, la cellule 1 apparaît alors comme la plus neuve et la cellule 3 comme la plus usagée, la cellule 2 se plaçant, dans la batterie illustrée sur la figure 2a, entre les cellules 1 et 3 en terme de vieillissement. On visualise sur la figure des valeurs d'état de charge $SOC_{Vmin}[i]$ pour les différentes cellules i et pour la tension V_{min} qui respectent l'ordre $SOC_{Vmin}[1] < SOC_{Vmin}[2] < SOC_{Vmin}[3]$.

[0027] En figure 2a, les cellules 1, 2, 3 sont respectivement chargées aux points (Tension V , Etat de charge SOC) B_1 , B_2 et B_3 , de telle sorte que la cellule 1 est déchargée de ΔSOC_1 par rapport à la cellule la plus usagée 3 et que la cellule 2 est surchargée de ΔSOC_2 par rapport à la cellule 3 la plus usagée.

[0028] Dans cette configuration, la charge de la batterie (obtenue lorsque les cellules parviennent simultanément aux points B_{1max} , B_{2max} , B_{3max}) est limitée par la cellule 2 qui atteint la première la tension V_{max} .

[0029] En **figure 2b**, la décharge de la batterie (obtenue lorsque les cellules parviennent simultanément aux points B_{1min} , B_{2min} et B_{3min}) est quant à elle limitée par la cellule 1 qui atteint la première la tension minimale de fonctionnement V_{min} .

[0030] Ainsi la capacité utilisable par la batterie se limite alors à une quantité C_u qui est la différence entre les états de charge aux points B_{3max} et B_{3min} , puisqu'au cours de la charge, la cellule 3 ne peut se charger au-delà de B_{3max} , et qu'au cours de la décharge, elle ne peut se décharger au-delà de B_{3min} .

[0031] C_u est inférieure à la quantité C_{max} qui aurait été obtenue si les trois points B_1 , B_2 et B_3 avaient été choisis au même état de charge ou avec des états de charge

proches. Cmax constitue la capacité maximale potentiellement délivrable par la batterie qui correspond à la capacité de la cellule la plus usagée, ici la cellule 3.

[0032] Plus généralement si la batterie est constituée de n cellules, le même raisonnement est applicable et c'est toujours la capacité de la cellule la plus usagée qui constitue la capacité maximale de la batterie obtenue sous réserve que les états de charge des cellules soient suffisamment proches les uns des autres.

[0033] Dans ce contexte l'invention concerne un procédé d'équilibrage utilisant un système d'équilibrage dissipatif et un algorithme capable de maintenir en permanence la capacité de la batterie proche de sa capacité maximale, à savoir celle de la cellule la plus usagée contenue dans cette batterie, ici la cellule 3.

[0034] Pour équilibrer les cellules d'une batterie à partir d'un système dissipatif d'équilibrage, une technique consiste, dans une phase de vie au cours de laquelle les cellules composant la batterie sont suffisamment chargées et ne sont pas utilisées pour les besoins du véhicule (consommateurs, traction), à décharger les cellules de plus fortes tensions de telle sorte qu'à la fin de l'équilibrage toutes les tensions des cellules soient identiques à la tension de cellule la plus faible. Pour un véhicule muni d'un dispositif de rechargement (véhicule hybride de type *plug in*), la phase utilisée pour ce type d'équilibrage peut être la fin de la charge et idéalement le point de charge maximum. Le besoin de cellules chargées pour pouvoir déclencher ce type d'équilibrage est lié au choix d'asservir les tensions des cellules faute de pouvoir asservir les états de charge. Ce choix est lié à la méconnaissance, en général, de l'état de charge de chaque cellule, liée au fait que la courbe de tension à vide en fonction de l'état de charge évolue dans le temps sous l'effet de l'usure de la cellule.

[0035] En l'absence de connaissances des courbes réelles de tension à vide en fonction de l'état de charge, l'algorithme est activé uniquement dans une zone du diagramme charge / tension où l'usure a le moins d'impact sur la courbe de tension à vide de chaque cellule, de telle sorte que dans cette zone, asservir les tensions s'apparente à asservir les états de charges.

[0036] Pour des raisons thermiques portant sur la dissipation de la batterie, les résistances utilisées pour l'équilibrage sont importantes, ce qui donne naissance à des courants dissipés faibles et donc des temps d'équilibrage importants. Par exemple, pour une batterie de capacité 22 Ah constituée de 60 cellules lithium-ion de tension maximale

V_{max} de 4V, avec une valeur des résistances utilisées pour l'équilibrage de 10 Ω, représentant pour une tension V_{max} de 4V un courant de 0,4A et une dissipation de 1,6W par cellule et avec un écart de SOC entre cellules de 5% (1,1 Ah), le temps d'équilibrage peut être de $1,1/0,4 = 2,75$ h alors que le temps de charge pour un chargeur conventionnel 230V, 16A de cette batterie est approximativement de l'ordre de 2 h.

[0037] Il s'ensuit alors avec une telle solution les défauts suivants.

[0038] Dans le cas où le véhicule n'est pas muni d'un chargeur (véhicule hybride électrique non rechargeable) embarqué ou débarqué, cela entraîne l'impossibilité d'utiliser la chaîne de traction électrique lors des phases d'équilibrage.

10 [0039] Dans le cas où le véhicule est muni d'un chargeur embarqué ou débarqué (véhicule électrique ou véhicule hybride électrique rechargeable, en anglais « plug-in »), cela entraîne :

- soit l'augmentation du temps d'immobilisation du véhicule en charge dans le cas où l'on souhaite réaliser l'intégralité de l'équilibrage en même temps que la charge. En reprenant l'exemple précédent, si la phase de charge et la phase d'équilibrage sont distinctes et se succèdent, le temps d'immobilisation du véhicule est plus que doublé (2 h + 2,75 h = 4,75 h). Dans le cas où la phase d'équilibrage est déclenchée en fin de charge lorsque la tension des cellules est proche de V_{max}, le temps d'immobilisation du véhicule est également rallongé (par exemple si la phase d'équilibrage est déclenchée après 1 h de charge, le temps d'immobilisation est encore de (1 h + 2,75 h = 3,75 h) ;

- soit la nécessité d'effectuer plusieurs charges afin d'équilibrer totalement la batterie dans le cas où la phase de charge et la phase d'équilibrage peuvent se produire simultanément, avec d'une part la contrainte d'une phase d'équilibrage ne pouvant s'activer qu'à partir de tensions aux bornes des cellules proches de la tension V_{max} et d'autre part le souhait de ne pas augmenter le temps de charge lorsque l'équilibrage est activé. En reprenant l'exemple précédent, il faut quatre recharges pour finaliser l'équilibrage. Il s'en suit pendant ce laps de temps un fonctionnement dégradé de la batterie qui ne dispose pas de sa capacité maximale.

30 [0040] Pour limiter les temps de charge avec équilibrage et/ou pour bénéficier de plus de temps d'utilisation de la batterie à capacité maximale, la solution décrite ici consiste à activer l'équilibrage tout au long de la charge, et plus généralement dans toutes les phases de vie de la batterie, que la tension de chaque cellule soit faible ou importante.

[0041] Dans le cas où le véhicule n'est pas muni d'un chargeur (véhicule hybride électrique non rechargeable) embarqué ou débarqué, l'équilibrage peut être activé soit lors des phases de non utilisation de la chaîne de traction et plus généralement dans toutes les situations de vie d'utilisation du véhicule. Il s'en suit une plus grande disponibilité de la batterie à capacité maximale.

[0042] Dans le cas où le véhicule est muni d'un chargeur embarqué ou débarqué (véhicule électrique ou véhicule hybride électrique rechargeable dit *plug-in*), l'équilibrage peut être activé à tout moment pendant la charge. Il s'en suit alors :

- soit une diminution du temps d'immobilisation du véhicule en charge dans le cas où l'on souhaite réaliser l'intégralité de l'équilibrage en même temps que la charge. Si la phase de charge et la phase d'équilibrage sont activées en même temps dès le début de la recharge, le temps d'immobilisation du véhicule se limite au temps le plus grand entre temps de charge et temps d'équilibrage (soit dans le cas de l'exemple un peu plus que 2,75 h compte tenu du fait que le temps d'équilibrage est un peu allongé sous l'effet d'un courant dans la résistance plus faible à basse tension aux bornes de la cellule qu'à haute tension aux bornes de la cellule).

- soit une diminution du nombre de phases de charge nécessaires pour équilibrer totalement la batterie dans le cas où l'on ne souhaite pas augmenter le temps de charge lorsque l'équilibrage est activé. En reprenant l'exemple précédent, il faut deux phases de charge au lieu de quatre pour finaliser l'équilibrage. Il s'en suit une augmentation du temps pendant lequel la batterie dispose de sa capacité maximale.

[0043] Plus généralement dans le cas où le véhicule est muni d'un chargeur embarqué ou débarqué (véhicule électrique ou véhicule hybride électrique rechargeable dit *plug-in*), l'équilibrage peut être activé dans toutes les situations de vie du véhicule. Dans ce cas, les temps de charge ne sont plus impactés par l'équilibrage. Les temps d'équilibrage deviennent transparents pour l'utilisateur, et la disponibilité de la batterie à capacité maximale est maximisée.

[0044] Pour mettre en place cette solution plus avantageuse, il est par contre souhaitable d'estimer précisément pour chaque cellule son état de charge.

[0045] Pour une activation de l'équilibrage seule dans des moments où la batterie n'est pas utilisée pour autre chose, il est souhaitable de connaître l'état de charge statique des

cellules (à courant quasi nul, le courant se limitant à celui produit par les résistances d'équilibrage).

[0046] Pour une activation de l'équilibrage dans les moments auxquels le courant est faible et typiquement lors des phases de rechargement avec un chargeur conventionnel embarqué de faible puissance (3 kW), il est avantageux de connaître l'état de charge quasi-statique des cellules.

[0047] Enfin et plus généralement pour une activation de l'équilibrage dans les moments où le courant est important (soit dans les phases d'utilisation normale de la batterie typiquement pour la traction du véhicule ou encore lors des phases de rechargement avec un chargeur rapide), il est souhaitable de connaître l'état de charge dynamique.

[0048] La **figure 3** présente ce procédé d'équilibrage dissipatif, qui utilise un moyen d'estimation d'état de charge d'une cellule.

[0049] Chaque cellule 1, 2, 3 dispose d'un estimateur d'état de charge respectivement 101, 102, 103 utilisant comme données d'entrée la tension V_i et la température T_i de la cellule correspondante ainsi que le courant I circulant dans la batterie.

[0050] La précision de l'estimateur d'état de charge 101, 102 ou 103 en statique et quasi-statique est obtenue en utilisant au sein de l'estimateur une courbe de tension à vide en fonction de l'état de charge. Cette courbe est mise à jour via l'utilisation d'une procédure de ré-identification périodique de cette caractéristique. La ré-identification de la courbe de tension à vide permet de tenir compte des effets provoqués par le vieillissement sur les caractéristiques statiques de la cellule.

[0051] Le document FR2988523 décrit un procédé de charge de batterie adapté à une ré-identification des paramètres statique et dynamique des cellules. Son contenu permet l'élaboration de l'estimateur de courbe de tension à vide utilisé pour le procédé d'équilibrage. Le document FR2973517 décrit quant à lui une structure d'estimateur. D'autres méthodes peuvent être utilisées.

[0052] L'estimateur d'état de charge 101, 102 ou 103 utilise en entrée le courant passant dans la cellule considérée. Ce courant est calculé en tenant compte de l'activation ou la désactivation de l'interrupteur d'équilibrage $int[i]$. Lorsque l'interrupteur est en position ouverte, le courant à considérer est celui de la batterie I . Lorsque l'interrupteur est en position fermée, le courant à considérer est la quantité $I + V_i/R_i$.

[0053] Plus généralement, la précision de l'état de charge SOC[i] en dynamique est obtenue en utilisant au sein de l'estimateur un modèle de la cellule dont les paramètres statiques et dynamiques sont remis à jour via l'utilisation d'une procédure de ré-identification périodique de l'ensemble de ces paramètres. Les documents cités précédemment pourront être mis à profit ainsi que le document FR2963434 qui décrit un procédé d'identification de la résistance interne de la batterie ainsi que de son facteur de diffusion en embarquée. D'autres méthodes peuvent être utilisées.

[0054] Les états de charge estimés par les estimateurs 101, 102 et 103 sont utilisés par un algorithme d'équilibrage 11, ou moyen de pilotage, qui commande les interrupteurs int[i].

[0055] Le procédé d'équilibrage dissipatif utilise aussi des conditions d'activation et de désactivation de l'équilibrage des cellules.

[0056] L'invention propose ces conditions dans l'objectif de limiter autant que possible le temps d'équilibrage donc la quantité d'énergie perdue dans le dispositif tout en préservant la capacité de la batterie à sa valeur maximale admissible à savoir la plus faible des capacités des cellules de la batterie. On accepte une tolérance maîtrisée Δ sur cette capacité.

[0057] Pour cela, l'algorithme d'équilibrage ou moyen de pilotage 11 comprend des moyens d'identification 115 pour identifier celle des cellules 1, 2, 3 qui est la cellule de plus faible capacité, des moyens d'estimation 116 pour estimer une différence d'état de charge $\Delta\text{SOCmin}[1]$ ou $\Delta\text{SOCmin}[2]$, pour la tension minimale de fonctionnement de cellule V_{min} , entre l'état de charge de la cellule de plus faible capacité SOC3 et l'état de charge d'une des deux autres cellules 1 et 2, dite deuxième cellule, et des moyens de connexion et de déconnexion 117 pour connecter aux bornes de la cellule correspondante et déconnecter les résistances R1, R2, R3 associées à la cellule de plus faible capacité et à la deuxième cellule pour maintenir, relativement l'un à l'autre, les états de charge de la cellule de plus faible capacité SOC3 et de la deuxième cellule, en sorte d'optimiser la capacité utilisable C_u de la batterie, compte tenu de ladite au moins une différence d'état de charge $\Delta\text{SOCmin}[1]$, $\Delta\text{SOCmin}[2]$.

[0058] La **figure 4** illustre le raisonnement appliqué. Cette figure représente les différentes courbes de tension à vide en fonction de l'état de charge des cellules d'une batterie. La batterie est ici constituée de trois cellules 1, 2 et 3 dont les tensions sont

limitées entre une tension minimale V_{min} et une tension maximale V_{max} . Le raisonnement qui suit est identique pour une batterie composée d'un nombre quelconque de cellules.

[0059] Sur ces courbes, le point A3 de fonctionnement de la cellule 3 de plus petite capacité caractérisée par sa tension à vide et son état de charge SOC[3] est repéré.

- 5 L'algorithme d'équilibrage 11 identifie en effet celle des cellules de la batterie qui est la cellule de plus petite capacité, à l'aide des moyens d'identification 115. Cela est rendu possible par la connaissance des courbes de tension à vide. La cellule de plus petite capacité est celle pour laquelle $SOCV_{min}$ est le plus élevé.

- 10 [0060] Des portions de courbe $A1_{min1}-A1_{max2}$ (respectivement $A2_{min1}-A2_{max2}$) portant sur la cellule 1 (respectivement 2), distincte de la cellule de plus faible capacité sont également repérées.

[0061] Sur ces portions de courbe, quelle que soit la position des points de fonctionnement, la capacité de la batterie reste égale à la capacité maximale réalisable soit la capacité de la cellule 3.

- 15 [0062] Ainsi, par définition des points $A1_{min1}$, $A1_{max2}$, $A2_{min1}$ et $A2_{max2}$, tant que le point de fonctionnement de la cellule 1 est situé entre le point $A1_{min1}$ et $A1_{max2}$, et tant que le point de fonctionnement de la cellule 2 est situé entre le point $A2_{min1}$ et $A2_{max2}$, la capacité batterie est optimum.

- 20 [0063] Ces portions de courbes sont définies respectivement par la quantité $\Delta SOC_{min}[1]$ pour la cellule 1 et $\Delta SOC_{min}[2]$ pour la cellule 2. Pour les définir, l'algorithme d'équilibrage 11 estime en effet les différences d'état de charge pour la tension minimale de fonctionnement de la cellule entre l'état de charge de la cellule de plus faible capacité et l'état de charge de chacune des autres cellules. Cela est rendu possible par la connaissance des courbes de tension à vide, et est effectué par les moyens d'estimation 116.
- 25

[0064] $-\Delta SOC_{min}[1]$ correspond à l'écart d'état de charge à la tension minimale V_{min} entre l'état de charge de la cellule 3 de plus petite capacité et l'état de charge de la cellule 1,

- 30 [0065] $-\Delta SOC_{min}[2]$ correspond à l'écart d'état de charge à la tension min V_{min} entre l'état de charge de la cellule 3 de plus petite capacité et l'état de charge de la cellule 2.

[0066] Ces conditions permettent d'assurer qu'en décharge c'est toujours la cellule 3, la plus usagée qui arrive la première à la tension V_{min} et qu'en charge c'est toujours également la cellule 3 la plus usagée qui arrive à la tension V_{max} en premier.

5 [0067] Une tolérance de capacité Δ à la charge et à la décharge est néanmoins ajoutée afin de mettre en place les conditions d'activation et de désactivation de l'équilibrage, sous forme d'un hystérésis.

[0068] Cela définit les points et les conditions suivants :

[0069] -Sur la courbe de la cellule 1, le point $A1_{min2}$ est défini à partir de l'état de charge du point $A1_{min1}$ auquel on soustrait la quantité Δ en abscisses (en état de charge).
 10 Lorsque l'état de charge de la cellule 1 correspond au point $A1_{min1}$ la capacité de la cellule est donc limitée en décharge par la cellule 1 qui arrive la première à V_{min} avec une avance de Δ par rapport à l'état de charge de la cellule 3 de plus petite capacité. Du fait de cette tolérance la capacité de la batterie est au plus égale à la capacité de la cellule 3 de plus petite capacité diminuée de Δ , mais cette différence Δ est faible par rapport à la
 15 capacité de la cellule 3. Quand la condition définie ci-dessus se produit, le procédé d'équilibrage est enclenché afin de ramener la capacité de la batterie à celle de la capacité 3 de plus petite capacité. Pour cela il faut décharger la cellule 3, par exemple de la quantité Δ , en agissant sur (en fermant) l'interrupteur $Int[3]$, c'est-à-dire en connectant $R3$ aux bornes de la cellule 3.

20 [0070] -Sur la courbe de la cellule 2 le point $A2_{min2}$ est défini à partir de l'état de charge du point $A2_{min1}$ auquel on soustrait la quantité Δ en abscisses (en état de charge). De manière similaire à la cellule 1, lorsque l'état de charge de la cellule 2 correspond au point $A2_{min1}$ la capacité de la cellule est limitée en décharge par la cellule 2 qui arrive la première à V_{min} avec une avance de Δ par rapport l'état de charge de la cellule 3 de plus
 25 petite capacité. Du fait de cette tolérance, la capacité de la batterie est donc au plus égale à la capacité de la cellule 3 de plus petite capacité diminuée de Δ . Quand la condition définie ci-dessus se produit, le procédé d'équilibrage est enclenché afin de ramener la capacité de la batterie à celle de la capacité 3 de plus petite capacité. Pour cela il faut décharger la cellule 3, par exemple de la quantité Δ , en agissant sur (en fermant)
 30 l'interrupteur $Int[3]$, c'est-à-dire en connectant $R3$ aux bornes de la cellule 3.

[0071] -Sur la courbe de la cellule 1, le point $A1_{max1}$ est défini à partir de l'état de charge du point $A1_{max2}$ auquel on rajoute la quantité Δ en abscisses (en état de charge).

Lorsque l'état de charge de la cellule 1 correspond au point $A1_{max1}$, la capacité de la cellule est limitée en charge par la cellule 1 qui arrive la première à V_{max} avec une avance Δ par rapport à l'état de charge de la cellule 3 de plus petite capacité. La capacité de la batterie est donc au plus égale à la capacité de la cellule 3 de plus petite capacité diminuée de Δ . Si la condition évoquée ci-dessus se produit, le procédé d'équilibrage est enclenché afin de ramener la capacité de la batterie à celle de la capacité 3 de la plus petite capacité. Pour cela, il faut décharger la cellule 1, par exemple de la quantité Δ , en agissant sur (en fermant) l'interrupteur $Int[1]$, c'est-à-dire en connectant $R1$ aux bornes de la cellule 1.

[0072] - Sur la courbe de la cellule 2, le point $A2_{max1}$ est défini à partir de l'état de charge du point $A2_{max2}$ auquel on rajoute la quantité Δ en abscisses (en état de charge). Lorsque l'état de charge de la cellule 2 correspond au point $A2_{max1}$, la capacité de la cellule est limitée en charge par la cellule 2 qui arrive la première à V_{max} avec une avance Δ par rapport à l'état de charge de la cellule 3 de plus petite capacité. De ce fait la capacité de la batterie est au plus égale à la capacité de la cellule 3 de plus petite capacité diminuée de Δ . Si cette condition se produit, le procédé d'équilibrage est enclenché afin de ramener la capacité de la batterie à celle de la capacité 3 de la plus petite capacité. Pour cela, il faut décharge la cellule 2 de la quantité Δ , en agissant sur (en fermant) l'interrupteur $Int[2]$, c'est-à-dire en connectant $R2$ aux bornes de la cellule 2.

[0073] Avec ces conditions d'activation/désactivation de l'équilibrage, la capacité de la batterie est au mieux égale à la capacité de la cellule de plus petite capacité et au pire à cette quantité diminuée de 2Δ . En effet, une des cellules autre que celle de plus petite capacité peut arriver en charge la première à V_{max} et une troisième cellule, différente, peut arriver la première en décharge à V_{min} . Mais la valeur Δ étant faible par rapport à la valeur de C_{max} , la capacité de la batterie C_u reste proche de C_{max} .

[0074] Ainsi, l'algorithme d'équilibrage 11 connecte et déconnecte, à l'aide des moyens de connexion et déconnexion 117 celle des résistances $R1$, $R2$, $R3$ qui est associée à la cellule de plus faible capacité, ici $R3$, et les autres résistances ici $R1$ et $R2$ pour maintenir, relativement l'un à l'autre, les états de charge de la cellule de plus faible capacité ici $SOC[3]$ et de ceux des autres cellules, en sorte d'optimiser la capacité utilisable C_u de la batterie, compte tenu des différences d'état de charge $\Delta SOC_{min}[1]$ et $\Delta SOC_{min}[2]$ qui définissent les points $A1_{min1}$ et $A2_{min1}$, et en acceptant des tolérances, qui définissent les points $A1_{min2}$, $A2_{min2}$, et $A1_{max1}$ et $A2_{max1}$.

[0075] On peut, tout en restant dans le cadre de l'invention, utiliser une tolérance à la charge $\Delta 1$ (définissant $A1_{max1}$ et $A2_{max2}$) différente d'une tolérance à la décharge $\Delta 2$ (définissant $A1_{min1}$ et $A1_{min2}$) ces valeurs restant de toute manière faibles vis-à-vis de C_{max} . Les tolérances pour les différentes cellules peuvent aussi être différentes, tout en restant dans le cadre de l'invention.

[0076] Suite à la décharge ou en cours de décharge de la cellule de plus petite capacité, ici la cellule 3, une ou plusieurs autres cellules peuvent se retrouver en surcharge de telle sorte qu'elles limitent la capacité de la batterie en charge. Dans ce cas, ces cellules sont déchargées au plus de Δ à leur tour pour maintenir la capacité dans les tolérances définies ci-dessus.

[0077] La logique d'équilibrage est présentée sur la **figure 5** sous la forme d'une machine d'état qui est dupliquée autant que nécessaire pour piloter les interrupteurs d'équilibrage de chaque cellule i .

[0078] Cette machine est constituée de trois états :

[0079] un état E1 « décharge éteinte cellule i » pour lequel le système d'équilibrage de la cellule i n'est pas utilisé, autrement dit l'interrupteur relatif à la cellule i est en position ouverte,

[0080] un état E2 « décharge allumée cellule J de plus petite capacité » prévu dans le cas où la cellule i est la cellule de plus petite capacité J . L'interrupteur lié à la cellule i est alors mis en position fermée pour provoquer une décharge de cette cellule,

[0081] un état E3 « décharge allumée cellule i <> J » prévu dans le cas où la cellule i n'est pas la cellule de plus petite capacité J . L'interrupteur lié à la cellule i est alors mis en position fermée pour provoquer une décharge de cette cellule.

[0082] La machine bascule des états E1 à E2 et E1 à E3, et inversement. Elle pilote les connexions et déconnexions des résistances $R1$, $R2$ et $R3$. La machine dispose des états de charge de chacune des cellules 1, 2, 3, et comprend de plus des moyens pour estimer les différences d'état de charge $\Delta SOC_{min}[i]$, concernant la cellule à laquelle elle est associée, pour une tension minimale de fonctionnement de cellule (V_{min}), entre l'état de charge de la cellule considérée et l'état de charge de chacune des autres cellules.

[0083] En fonction des effets provoqués par l'usure, la cellule de plus petite capacité peut changer au cours de la vie de la batterie. En affectant une machine d'état par cellule, ce cas est pris en compte en considérant que toute cellule peut potentiellement devenir celle de plus petite capacité. Chaque machine prend en compte les états de charge

5 SOCVmin[i] de chacune des cellules i à la tension minimale Vmin et détermine si la cellule qui lui est associée est ou n'est pas la cellule de plus faible capacité, notée J.

[0084] En référence à la **figure 4**, les conditions de décharge sont différentes suivant qu'on considère la cellule de plus petite capacité J ou bien une autre cellule.

[0085] Dans le cas où il s'agit de la cellule de plus petite capacité J, la cellule est

10 déchargée dès que son état de charge devient supérieur à un maximum noté MaxSOC, déterminé sur l'ensemble des cellules i distinctes de la cellule J, de la somme

$$\text{SOC}[i] + \Delta \text{SOCmax}[i] + \Delta$$

avec :

- SOC[i], l'état de charge de la cellule i,

15 - $\Delta \text{SOCmax}[i]$, l'écart d'état de charge à la tension minimale Vmin entre l'état de charge de la cellule J de plus petite capacité et l'état de charge de la cellule i.

[0086] La cellule de plus petite capacité est alors déchargée, par exemple de Δ .

[0087] La quantité MaxSOC ne change pas pendant la décharge de la cellule de plus petite capacité J. L'utilisation de cette quantité permet de bien prendre en compte la cellule

20 la plus limitante en décharge au regard de son état de charge et de son niveau d'usure.

[0088] Dans le cas où il s'agit d'une cellule différente de celle de plus petite capacité J, la cellule est déchargée dès que son état de charge devient supérieur à l'état de charge de la cellule J de plus petite capacité augmenté de la tolérance Δ . La cellule i est alors déchargée, par exemple de Δ .

25 [0089] L'utilisation de cette logique d'équilibrage permet de maintenir la capacité de la batterie dans une tolérance contrôlée et réglable en autorisant des écarts entre les états de charge au juste nécessaire, notamment en tolérant des états de charge des cellules $i < J$ (autres que celle de plus petite capacité) inférieurs à l'état de charge de la cellule J de

plus petite capacité. Il s'en suit une limitation de la consommation énergétique liée à une activation minimale du dispositif dissipatif d'équilibrage ainsi qu'un contrôle du compromis entre tolérance sur la capacité (Δ) et consommation énergétique (une tolérance plus grande sur la capacité induit une moindre consommation, et à l'inverse une capacité à faible tolérance induit une consommation plus importante).

[0090] Ce procédé d'équilibrage peut plus généralement être utilisé dans toutes les phases de vie de la batterie lorsque par exemple la batterie est utilisée par un ou plusieurs consommateurs ou bien pour la traction du véhicule. Néanmoins, il est à noter que la précision de l'équilibrage est liée à la précision obtenue sur l'estimation des différents états de charge SOC[i]. Cette précision est d'autant meilleure que le modèle interne de la cellule utilisé par chaque estimateur est précis. En tout état de cause, l'intérêt d'un équilibrage dans des conditions quelconques d'utilisation de la batterie est de rendre le temps d'équilibrage invisible pour l'utilisateur, qui peut utiliser la batterie, au total, pendant de plus grandes périodes.

[0091] Ainsi, l'invention, qui s'applique à tous les types de batteries au lithium, présente les avantages suivants :

- temps réduits d'immobilisation de la batterie, et/ou des temps plus importants d'utilisation de la batterie à capacité maximale par une activation de l'équilibrage tout au long de la charge et plus généralement dans toutes les phases de vie de la batterie ;

- consommation contrôlée et minimale des résistances mises en jeu dans la régulation d'équilibrage liée à des conditions d'activation de l'équilibrage réglées astucieusement autorisant des écarts en état de charge entre cellules sans impact ou avec un impact maîtrisé sur la capacité de la batterie ;

- et fonctionnement amélioré de la batterie engendrant une usure mieux contrôlée, évitant le surdimensionnement de la batterie et donc un facteur de gain économique.

[0092] L'invention a été présentée en lien avec une batterie de technologie lithium-Ion pour véhicule automobile. Le développement de cette invention n'est cependant pas restreint aux éléments de stockage d'énergie électrique destinés aux véhicules automobiles. Son caractère général permet donc de l'appliquer et de l'étendre à l'ensemble des batteries de technologie lithium (lithium-métal, lithium-polymère et lithium-

ion, notamment) et ce indépendamment du dispositif embarquant la batterie (véhicule hybride ou électrique, appareils de l'électronique grand public, stockage de l'énergie, etc.).

5 [0093] Si le véhicule automobile est hybride (thermique, électrique), l'algorithme d'équilibrage 11 peut être configuré pour être activé lors des phases au cours desquelles la chaîne de traction n'est pas utilisée.

[0094] Si le véhicule automobile est muni d'un moyen de connexion à un dispositif de charge électrique externe, l'algorithme d'équilibrage 11 peut être configuré pour être activé quand le moyen de connexion est en service.

REVENDICATIONS

- 5 1. Batterie comprenant une pluralité de cellules (1, 2, 3) en série, et pour chaque cellule de la pluralité une résistance (R1, R2, R3) en parallèle de la cellule, la batterie comprenant de plus un moyen de pilotage (11) pour équilibrage des cellules (1, 2, 3) par dissipation d'énergie dans les résistances (R1, R2, R3), pour individuellement connecter chaque résistance aux bornes de la cellule correspondante ou la déconnecter,
- 10 **caractérisée en ce que**
- la batterie comprend des moyens (101, 102, 103) pour estimer une valeur d'état de charge pour chacune des cellules de la pluralité (1, 2, 3),
- et le moyen de pilotage (11) comprend des moyens (115) pour identifier celle des cellules (1, 2, 3) de la pluralité qui est la cellule de plus faible capacité, des
- 15 moyens (116) pour estimer au moins une différence d'état de charge ($\Delta SOC_{min}[1]$, $\Delta SOC_{min}[2]$), pour une tension minimale de fonctionnement de cellule (V_{min}), entre l'état de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC_3) et l'état de charge d'une autre cellule de la pluralité, dite deuxième cellule, différente de la cellule de plus faible capacité, et des moyens (117) pour connecter aux bornes des cellules respectives et déconnecter,
- 20 les résistances (R1, R2, R3) associées à la cellule de plus faible capacité et à la deuxième cellule pour maintenir, relativement l'un à l'autre, les états de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC_3) et de la deuxième cellule, en sorte d'optimiser la capacité utilisable (C_u) de la batterie, compte tenu de ladite au moins une différence d'état de charge ($\Delta SOC_{min}[1]$, $\Delta SOC_{min}[2]$).
- 25 2. Batterie selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens (101, 102, 103) pour estimer une valeur d'état de charge pour chacune des cellules de la pluralité (1, 2, 3) comportent un estimateur d'état de charge utilisant une courbe de la tension à vide en fonction de l'état de charge et comme données d'entrée la tension
- 30 courante (V_1 , V_2 , V_3) aux bornes de la cellule, une température courante (T_1 , T_2 , T_3) de la cellule et une valeur courante (I) d'intensité de courant circulant dans la batterie.
3. Batterie selon la revendication 2, caractérisée en ce que la courbe de la tension à vide est mise à jour périodiquement.
4. Batterie selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les
- 35 moyens (117) pour connecter et déconnecter
- connectent la résistance (R1, R2, R3) associée à la cellule de plus faible capacité aux bornes de la cellule correspondante quand l'état de charge de la deuxième

cellule devient inférieur à l'état de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC3) diminué de ladite différence d'état de charge ($\Delta\text{SOCmin}[1]$, $\Delta\text{SOCmin}[2]$) et diminué de plus d'une tolérance de capacité ($\Delta 1, \Delta$), et déconnectent ladite résistance (R1, R2, R3) associée à la cellule de plus faible capacité quand l'état de charge de la cellule de plus

5 faible capacité (SOC3) redevient inférieur à l'état de charge de la deuxième cellule augmenté de ladite différence d'état de charge ($\Delta\text{SOCmin}[1]$, $\Delta\text{SOCmin}[2]$),

- et connectent la résistance (R1, R2, R3) associée à la deuxième cellule aux bornes de la cellule correspondante quand l'état de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC3) également augmenté d'une tolérance de capacité ($\Delta 2, \Delta$), devient

10 inférieur à l'état de charge de la deuxième cellule, et déconnectent ladite résistance (R1, R2, R3) associée à la deuxième cellule quand l'état de charge de la deuxième cellule redevient inférieur à l'état de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC3).

5. Batterie selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le moyen de pilotage (11) comprend pour chacune des cellules (1, 2, 3) de la pluralité une

15 machine d'état (E1, E2, E3) pilotant les connexions et déconnexions de la résistance (R1, R2, R3) associée à la cellule considérée, en prenant en compte les états de charge de chacune des cellules (1, 2, 3) de la pluralité, la machine d'état (E1, E2, E3) comprenant de plus des moyens pour estimer des différences d'état de charge ($\Delta\text{SOCmin}[1]$, $\Delta\text{SOCmin}[2]$), pour une tension minimale de fonctionnement de cellule (V_{min}), entre l'état

20 de charge de la cellule considérée et l'état de charge de chacune des autres cellules de la pluralité.

6. Batterie selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la batterie est une batterie à cellules lithium-ion.

7. Véhicule automobile comprenant une batterie selon l'une des revendications 1 à 6 et une chaîne de traction pouvant être actionnée par ladite batterie.

25

8. Véhicule automobile selon la revendication 7, caractérisé en ce que le véhicule est hybride électrique et thermique et comprend des moyens pour activer ledit moyen de pilotage (11) lors des phases au cours desquelles la chaîne de traction n'est pas utilisée.

9. Véhicule automobile selon la revendication 7, caractérisé en ce que le véhicule est muni d'un moyen de connexion à un dispositif de charge électrique et dans lequel le véhicule comprend des moyens pour activer ledit moyen de pilotage (11) quand le moyen de connexion est en service.

30

10. Procédé d'équilibrage d'une batterie par dissipation d'énergie, la batterie comprenant une pluralité de cellules (1, 2, 3) en série, **caractérisée en ce que** le procédé comprend des étapes

35

- d'estimation d'une valeur d'état de charge pour chacune des cellules de la pluralité (1, 2, 3),

- d'identification de celle des cellules (1, 2, 3) de la pluralité qui est la cellule de plus faible capacité,

5 - d'estimation d'au moins une différence d'état de charge ($\Delta\text{SOCmin}[1]$, $\Delta\text{SOCmin}[2]$), pour une tension minimale de fonctionnement de cellule (V_{min}), entre l'état de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC3) et l'état de charge d'une autre cellule de la pluralité, dite deuxième cellule, différente de la cellule de plus faible capacité,

10 - et de connexion aux bornes des cellules respectives et déconnexion, de résistances (R_1 , R_2 , R_3) aux bornes de la cellule de plus faible capacité et de la deuxième cellule pour maintenir, relativement l'un à l'autre, les états de charge de la cellule de plus faible capacité (SOC3) et de la deuxième cellule, en sorte d'optimiser la capacité utilisable (C_u) de la batterie, compte tenu de ladite au moins une différence d'état de charge ($\Delta\text{SOCmin}[1]$, $\Delta\text{SOCmin}[2]$).

15

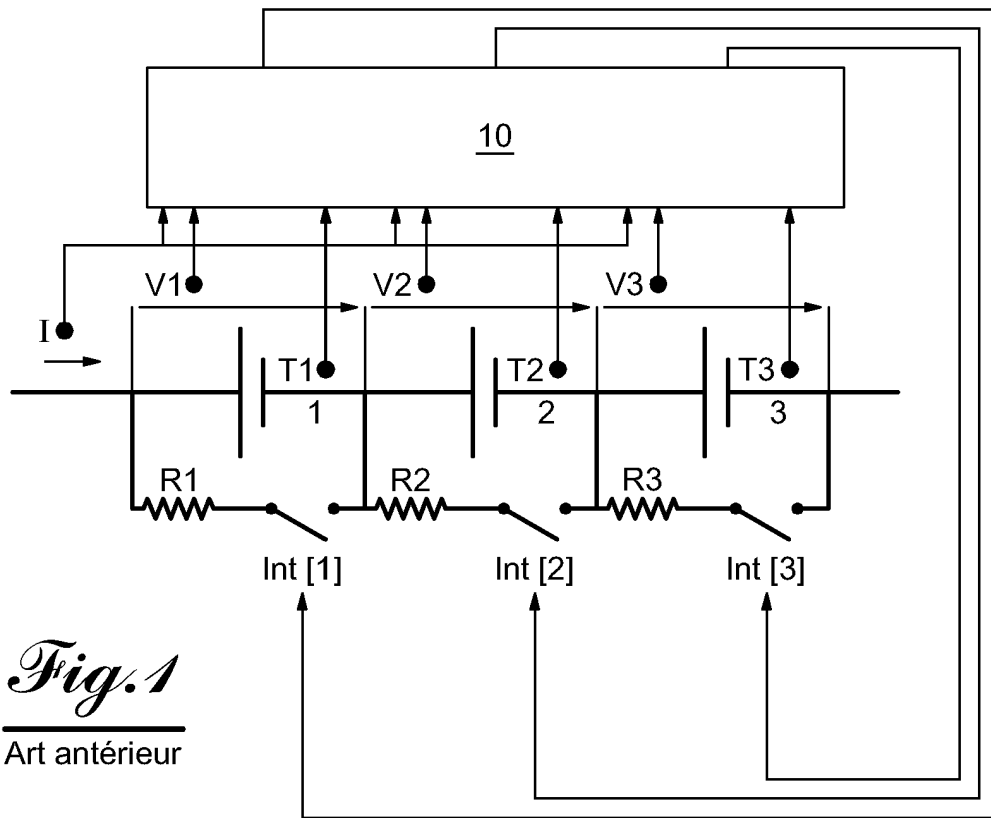


Fig.1
Art antérieur

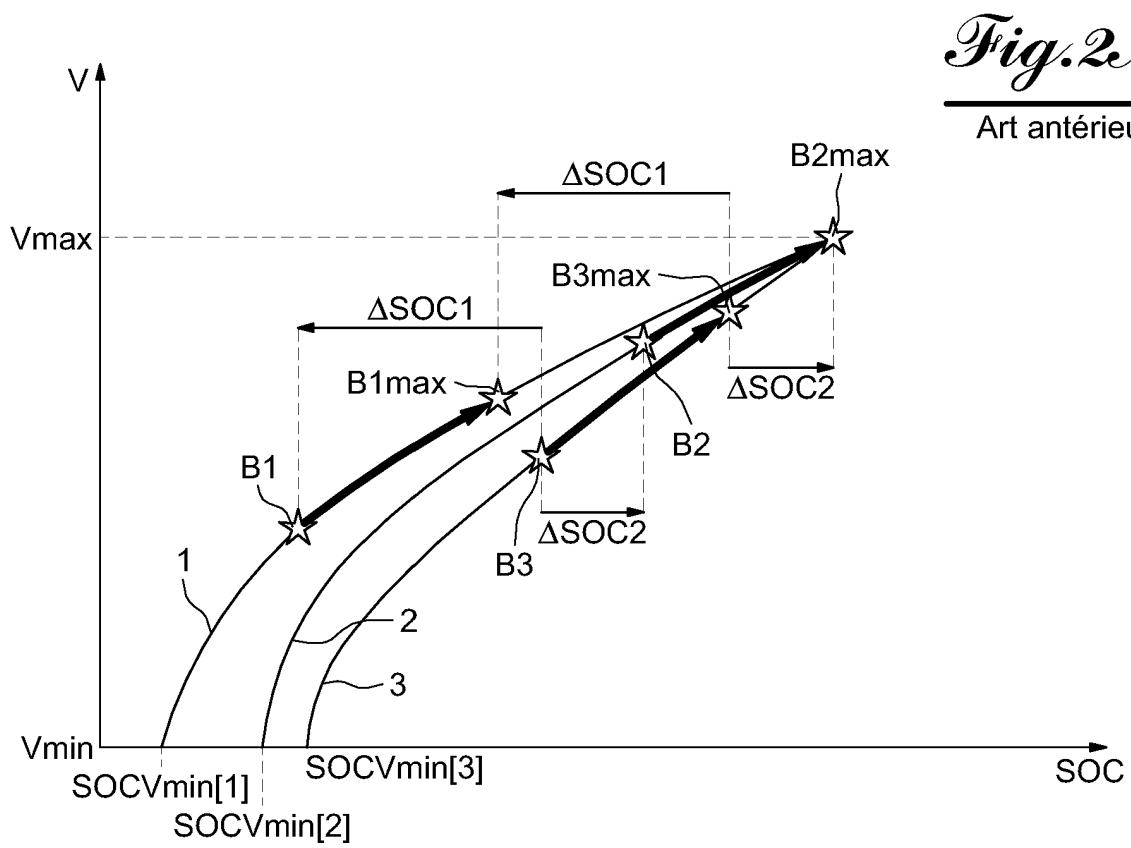


Fig.2A
Art antérieur

Fig.2B

Art antérieur

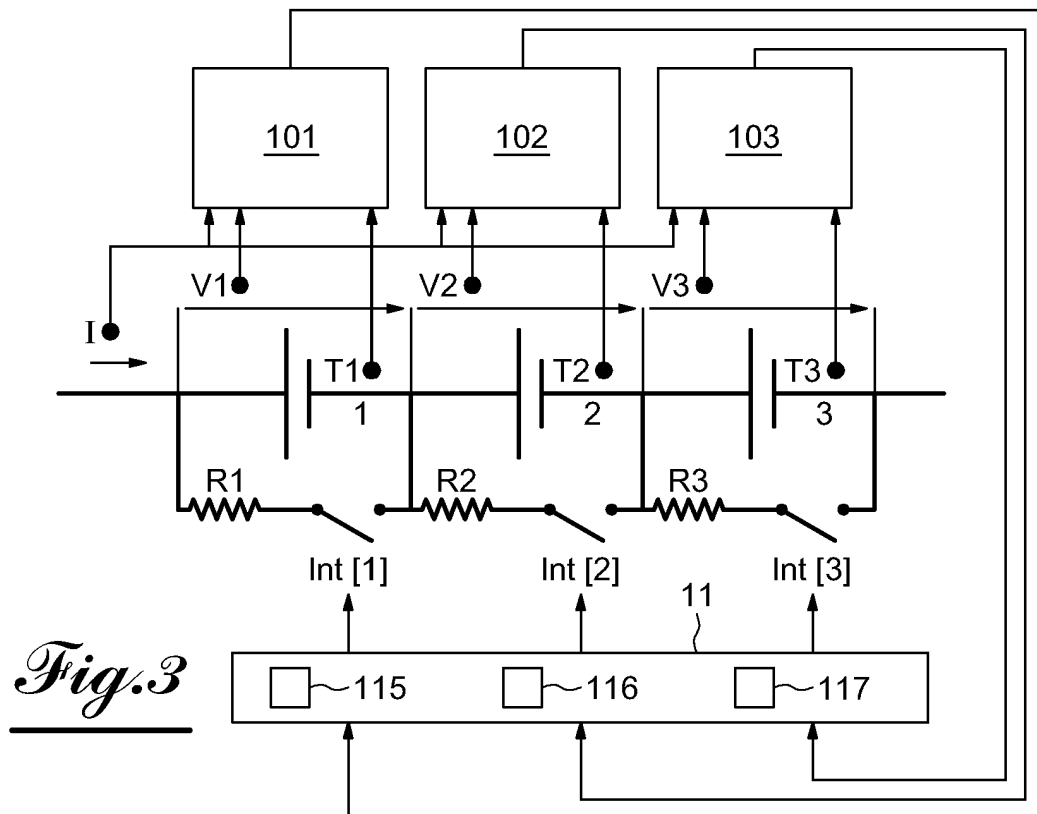
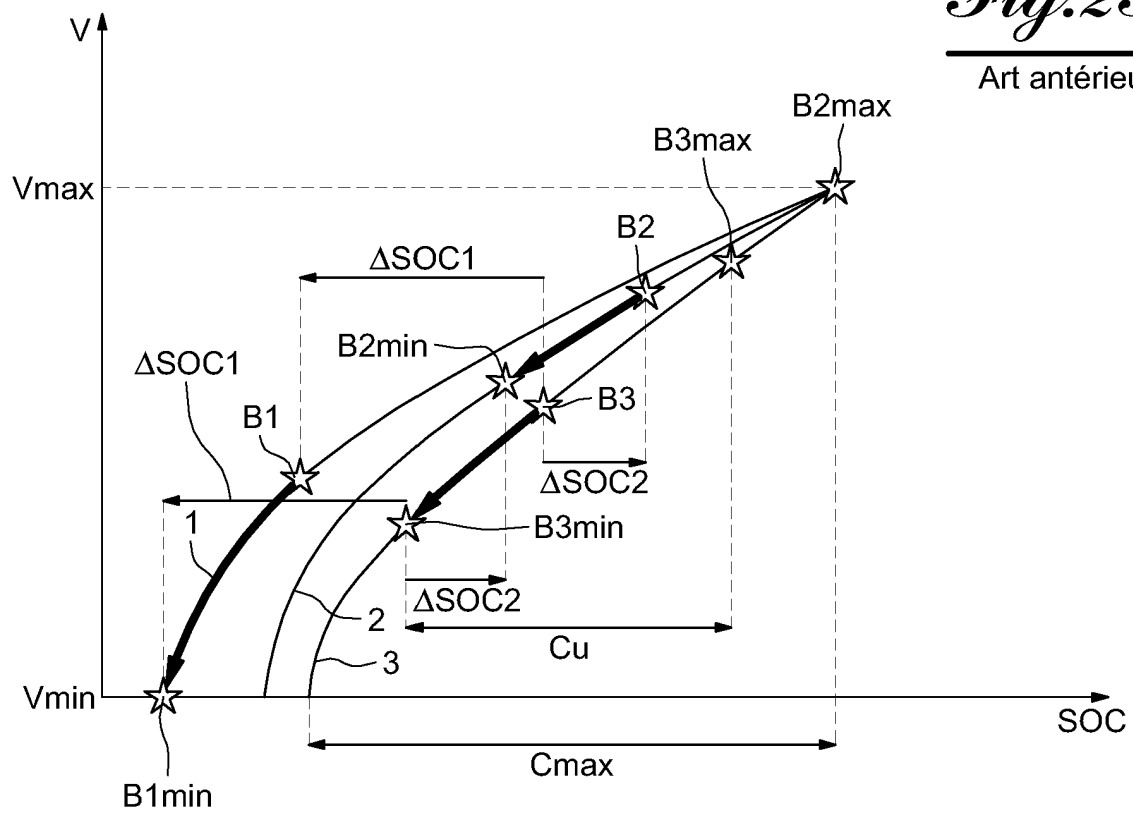
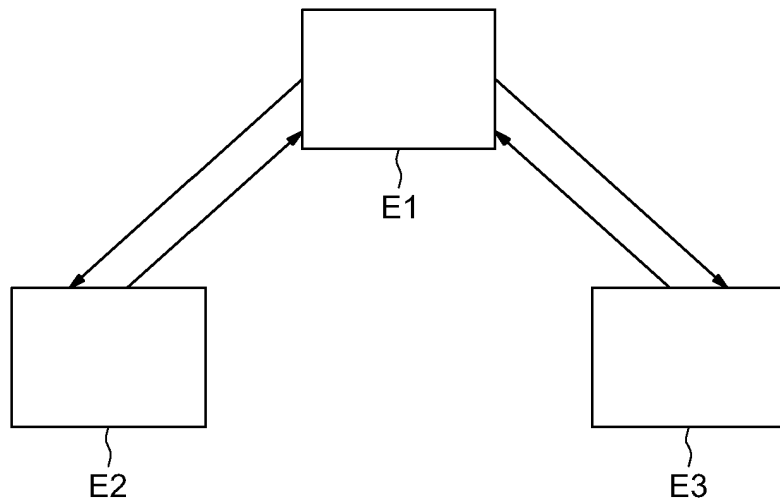
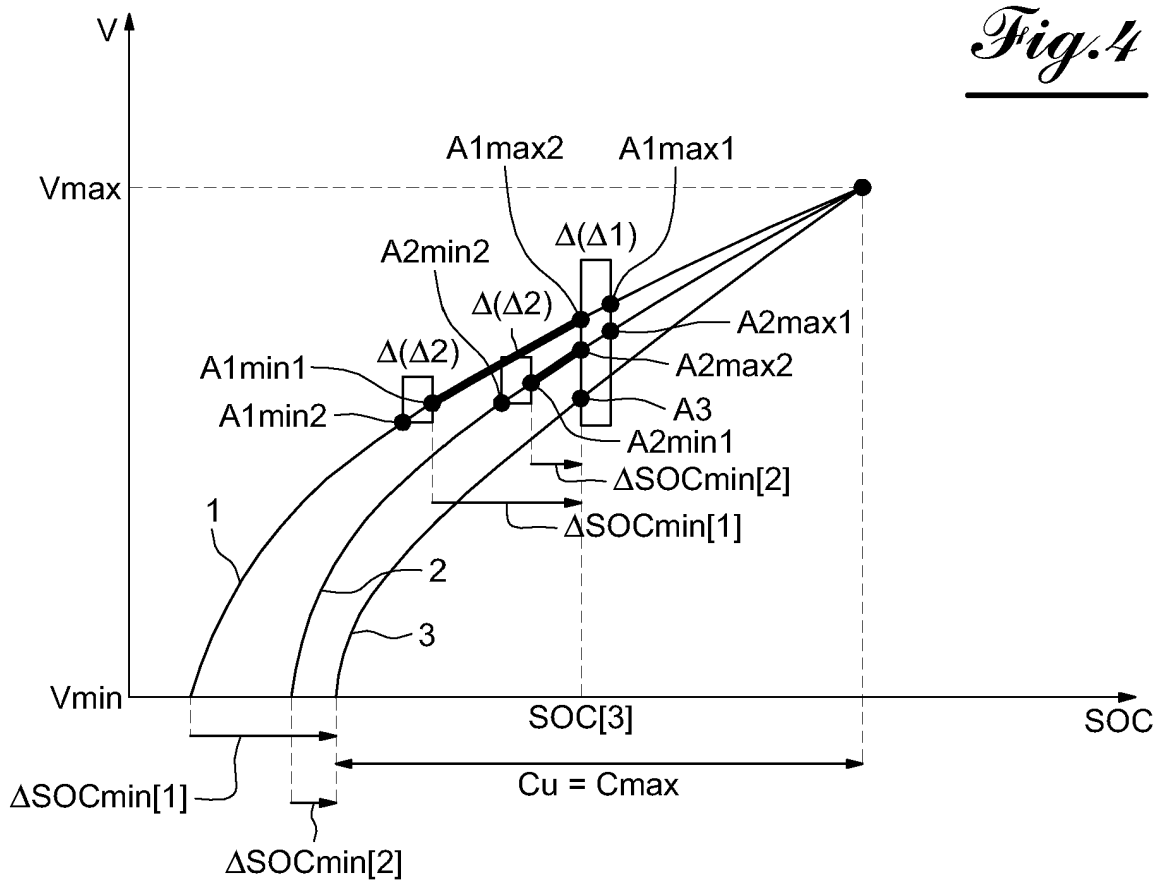


Fig.4Fig.5

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 2 276 138 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 19 janvier 2011 (2011-01-19)

DE 11 2011 104434 T5 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 12 septembre 2013 (2013-09-12)

US 2012/290234 A1 (SCHAEFER SASCHA [DE]) 15 novembre 2012 (2012-11-15)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT