

⑤④ Procédé et système de gestion d'un dispositif de batterie d'un véhicule électrique ou hybride contenant une mesure de tension des cellules reliées à une barre d'interconnexion.

②② Date de dépôt : 23.12.21.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *RENAULT s.a.s. Société par actions simplifiée* —FR et *NISSAN Motor Co., Ltd.* — JP.

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 30.06.23 Bulletin 23/26.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 29.12.23 Bulletin 23/52.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦② Inventeur(s) : GUISSI Laila, HADJ-HAMOU Rayan, KALAWOUN Jana et VAFLARD Nicolas.

⑦③ Titulaire(s) : *RENAULT s.a.s. Société par actions simplifiée*, *NISSAN Motor Co., Ltd.* _.

⑦④ Mandataire(s) : NOVAIMO.



Description

Titre de l'invention : Procédé et système de gestion d'un dispositif de batterie d'un véhicule électrique ou hybride contenant une mesure de tension des cellules reliées à une barre d'interconnexion

- [0001] L'invention concerne un procédé et un système de gestion d'un dispositif de batterie électrique. L'invention porte encore sur un véhicule automobile à motorisation électrique ou hybride équipé dudit système et/ou mettant en œuvre le procédé mentionné.
- [0002] Les véhicules à motorisation hybride ou électrique sont équipés d'un dispositif de batterie, aussi appelé simplement « batterie », pour le stockage d'énergie électrique, apte à alimenter en énergie électrique au moins un élément d'une chaîne d'entraînement électrique du véhicule. Ces dispositifs de batterie comprennent classiquement une pluralité de modules reliés les uns aux autres par des barres d'interconnexion, ou « busbar » en anglais, afin d'assurer la continuité électrique du dispositif. Chacun de ces modules comporte une pluralité de cellules électrochimiques, celles-ci pouvant alors être reliées ou non à l'une des barres d'interconnexion du dispositif.
- [0003] En utilisation, les dispositifs de batteries sont contrôlés et surveillés par un système de gestion dédié, dit « Battery Management System » ou « BMS » de manière à surveiller et contrôler l'état et le fonctionnement des différentes cellules du dispositif de batterie en fonction de différents modes d'utilisation tels que, par exemple, la charge branchée à un réseau de distribution, la décharge en roulage ou la charge régénérative au freinage. Un tel système permet également, directement ou indirectement, l'estimation de paramètres relatifs au dispositif de batterie tels que l'état de charge, ou « SOC » pour « State of Charge », l'état de santé, ou « SOH » pour « State of Health », et/ou tout autre paramètre relatif à des procédés et fonctions de protection de la batterie, par exemple des procédés sécuritaires visant à maintenir le dispositif dans des plages de valeurs de tensions et/ou de températures prédéfinies afin d'en assurer la durabilité.
- [0004] Les systèmes de gestion de batterie existants présentent une structure maître-esclave qui comprend d'une part une unité maître de traitement, distante du dispositif de batterie, qui a notamment fonction d'unité de contrôle et/ou de calculateur, et, d'autre part, une pluralité d'éléments « esclaves », comprenant des capteurs de tension et de température, disposés au niveau du dispositif de batterie afin de collecter des données qui sont ensuite transmises à l'unité maître de traitement.
- [0005] Dans les dispositifs de batterie actuels, chacun des différents modules est équipé d'au

moins un élément esclave. Lorsque le nombre de cellule d'un module est inférieur au nombre de voies de mesures d'un élément esclave considéré, la capacité de collecte dudit élément n'est pas pleinement exploitée, ce qui entraîne d'une part une sous-exploitation des différents éléments esclaves et, d'autre part une augmentation des coûts et de la masse du dispositif de batterie du fait du nombre important d'éléments esclaves nécessaires pour équiper l'ensemble des modules du dispositif.

- [0006] Afin de résoudre un tel problème, il est connu, par exemple tel qu'exposé dans la demande chinoise CN107482699, de mettre en œuvre une architecture du dispositif de batterie dans laquelle un même élément esclave est utilisé pour collecter des données au niveau de deux modules distincts, une partie des voies de mesures étant dédiée à un premier module tandis que les voies restantes sont dédiées à un second module. Une telle architecture permet avantageusement d'utiliser les différents éléments esclaves à leur pleine capacité et ainsi d'en réduire le nombre. Les systèmes de gestion connus sont néanmoins inadaptés à une telle architecture. En effet, les mesures de tensions réalisées par les éléments esclaves sur les cellules portant une barre d'interconnexion sont biaisées par la présence de celle-ci. La tension mesurée comprend une tension additionnelle propre à la barre d'interconnexion qui, selon le mode d'utilisation du dispositif de batterie, entraîne la surestimation ou la sous-estimation des tensions. Il en résulte que l'estimation des paramètres précités, tels que le SOH ou SOC, sont basés sur des valeurs de tensions qui peuvent être erronées et que tout procédé sécuritaire de fonctionnement du dispositif de batterie utilisant ces valeurs de tension peut être déclenché de manière inadaptée.
- [0007] L'invention s'inscrit dans ce contexte et vise à fournir un procédé et un système de gestion du dispositif de batterie remédiant aux inconvénients susnommés. En particulier, l'invention vise à assurer une estimation affinée des valeurs de tension des différentes cellules afin d'optimiser les conditions de fonctionnement et la durabilité du dispositif de batterie.
- [0008] L'invention concerne un procédé de gestion d'un dispositif de batterie électrique comprenant une pluralité de modules montés en série comportant chacun une pluralité de cellules montées en série, chaque module étant directement électriquement relié à au moins un autre module de la pluralité de modules de manière à former une paire de modules, cette liaison étant réalisée par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion reliée au niveau d'une cellule de chacun des modules de la paire. Le procédé de gestion comprend :
- une étape de mesure d'une tension propre à chaque cellule, liée ou non à une barre d'interconnexion, par l'intermédiaire d'éléments esclaves et une étape de mesure de la température de chaque module, chaque mesure de température étant associée à la ou aux barre(s) d'interconnexion reliée(s) au module considéré, chaque élément esclave

comprenant une pluralité de voies de mesures et étant relié aux deux modules de la paire considérée;

- une étape de mesure d'un courant circulant dans le dispositif de batterie ;
- une étape de transmission des mesures à une unité de traitement distante du dispositif de batterie ;
- une étape d'estimation d'une valeur de compensation de tension propre à chaque cellule reliée à une barre d'interconnexion, la valeur de compensation correspondant à une tension estimée de la barre d'interconnexion considérée pour chacune desdites cellules, la valeur de compensation étant estimée en fonction de la température et du courant du module comprenant la cellule considérée ;
- une étape d'estimation d'une valeur de tension corrigée propre à chacune des cellules reliées à une barre d'interconnexion par compensation de la valeur de tension mesurée avec la valeur de compensation estimée ;
- une étape d'ajustement et/ou de détermination d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'état du fonctionnement du dispositif de batterie en fonction de la tension corrigée estimée et/ou en fonction de la tension mesurée.

[0009] Notamment, la valeur de compensation peut dépendre d'une résistance estimée de la barre d'interconnexion reliée à la cellule considérée.

[0010] Notamment, l'étape de détermination d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre d'état peut comprendre :

- une sous-étape de détermination d'une valeur maximale de tension propre à une cellule parmi un ensemble formé des valeurs de tension mesurées, pour les cellules n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion, et des tensions corrigées estimées, pour les cellules reliées à au moins une barre d'interconnexion ; et
- une sous-étape de détermination, en fonction de la valeur maximale de tension, d'une puissance de charge pouvant être allouée au dispositif de batterie lorsque celui-ci est dans un mode de charge, la puissance de charge étant limitée lorsque la valeur maximale de tension est supérieure ou égale à un seuil maximal de tension de charge ; et/ou
- une sous-étape de détermination, en fonction de la valeur maximale de tension, d'une puissance de charge régénérative pouvant être allouée au dispositif de batterie lorsque celui-ci est dans un état de charge régénérative, la puissance de charge régénérative étant limitée lorsque la valeur maximale de tension est supérieure ou égale à un seuil maximal de tension de charge régénérative.

[0011] Le procédé peut, en outre, comprendre une étape de détermination d'un mode d'utilisation du dispositif de batterie électrique parmi un mode de charge, de décharge ou de charge régénérative, le procédé exécutant, lorsqu'un un mode de charge, est détecté, une étape de régulation de la puissance de charge comportant :

- une sous-étape de calcul d'une variation de la puissance de charge entre les puissances de charge observées respectivement entre deux instants t_{n-1} et t_n ;
- une sous-étape d'estimation d'une puissance de charge à mettre en œuvre à un instant t_{n+1} à venir, et une sous-étape de détection d'une augmentation à venir de la puissance de charge relativement à la variation de puissance précédemment calculée et à la puissance de charge observée à l'instant t_n ;
- une étape de limitation de la puissance de charge à venir de sorte que, à l'instant t_{n+1} la puissance de charge est limitée de manière à être inférieure ou égale à la puissance de charge mise en œuvre à l'instant t_n , la limitation de la puissance de charge étant levée lorsqu'il est détecté une variation de température d'au moins un module supérieure à un seuil de température prédéterminé entre les instants t_{n-1} et t_n .

[0012] L'étape de détermination d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre d'état peut comprendre :

- une sous-étape de détermination d'une valeur minimale de tension d'une cellule parmi un ensemble comprenant les valeurs de tension mesurées, pour les cellules n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion, et parmi les tensions corrigées estimées, pour les cellules reliées à une barre d'interconnexion ;
- une sous-étape de détermination d'une puissance de décharge du dispositif de batterie en fonction de la valeur minimale de tension, la puissance de décharge étant limitée lorsque la valeur minimale de tension est inférieure ou égale à un seuil minimal de tension de décharge.

[0013] L'étape de détermination d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre peut comprendre :

- une sous-étape d'estimation d'une résistance de chaque cellule reliée à une barre d'interconnexion à un instant t_x , comprenant le calcul d'une résistance moyenne des cellules du dispositif de batterie n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion en fonction des tensions mesurées pour ces cellules et l'attribution de la valeur d'une telle moyenne à chaque cellule reliée à une barre d'interconnexion ;
- une sous-étape de détermination d'une puissance de décharge pouvant être allouée au dispositif de batterie lorsque la valeur minimale de tension est supérieure au seuil minimal de tension de décharge, la puissance de décharge étant déterminée en fonction des résistances des différentes cellules et de la température mesurée pour chaque module .

[0014] L'étape de détermination d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre peut comprendre une sous-étape d'estimation d'un état de charge des différentes cellules du dispositif de batterie :

- l'état de charge des cellules n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion étant défini en fonction de la tension mesurée et du courant qui leur sont propres ;

- l'état de charge des cellules reliées à une barre d'interconnexion étant défini en fonction du courant qui lui est propre .

- [0015] L'invention concerne également un système de gestion d'un dispositif de batterie électrique comprenant une pluralité de modules comportant chacun une pluralité de cellules, chaque module étant directement électriquement relié à au moins un autre module de la pluralité de modules de manière à former une paire de modules, cette liaison étant réalisée par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion liée au niveau d'une cellule de chacun des modules de la paire, les différents modules étant électriquement reliés les uns aux autres, le système comprenant des éléments matériels et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé de gestion selon l'invention, les éléments matériels comportant au moins un élément esclave apte à réaliser des mesures de températures et de tension relié à chacun des modules de la paire, une unité de traitement apte à recevoir des mesures de l'au moins un élément esclave, une unité de mémoire et au moins un capteur de courant.
- [0016] L'invention s'étend également à un véhicule automobile à motorisation hybride ou électrique comprenant au moins un dispositif de batterie électrique comprenant une pluralité de modules comportant chacun une pluralité de cellules, chaque module étant électriquement relié à chacun des autres modules de la pluralité de modules par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion au niveau d'au moins une cellule, le véhicule étant, en outre, équipé d'un système de gestion selon la revendication précédente.
- [0017] L'invention porte encore sur un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme enregistrées sur un support lisible par ordinateur pour mettre en œuvre les étapes du procédé de gestion selon l'invention lorsque ledit programme fonctionne sur un ordinateur. Alternativement, un tel produit programme d'ordinateur peut être téléchargeable depuis un réseau de communication et/ou enregistré sur un support de données lisible par un ordinateur et/ou exécutable par un ordinateur, un tel produit programme comprenant des instructions qui, lorsque le programme est exécuté par l'ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé exposé plus haut.
- [0018] L'invention s'étend encore à un support d'enregistrement de données, lisible par un ordinateur, sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme de mise en œuvre du procédé selon l'invention ou sur un support d'enregistrement lisible par ordinateur comprenant des instructions qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, conduisent celui-ci à mettre en œuvre le procédé de sécurisation.
- [0019] L'invention porte enfin sur un signal d'un support de données portant le produit programme d'ordinateur tel qu'exposé précédemment.

- [0020] D'autres détails, caractéristiques et avantages ressortiront plus clairement à la lecture de la description détaillée donnée ci-après, à titre indicatif et non limitatif, en relation avec les différents exemples de réalisation illustrés sur les figures suivantes :
- [0021] La [Fig.1] représente schématiquement un mode de réalisation d'un véhicule équipé d'un système de gestion d'un dispositif de batterie.
- [0022] La [Fig.2] est un ordinogramme d'un exemple d'exécution d'un procédé de gestion du dispositif de batterie.
- [0023] La [Fig.3] est un ordinogramme d'un exemple d'exécution particulier du procédé du dispositif de batterie illustré à la [Fig.2].
- [0024] La [Fig.1] illustre schématiquement un véhicule 1 automobile à motorisation électrique ou hybride. Le véhicule 1 peut être de toute nature, c'est-à-dire qu'il peut s'agir d'un véhicule particulier, d'un véhicule utilitaire, d'un camion ou d'un bus. Également, le véhicule 1 peut être un véhicule autonome ou non autonome.
- [0025] Le véhicule 1 est équipé d'un dispositif de batterie 2 électrique, aussi qualifié de « batterie », « dispositif de stockage d'énergie électrique » ou encore « battery pack » en anglais, configuré pour alimenter un ou plusieurs élément(s) d'une chaîne d'entraînement électrique du véhicule 1, non représentée, en énergie électrique. Par exemple, il peut alimenter un moteur électrique.
- [0026] Le dispositif de batterie 2 comprend une pluralité de modules 3 électriquement montés en série. Chaque module 3 comporte une pluralité de cellules 4 électro-chimiques montées en série au sein d'un même module. Les différents modules 3 sont électriquement reliés les uns aux autres par l'intermédiaire de barres d'interconnexion 5, aussi connues sous le nom de « busbar », pouvant par exemple être réalisée en cuivre. Chaque module est directement relié électriquement à au moins un autre module de la pluralité de modules 3, notamment un module adjacent au sein du dispositif de batterie 2, de manière à former une paire de modules 3. On entend par « directement reliés » que ces modules 3 sont liés l'un à l'autre par une unique barre d'interconnexion 5, sans qu'une autre barre d'interconnexion ou un autre module soit électriquement interposé entre eux.
- [0027] Ainsi, un dispositif de batterie 2 comprenant un nombre k de modules 3 peut, de manière non limitative, comprendre un nombre $k-1$ de barres d'interconnexion 5 permettant de relier des modules 3 successifs, ou adjacents, les uns aux autres. Chaque module du dispositif comprend ainsi au moins une cellule 4a reliée à une barre d'interconnexion 5, et au moins une cellule 4b n'étant pas reliée à une telle barre. A des fins de clarté dans l'exemple illustré, seuls deux modules 3 distincts formant une paire et comprenant chacun huit cellules 4 sont représentés. Il est entendu qu'une telle représentation n'est en rien limitative et que le dispositif pourra comprendre davantage de modules 3 et/ou un nombre différent de cellules 4.

- [0028] Le véhicule 1 est, en outre, équipé d'un système de gestion 6 du dispositif de batterie 2. Le système de gestion 6 comprend des éléments matériels et/ou logiciels mettant en œuvre un procédé de gestion 100 tel qu'exposé ci-après. Les éléments matériels comportent une unité de traitement 7 et un ou plusieurs élément(s) esclave(s) 8, ou « slave » en anglais, comprenant une pluralité de voies de mesures de température et de tension. Le système peut en outre comprendre une unité de mémoire 9 et au moins un capteur 10 de courant circulant dans le dispositif de batterie 2.
- [0029] Le système de gestion 6 est organisé selon une architecture dite « maître-esclave » dans laquelle l'unité de traitement 7, aussi qualifiée d'unité maître de traitement 7, est distante du dispositif de batterie 2 et est configurée pour recevoir les données des différents éléments « esclaves » 8, comprenant en particulier des capteurs de tension et température, afin d'en effectuer le traitement.
- [0030] L'unité de traitement 7 comprend au moins un calculateur comportant des ressources matérielles et logicielles plus précisément au moins un processeur, ou microprocesseur. L'unité de traitement 7 coopère avec l'unité de mémoire 9, les éléments esclaves 8 et le capteur 10 et a fonction de « maître » dans l'architecture du système de gestion 6. L'unité de traitement 7 est apte à exécuter des instructions pour la mise en œuvre d'un programme d'ordinateur.
- [0031] Le système de gestion 6 comprend une pluralité de capteurs 8 de tension et de température agencés au niveau des modules 3 du dispositif de batterie 2. De tels capteurs ont fonction d'éléments « esclaves » au sein du système. Chaque élément esclave 8 comprend une pluralité de voies de mesure 11. Particulièrement, chaque élément(s) esclave 8 comprend un nombre de voies supérieur au nombre de cellules 4 comprises dans chaque module 3 du dispositif de batterie 2. Au sein du système selon l'invention, chaque élément esclave 8 est configuré de manière à pouvoir réaliser des mesures sur deux modules 3 distincts de la pluralité de modules 3, notamment sur les modules 3 d'une paire considérée telle qu'exposée plus haut. En l'espèce, un premier élément esclave 8, comprenant au moins un capteur de tension et température, comprend douze voies, huit étant consacrées aux huit cellules 4 d'un premier module 3' de la paire tandis que les quatre restantes sont reliées à quatre cellules 4 d'un deuxième module 3'' de la paire, distinct du premier module 3'. Un deuxième élément esclave 8 similaire, partiellement représenté, est relié aux quatre cellules 4 restantes du deuxième module 3'' tandis que les huit autres voies sont reliées à un troisième module 3'''. Également, il est entendu que ledit deuxième module 3'' est relié, par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion 5, audit troisième module, le deuxième module et le troisième module formant ainsi une paire reliée par une barre d'interconnexion 5 qui leur est propre. Selon un exemple de réalisation non limitatif, une dernière cellule 4 du premier module 3' est reliée à une barre d'interconnexion elle-même reliée à une

première cellule 4 du deuxième module 3''. On entend ici par « première » et « dernière » la première cellule et la dernière cellule au sein du montage électrique en série du module considéré. De la même façon, une dernière cellule 4 du deuxième module 3'' est reliée à une première cellule 4 du troisième module 3'''. Un tel principe est reproduit *mutatis mutandis* pour l'ensemble des modules 3 du dispositif de batterie 2.

[0032] Du fait de la continuité de mesure, il est connu que, lorsqu'un élément esclave est utilisé pour gérer deux modules 3 de batterie distincts, la mesure de tension effectuée au niveau d'une cellule reliée à au moins une barre d'interconnexion 5 comprend une tension additionnelle correspondant à la tension propre à ladite barre d'interconnexion 5. C'est notamment le cas de la « dernière cellule » 4 telle qu'exposée plus haut. Il en résulte une mesure erronée de la tension des cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion. En effet, la barre d'interconnexion 5 présente une résistance plus élevée ce qui entraîne une différence de tension entre les deux cellules 4a de batterie connectées aux deux extrémités de ladite barre. La tension additionnelle de la barre d'interconnexion 5, tel que davantage exposé si après, dépend de sa résistance, laquelle peut être amenée à varier selon :

- la taille et la composition de la barre d'interconnexion 5,
- la qualité de contact et de serrage entre le module et la barre d'interconnexion,
- la température de la barre d'interconnexion 5, et
- l'état de vieillissement de la surface de la barre d'interconnexion 5.

[0033] L'importance de la tension additionnelle due à la barre d'interconnexion 5, autrement dit la différence entre la tension mesurée et la tension réelle d'une cellule 4a reliée à ladite barre, affecte le fonctionnement du dispositif de batterie 2 dans ses différents modes d'utilisation ou de fonctionnement. Par exemple, lors de la charge du dispositif de batterie 2, une telle tension additionnelle induit une surestimation de la tension mesurée relativement aux cellules 4 n'étant pas reliées à au moins une barre d'interconnexion 5. Inversement, lors de la décharge du dispositif, une sous-estimation de cette tension est observée. En particulier, dans les cas de la charge, plus les courants mis en œuvre sont importants, par exemple dans le cas des charges rapides (« Fast charge » ou « Ultra fast charge ») et plus la tension additionnelle est importante.

[0034] Ces mesures erronées de la tension des cellules 4a reliées à au moins une barre d'interconnexion 5 affectent également différents paramètres relatifs au dispositif de batterie 2, tels que la puissance, son état de charge ou son état de santé comme exposé précédemment et influencent le fonctionnement de divers systèmes régulant l'utilisation du dispositif de batterie 2 sur la base de tels paramètres, davantage exposés en référence au procédé ci-après, ce qui impacte l'exploitation de la performance du dispositif de batterie 2.

- [0035] En ce sens, un mode d'exécution d'un procédé de gestion 100 permettant une estimation plus exacte de ces tensions ainsi que de différents paramètres relatifs au dispositif de batterie 2, est décrit ci-après en référence aux figures 2 et 3.
- [0036] De manière générale, le procédé de gestion 100 comprend, dans un premier temps, une étape de mesure E01 d'une tension V_{m_cell} propre à chaque cellule du dispositif de batterie 2. Ces mesures sont réalisées par l'intermédiaire des éléments esclaves 8. Comme exposé plus haut, chaque élément esclave 8 comprend une pluralité de voies 11 de mesures et est relié à au moins deux modules 3 distincts. Le nombre de voie de mesures d'un capteur considéré est notamment supérieur au nombre de cellules 4 propres aux modules 3 auxquels il est relié.
- [0037] Le procédé comprend également une étape de mesure E02 de la température T_{mod} de chaque module 3 du dispositif de batterie 2. Chaque mesure de température T_{mod} d'un module 3 est ensuite associée à la ou les barre(s) d'interconnexion 5 reliée(s) au module 3 considéré afin de permettre, tel que davantage exposé ci-après, une estimation de la température de la barre d'interconnexion 5 sur la base de l'échauffement du module. Notamment, pour chaque barre d'interconnexion 5 considérée la température T_{mod} mesurée associée est celle propre au module de la paire de modules 3 qu'elle relie comprenant la cellule dont la tension est erronée du fait de la présence de ladite barre d'interconnexion 5. En l'espèce, dans l'exemple précédemment exposé, chaque barre d'interconnexion 5 se voit associer la température T_{mod} mesurée propre au module 3 de la paire comprenant la dernière cellule 4 dans le montage électrique en série. Pour les modules illustrés, dans la paire formée par le premier module 3' et le deuxième module 3'', la barre d'interconnexion 5 se voit associer la température du premier module 3'.
- [0038] Les mesures de tension V_{m_cell} et de température T_{mod} peuvent être réalisées en temps réel, c'est-à-dire en continu, ou, de manière alternative, à intervalle de temps régulier préprogrammé. Les mesures de température et de tension peuvent être réalisées simultanément ou successivement l'une à l'autre.
- [0039] Le système de gestion 6 exécute également une étape de mesure E03 d'un courant I_m circulant dans le dispositif de batterie 2 par l'intermédiaire du ou des capteur(s) de courant 10. Le courant est évalué à l'échelle du dispositif de batterie 2.
- [0040] Similairement aux mesures de tension V_{m_cell} et de température T_{mod} , le courant I_m peut être mesuré en temps réel, ou, de manière alternative, à intervalle de temps régulier préprogrammé. Le courant peut également être mesuré simultanément ou successivement aux mesures de température et/ou de tension.
- [0041] Le système comprend ensuite une étape de transmission E04 des mesures de tension V_{m_cell} et de température T_{mod} réalisées par les éléments esclaves 8 à l'unité de traitement 7, distante. Il en va de même pour les mesures de courant I_m .

- [0042] L'unité de traitement 7 exécute ensuite une étape d'estimation E05 d'une valeur de compensation V_{b_est} de tension propre à chaque cellule 4a reliée à une barre d'interconnexion 5. Une telle valeur de compensation V_{b_est} correspond à une tension estimée propre à une barre d'interconnexion 5 considérée pour chacune desdites cellules 4a. La valeur de compensation est estimée par l'intermédiaire du courant I_m et d'une estimation de la résistance R_{est} de la barre d'interconnexion 5 reliée à la cellule 4a, obtenue en fonction notamment de la température mesurée T_{mod} du module 3 comprenant la cellule considérée, la température de la barre d'interconnexion 5 ne pouvant être directement mesurée. La valeur de compensation V_{b_est} de tension propre à chaque cellule 4a reliée à une barre d'interconnexion 5 correspond ici au produit du courant I_m et de l'estimation de la résistance R_{est} de la barre d'interconnexion liée à la cellule 4a considérée.
- [0043] Il est ainsi avantageusement possible de prendre en considération une variation dans le comportement des cellules 4 d'un même module 3, notamment une variation du comportement de la ou les cellule(s) 4a reliée(s) à une ou des barre(s) d'interconnexion 5 relativement à des cellules 4b non reliées à une barre d'interconnexion 5.
- [0044] La résistance estimée R_{est} peut particulièrement être définie selon :
- [0045]
$$(1) \quad R_{est} = R_{ref} \times (1 + \alpha_1 \times (T_{mod} - T_{ref})) + R_{cont} \times (1 + \alpha_2 \times (T_{mod} - T_{ref}))$$
- [0046] Où :
- [0047] R_{est} est la valeur estimée de la résistance de la barre d'interconnexion 5. T_{ref} est une valeur de température fixe, de référence. En l'espèce, de manière non limitative, cette température est de 20°C. R_{ref} est une valeur fixe d'estimation de la résistance de la barre d'interconnexion 5 à la température de référence T_{ref} . Cette valeur peut être définie ou calibrée au préalable et enregistrée sur l'unité de mémoire 9. Elle est déterminée selon les dimensions de la barre d'interconnexion 5, la résistance de celle-ci augmentant avec sa taille, et selon sa composition. T_{mod} est la température mesurée du module auquel la barre d'interconnexion 5 considérée est liée. La différence réalisée entre la température mesurée T_{mod} et la température de référence T_{ref} est ainsi représentative d'un échauffement, par exemple du fait de son usage ou de sa charge, du dispositif de batterie 2. R_{cont} est une valeur fixe estimée de la résistance de contact existant entre le module considéré et la barre d'interconnexion 5 qui lui est reliée. Cette valeur peut être définie ou calibrée au préalable et enregistrée sur l'unité de mémoire 9. La résistance de contact R_{cont} est définie en fonction de la qualité de contact et du serrage entre la barre d'interconnexion 5 et le module considéré. α_1 est une valeur fixe représentative de l'augmentation de la résistance de référence R_{ref} en fonction de la température. Particulièrement, α_1 est le coefficient directeur d'une droite représentative de l'évolution de la résistance de référence en fonction de la température, calibrée au

préalable. α_2 est une valeur fixe représentative de l'augmentation de la résistance de contact R_{cont} en fonction de la température. Similairement à α_1 , il s'agit du coefficient directeur d'une droite représentative de l'évolution de la résistance de contact en fonction de la température, calibrée au préalable. Les valeurs α_1 et α_2 sont définies avant l'exécution du procédé, notamment préalablement à l'assemblage du véhicule, et sont enregistrées sur l'unité de mémoire 9 de manière à être accessibles à l'unité de traitement 7.

[0048] Comme exposé précédemment, la résistance R_{est} de la barre d'interconnexion 5 varie selon des paramètres tels que sa taille, sa composition, la qualité de contact et de serrage entre le module et la barre d'interconnexion, la température de la barre d'interconnexion 5 ou encore l'état de vieillissement de la surface de la barre d'interconnexion 5. L'équation exposée ci-dessus permet une estimation de la résistance propre à la barre d'interconnexion 5 considérée, et par voie de conséquence l'estimation de la tension additionnelle résultante par simple multiplication avec la valeur de courant mesurée. L'estimation réalisée prend ainsi en considération ces paramètres afin de réaliser une estimation basse de la valeur de tension de manière à corriger, intégralement ou en partie, l'excès positif en cas de courant chargeant ou négatif en cas de courant déchargeant de tension mesuré dû à la barre d'interconnexion 5 considérée. En effet, il est essentiel de ne pas surestimer la valeur de compensation au risque de générer des situations de surtension ou de sous-tension, davantage exposées ci-après, susceptibles d'affecter la durabilité des différentes cellules 4.

[0049] Le système de gestion 6 peut ainsi obtenir une estimation E06 d'une valeur de tension corrigée V_{corr} propre à chacune des cellules 4 reliées à une barre d'interconnexion 5. La tension corrigée estimée correspond à la tension mesurée de la cellule corrigée de manière à faire abstraction de la tension additionnelle propre à la barre d'interconnexion 5. Une telle tension est avantageusement plus représentative de la situation réelle, c'est-à-dire de la tension réelle, de la cellule 4 considérée que la tension mesurée V_{m_cell} . La tension corrigée V_{corr} estimée de la cellule est définie comme suit :

[0050]
$$(2) \quad V_{corr} = V_{m_cell} - R_{est} \times I_m = V_{cell} - V_{b_est}$$

[0051] Où :

[0052] R_{est} est la valeur estimée de la résistance de la barre d'interconnexion 5 précédemment calculée pour les cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5. A noter que la valeur R_{est} est nulle pour les cellules 4b n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion 5. V_{m_cell} est la tension de la cellule préalablement mesurée et I_m est le courant mesuré.

[0053] De manière optionnelle, visible à la figure 3, le système peut exécuter, en parallèle ou suite aux étapes précédemment exposées, une étape de détermination E07 d'un mode

d'utilisation du dispositif de batterie 2 électrique parmi un mode de charge, de décharge ou de charge régénérative. On entend par exemple par « décharge » que le véhicule 1 est dans une phase de roulage. On entend par « charge régénérative » la récupération d'énergie électrique résultant du freinage du véhicule 1. Par exemple, l'unité de traitement 7 reçoit un signal renseignant le mode d'utilisation du dispositif de batterie 2 à un instant t auquel le procédé selon l'invention est mis en œuvre.

[0054] Le système de gestion 6 met ensuite en œuvre une étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre limitatif du fonctionnement du dispositif de batterie 2 et/ou d'au moins un paramètre d'évaluation d'un état dudit dispositif de batterie en fonction de la tension corrigée V_{corr} déterminée et/ou en fonction de la tension mesurée $V_{\text{m_cell}}$. Notamment, un tel paramètre peut être directement ou indirectement lié à l'un des modes d'utilisation du dispositif de batterie 2. Une telle étape peut, de manière particulière, correspondre à l'ajustement ou à l'actualisation d'une valeur existante du paramètre considéré, par exemple résultant d'un cycle antérieur d'exécution du procédé selon l'invention et préalablement enregistrée sur l'unité de mémoire 9 ou tout autre élément de mémoire du véhicule 1.

[0055] Les figures 2 et 3 illustrent la détermination E08 de paramètres relatifs aux modes « charge » ou « charge régénérative ». Le mode « charge » peut aussi bien concerner une situation de charge normale qu'une charge rapide (« Fast charge ») ou ultra rapide (« Ultra Fast Charge »).

[0056] Classiquement, lors des phases de charge ou de charge régénérative, des procédés sécuritaires permettent de limiter, c'est-à-dire réduire, une puissance de charge allouée relativement à la capacité maximale. Ces procédés sécuritaires, aussi connus sous le terme anglais « derating », sont mis en œuvre afin de maintenir la température et/ou la tension des différentes cellules 4 dans des plages de valeurs adaptées prédéterminées. De tels procédés visent à éviter des situations de surtension ou de surchauffe, notamment afin d'assurer la durabilité du dispositif de batterie 2. Ces procédés permettent donc d'adapter une puissance de charge P_c , ou une puissance de charge régénérative P_{c_regen} , en fonction de la tension mesurée $V_{\text{m_cell}}$ des cellules 4, ladite puissance étant limitée dès lors que la tension d'une cellule est supérieure ou égale à un seuil de tension maximale prédéterminé, propre à l'état de charge considéré.

[0057] La puissance de charge P_c , ou de charge régénérative P_{c_regen} , peut ainsi être définie en se basant sur une cartographie 2D en fonction de la température T_{mod} et de la tension mesurée $V_{\text{m_cell}}$ en conditions normales, c'est-à-dire quand les températures et tensions mesurées sont comprises dans les plages de valeur acceptées, et, lorsque la tension mesurée $V_{\text{m_cell}}$ est supérieure au seuil de tension maximale, la puissance est réduite. Dans le cas d'une architecture de dispositif de batterie 2 telle qu'exposé plus haut, les mesures de tension $V_{\text{m_cell}}$ des cellules 4 reliées à une barre d'interconnexion 5 sont

erronées. En particulier, dans le cas d'un mode charge ou charge régénérative, les tensions mesurées V_{m_cell} sont surestimées par rapport à la valeur réelle de tension de la cellule considérée, l'importance d'une telle surestimation étant amenée à varier en fonction de la barre d'interconnexion considérée. Il en résulte que les procédés sécuritaires, limitant la puissance de charge P_c ou de charge régénérative P_{c_regen} sont déclenchés plus tôt que nécessaire, alors que la tension réelle de la cellule est comprise dans la plage de valeur acceptable, du fait de la tension additionnelle de la barre d'interconnexion 5 comprise dans cette mesure. Cela génère une augmentation du temps de charge nécessaire mais également une limitation injustifiée des performances du véhicule.

[0058] Dans le contexte de la présente invention, le procédé 100 permet de limiter de tels inconvénients en basant la détermination de la puissance de charge P_c ou de la puissance de charge régénérative P_{c_regen} sur la base de la tension corrigée V_{corr} estimée, plus représentative de la réalité, plutôt que sur la base de la tension mesurée V_{m_cell} .

[0059] En ce sens, l'étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre relatif au dispositif de batterie 2 peut comprendre, dans un premier temps, une sous-étape de détermination E091 d'une valeur maximale de tension au sein du dispositif de batterie 2 par l'intermédiaire de l'unité de traitement 7. Une telle valeur maximale est déterminée parmi un ensemble formé par les valeurs de tensions mesurées V_{m_cell} , pour les cellules 4b n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion 5, et par les tensions corrigées V_{corr} estimées telles que calculées précédemment, pour les cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5.

[0060] Particulièrement, une telle sous-étape peut être définie selon :

$$(3) \quad V_{max} = \text{Max} \left\{ V_{m_cell} - R_{est} \times I_m \right\}_{i=1}^{nbr_cell}$$

[0061] Où :

[0062] V_{max} est la tension maximale déterminée à l'échelle du dispositif de batterie 2. V_{m_cell} est la tension mesurée pour chaque cellule, reliée ou non à une barre d'interconnexion 5. R_{est} est la résistance estimée de la barre d'interconnexion 5 considérée précédemment calculée, une telle valeur étant nulle dans le cas des cellules 4b n'étant pas reliée à une barre d'interconnexion 5. I_m est le courant circulant dans le dispositif de batterie 2, le produit de la résistance estimée et du courant définissant, comme décrit plus haut, une valeur estimée de la tension additionnelle propre à la barre d'interconnexion 5. nbr_cell est le nombre de cellules 4 comprises dans l'ensemble du dispositif de batterie 2.

[0063] Le procédé 100 peut ensuite comprendre une sous-étape de détermination E092, en fonction de la valeur maximale V_{max} de tension définie, d'une puissance de charge P_c en prévision de l'exécution d'un mode charge, ou, alternativement, pour un mode charge

mis en œuvre pendant l'exécution du procédé selon l'invention. L'unité de traitement 7 compare la valeur maximale V_{max} de tension définie à un seuil maximal S_{c_max} de tension de charge autorisé. Si la valeur maximale V_{max} de tension déterminée est supérieure ou égale audit seuil, alors la puissance de charge P_c allouée est limitée, notamment selon des procédés sécuritaires, aussi qualifié de « derating ».

[0064] Si la valeur maximale V_{max} de tension calculée est inférieure audit seuil, l'unité de traitement 7 du système de gestion 6, ou, de manière alternative, tout autre module de traitement équipant le véhicule 1 et communiquant avec l'unité de traitement 7, peut définir une puissance de charge P_c pouvant être allouée au dispositif de batterie 2 lorsque celui-ci est dans le mode charge. Autrement dit, l'unité de traitement 7 peut définir la puissance de charge adaptée P_c lorsque la tension maximale V_{max} est comprise dans une plage de valeurs de tension acceptées préalablement définie, inférieure au seuil maximal de tension de charge. Un principe similaire s'applique *mutatis mutandis* à la puissance de charge régénérative pour le mode de charge régénérative.

[0065] A titre d'exemple non limitatif, la puissance de charge P_c peut être définie en fonction de la tension maximale calculée V_{max} et de la température mesurée du module T_{mod} en se basant sur une cartographie 2D enregistrée sur l'unité de traitement et propre au mode d'utilisation du dispositif de batterie 2 considéré. Selon un exemple particulier, une température minimale et une température maximale sont extraites parmi les températures T_{mod} des différents modules mesurées au préalable, puis sont utilisées afin de définir deux puissances de charge P_c en de la cartographie 2D précitée. La puissance la plus basse parmi ces deux puissances peut ensuite être appliquée en tant que puissance de charge P_c .

[0066] Selon un mode de réalisation particulier, illustré à la [Fig.3], le procédé peut également être configuré de manière à limiter, voire prévenir, des situations générant des oscillations de la tension et de la puissance lorsque le mode charge est mis en œuvre. En effet, il est connu que, moins une cellule est chargée, plus la tension est basse et plus la puissance de charge allouée est importante. Quand les cellules 4 commencent à se charger, la tension augmente et la puissance allouée à la charge diminue. Par voie de conséquence, une telle baisse de puissance de charge entraîne une baisse de la tension mesurée, incluant la tension additionnelle de la barre d'interconnexion 5 au niveau des cellules 4a reliées à une telle barre. La puissance de charge est alors augmentée, ce qui résulte en une nouvelle augmentation de la tension. Un tel enchaînement se répète et on observe alors un phénomène d'oscillation de la tension pouvant présenter des valeurs non négligeables de plusieurs dizaines de kilowatts.

[0067] Afin de résoudre les inconvénients susmentionnés, lorsqu'un mode de charge est détecté à l'étape E07, c'est-à-dire qu'un tel mode est en cours d'exécution, le procédé

et le système selon l'invention peuvent avantageusement être configurés afin de limiter, la possibilité d'augmentation de la puissance de charge lorsque celle-ci a préalablement été réduite. En ce sens, le procédé peut comprendre, pour un dispositif en état de charge, une étape de régulation E10 de la puissance de charge comportant :

- une sous-étape de calcul E101 d'une variation ΔP_{cI} de la puissance de charge observée P_{c_n-1} , P_{c_n} , entre un instant t_{n-1} , passé, et un instant présent t_n ;
- une sous-étape d'estimation E102 d'une puissance de charge P_{c_n+1} à mettre en œuvre à un instant t_{n+1} à venir, et une sous-étape de détection E103 d'une augmentation à venir de la puissance de charge relativement à la variation de puissance ΔP_{cI} précédemment calculée et à la puissance de charge P_{c_n} observée à l'instant t_n . Une telle estimation peut, à titre d'exemple, être réalisée sur la base d'une cartographie 2D comme exposé plus haut ;
- une sous-étape de limitation E104 de la puissance de charge P_{c_n+1} à venir de sorte que, à l'instant t_{n+1} la puissance de charge est limitée de manière à être inférieure ou égale à la puissance de charge P_{c_n} mise en œuvre à l'instant t_n .

[0068] Le procédé selon l'invention est, en outre, particulièrement configuré de manière à ce que la limitation de la puissance de charge peut être levée lorsqu'il est détecté E105 une variation ΔT_m de température d'au moins un module T_{mod} du dispositif de batterie 2 supérieure à un seuil T_s entre les instants t_{n-1} et t_n . En effet, il est également connu que l'augmentation de la puissance de charge peut résulter d'un échauffement du dispositif de batterie 2 classiquement observé du fait de la circulation du courant dans les cellules 4. Le procédé comprend ainsi une sous-étape, non représentée, de calcul d'une variation ΔT_m de température d'au moins un module T_{mod} entre les instants t_{n-1} et t_n propre aux différents modules, un tel calcul étant réalisé par l'unité de traitement 7 sur la base des mesures effectuées par les éléments esclaves 8 du dispositif de batterie 2. Le procédé comprend ensuite une sous-étape de comparaison de ces différentes valeurs avec le seuil T_s . A titre d'exemple non limitatif, un tel seuil peut être compris entre 1 et 5°C. Lorsque la variation ΔT_m est inférieure au seuil T_s , l'augmentation de puissance estimée à venir est due à la variation de tension et non à la température. La puissance de charge P_c est limitée de manière à être inférieure ou égale à celle mise en œuvre à l'instant t_n . A l'inverse, si la variation de température ΔT_m est supérieure audit seuil, l'augmentation de puissance estimée à venir est au moins en partie due à variation de la température du dispositif de batterie 2. La puissance de charge P_c pourra donc augmenter. D'éventuelles oscillations peuvent alors être générées mais celles-ci présentent des valeurs moindres relativement à celles observées du fait d'une variation de tension.

[0069] Les figures 2 et 3 illustrent également la détermination de paramètres relatifs au mode de décharge du dispositif de batterie 2, par exemple en cas de roulage du

véhicule 1. Similairement à ce qui a été exposé en référence à l'état de charge, les véhicules mettent classiquement en œuvre, lors de la décharge du dispositif de batterie 2, des procédés sécuritaires, ou « derating », afin de maintenir la température et/ou la tension des différentes cellules 4 dans des plages de valeurs adaptées, en particulier ici afin de prévenir des situations de sous-tension. De tels procédés sécuritaires permettent d'adapter une puissance de décharge, à distinguer de la puissance de charge P_c précédemment exposée, en fonction de la tension des cellules 4 afin de limiter, c'est-à-dire réduire, la puissance de décharge dès lors que la tension d'une cellule est inférieure ou égale à seuil minimal de tension prédéterminé, propre au mode de décharge du dispositif de batterie 2. Comme exposé précédemment, il en résulte que, lorsque les mesures de tension des cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5 sont erronées du fait de la tension de la barre d'interconnexion 5, ces procédés sécuritaires sont déclenchés plus tôt que nécessaire alors même que la tension réelle de la cellule est comprise dans la plage de valeur acceptable.

[0070] Le procédé 100 selon l'invention permet de limiter de tels inconvénients en déterminant la puissance de décharge P_{de} sur la base de la tension corrigée estimée plutôt que sur la base de la tension mesurée V_{m_cell} , notamment dans le cadre de tels procédés sécuritaires. L'étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre d'état peut ainsi comprendre une sous-étape de détermination E093 d'une valeur minimale de tension V_{min} parmi les différentes valeurs de tension des cellules 4 du dispositif de batterie 2. La valeur minimale V_{min} est définie parmi un ensemble de valeurs constitué des tensions mesurées V_{m_cell} des cellules 4a n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion 5 et des tensions corrigées V_{corr} estimées pour les cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5.

[0071] Particulièrement, la valeur minimale de tension est définie selon :

$$(4) \quad V_{min} = \text{Min} \left\{ V_{m_cell} - R_{est} \times I_m \right\}_{i=1}^{nbr_cell}$$

[0072] Où :

[0073] R_{est} est la résistance de la barre d'interconnexion 5 considérée précédemment estimée, une telle valeur R_{est} étant nulle dans le cas des cellules 4b n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion 5. V_{cell} est la tension mesurée pour chaque cellule, reliée ou non à une barre d'interconnexion 5. I_m est le courant circulant dans le dispositif de batterie 2. nbr_cell est le nombre de cellules 4 comprises dans l'ensemble du dispositif de batterie 2.

[0074] Le procédé peut ensuite comprendre une sous-étape de détermination E094, en fonction de la valeur minimale de tension V_{min} , d'une puissance P_{de} de décharge adaptée pour la mise en œuvre d'un mode de décharge, en cours ou exécuté ultérieurement. L'unité de traitement 7 compare la valeur minimale de tension V_{min} dé-

terminée avec le seuil minimal de tension S_{d_min} de décharge autorisé.

[0075] Si la valeur minimale de tension V_{min} déterminée est supérieure au seuil minimal de tension de décharge S_{d_min} autorisé, c'est à dire que la tension minimale au sein du dispositif de batterie 2 est comprise dans la plage de valeurs de tensions autorisée et que les procédés sécuritaires ne sont pas nécessaires, l'unité de traitement 7 du système de gestion 6, ou, de manière alternative, tout autre module de traitement équipant le véhicule 1, peut définir, de manière connue, une puissance de décharge P_{de} pouvant être allouée au dispositif de batterie 2 sur la base d'une cartographie 2D dépendant de l'état de charge du dispositif de batterie 2, ou SOC de l'anglais « State of charge », et de la température. Particulièrement, le principe de définition d'une puissance en fonction d'une température minimale et d'une température maximale, exposé plus haut en référence à la puissance de charge P_c s'applique *mutatis mutandis*.

[0076] Si la valeur minimale de tension V_{min} est inférieure ou égale audit seuil, alors la puissance de décharge S_{d_min} allouée est limitée par rapport à la capacité maximale. Autrement dit, le déclenchement des procédés sécuritaires existants prend en considération la tension estimée V_{corr} des cellules 4a de sorte que ceux-ci sont mis en œuvre à des valeurs de tensions plus représentatives de la tension réelle des cellules 4 du dispositif de batterie 2. La puissance de décharge P_{de} est alors définie en fonction de la température et de la résistance des cellules 4, elle-même basée sur la tension mesurée V_{m_cell} . De ce fait, le procédé selon l'invention permet une évaluation plus adaptée des résistances estimées prenant en compte la tension additionnelle des différentes barres d'interconnexion 5 et, par voie de conséquence, une meilleure évaluation des puissances de décharge P_{de} . Un tel principe sera d'autant plus vrai avec le vieillissement des cellules 4, leur résistance, et donc la résistance propre aux barres d'interconnexion 5, augmentant alors. En ce sens, l'étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre du fonctionnement du dispositif de batterie 2 peut comprendre une sous-étape d'estimation E095 d'une résistance R_{d_est} propre à chaque cellule 4a reliée à une barre d'interconnexion 5 à un instant t_x . Une telle résistance R_{d_est} est estimée par le calcul d'une résistance moyenne R_m des cellules 4b du dispositif de batterie 2 n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion 5, la résistance desdites cellules étant calculée en fonction des tensions mesurées V_{m_cell} et du courant I

m.

[0077] La valeur de cette moyenne de résistance R_m est ensuite attribuée à chacun des cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5. L'unité de traitement 7 peut ensuite exécuter une étape de détermination E096 d'une puissance de décharge P_{de} du dispositif de batterie 2 en fonction des résistances des différentes cellules 4a, 4b, reliées ou non à une barre d'interconnexion 5, et de la température T_{mod} mesurée pour chaque module 3. A titre d'exemple non limitatif, la puissance de décharge P_{de} est

définie, similairement à ce qui a été précédemment exposé, sur la base d'une cartographie 2D en fonction de la température des modules et/ou du dispositif de batterie, de l'état de charge du dispositif de batterie 2 et d'une valeur maximale de résistance, ladite valeur maximale étant déterminée parmi les résistances estimées dans le cas des cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5 et des résistances calculées sur la base de la tension mesurée V_{m_cell} et du courant I_m dans le cas des cellules 4b non reliée à une barre d'interconnexion 5.

- [0078] Les valeurs de résistance R_{d_est} ainsi obtenues pour les cellules 4a reliées à des barres d'interconnexion 5 sont plus représentatives de la réalité et permettent de ne pas inclure la tension, et ici la résistance, additionnelle propre aux barres d'interconnexion 5. Une telle méthode est ici adaptée du fait que, à l'échelle du dispositif de batterie 2, le nombre de cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5 est strictement inférieur au nombre de cellules 4b ne l'étant pas.
- [0079] L'étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre du fonctionnement du dispositif de batterie 2 peut également comprendre, une sous-étape de détermination E098 d'une puissance de charge régénérative P_{c_regen} . Similairement à ce qui a été exposé en référence aux modes de charge et de décharge, le véhicule peut également être configuré afin d'exécuter, lors des phases de charge régénérative, des procédés sécuritaires, ou « derating », afin de maintenir la température et/ou la tension des différentes cellules 4 dans des plages de valeurs adaptées.
- [0080] En l'espèce, ces procédés sécuritaires permettent d'adapter la puissance charge régénérative P_{c_regen} afin de la limiter, c'est-à-dire réduire, dès lors que la tension d'une cellule est supérieure ou égale à seuil maximal de tension S_{regen_max} de charge régénérative autorisé. A noter qu'un tel seuil S_{regen_max} peut présenter une valeur identique ou distincte de celle du seuil maximal S_{c_max} de tension de charge.
- [0081] Si la valeur maximale V_{max} de tension calculée, notamment selon la formule (3) exposée plus haut en référence au mode charge, est inférieure audit seuil, c'est-à-dire que la valeur maximale V_{max} de tension est comprise dans la plage de valeur normales, l'unité de traitement 7 du système de gestion 6, ou, de manière alternative, tout autre module de traitement peut définir une puissance de charge P_{c_regen} pouvant être allouée au dispositif de batterie 2 en fonction d'une cartographie 2D. La description précédente faite en référence au mode de décharge s'applique *mutatis mutandis*, la cartographie 2D considérée pouvant, à titre d'exemple non limitatif, être définie en fonction de la température des modules et/ou du dispositif de batterie, de l'état de charge et d'une valeur maximale de résistance tel qu'exposé ci-dessus.
- [0082] Si la valeur maximale V_{max} de tension déterminée est supérieure ou égale au seuil S_{regen_max} , c'est-à-dire lorsque les procédés sécuritaires, ou de « derating », doivent être exécutés, alors la puissance de charge régénérative P_{c_regen} est limitée.

- [0083] Comme exposé précédemment, la résistance des cellules 4 augmente avec leur vieillissement. Il en va de même pour les barres d'interconnexion 5. L'importance des surestimations ou sous-estimations des valeurs de tension ou de résistance tend donc à augmenter avec l'âge des cellules 4. Classiquement, le vieillissement d'une cellule 4 peut être estimé par la détermination d'un état résistif *ER* qui lui est propre. L'état résistif *ER* est obtenu par calcul de la résistance de la cellule sur la base de tension et du courant mesuré puis par comparaison de cette valeur à une valeur de résistance initiale, correspondant à la résistance de la cellule neuve enregistrée sur l'unité de mémoire 9 ou tout autre élément de mémoire du véhicule 1, afin de déterminer un pourcentage d'augmentation de la résistance interne de la cellule. Ce principe n'est pas adapté pour les cellules 4 reliées à une barre d'interconnexion 5 du fait des inconvénients précédemment mentionnés. Selon la présente invention, le calcul de l'état résistif *ER* est adapté afin de comparer la résistance estimée R_{d_est} des cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5 avec la résistance initiale pour les cellules 4 reliées à une barre d'interconnexion.
- [0084] L'état résistif ainsi estimé sera ainsi plus représentatif de la réalité du dispositif de batterie 2. L'état résistif *ER* pouvant également être utilisé pour le calcul ou l'estimation de différents paramètres de fonctionnement du dispositif de batterie 2, par exemple les puissances, le procédé selon l'invention permet ainsi une évaluation plus fiable de l'état du dispositif de batterie 2.
- [0085] L'état de charge, ou « SOC » de l'anglais « State of Charge », du dispositif de batterie 2 est également un paramètre d'état du dispositif de batterie 2 utilisé dans de nombreux fonctionnements du véhicule 1, tels que la détermination de l'autonomie, de la puissance ou de la durée de la charge. Classiquement, l'état de charge SOC peut être estimé au moyen d'un filtre de Kalman basé sur la tension et le courant mesurés. Comme exposé plus haut, la tension mesurée au niveau des cellules 4a reliées à une barre d'interconnexion 5 étant erronée, la valeur d'état de charge SOC le sera également, ce qui engendre de nombreux effets non négligeables à l'échelle du véhicule 1.
- [0086] Aussi, le procédé 100 selon l'invention peut avantageusement être adapté afin de déterminer un état de charge SOC plus représentatif de la réalité. L'étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre du dispositif de batterie 2 peut ainsi comprendre une sous-étape d'estimation E097 d'un état de charge des différentes cellules 4 du dispositif de batterie 2 dans laquelle:
- l'état de charge des cellules 4b n'étant pas reliées à au moins une barre d'interconnexion 5 est défini en fonction de la tension mesurée V_{m_cell} et du courant I_m qui leur sont propres, notamment au moyen d'un filtre de Kalman ;
 - l'état de charge des cellules 4a reliées à au moins une barre d'interconnexion 5 est

défini en fonction du courant qui lui est propre selon :

$$(4) \text{SOC}_t = \text{SOC}_{t-1} + \frac{I_m \times \Delta t}{C}$$

[0087] Où :

[0088] SOC_t est l'état de charge d'une cellule reliée à une barre d'interconnexion 5 à l'instant t , I_m est le courant circulant dans la cellule mesuré, C est la capacité de la cellule, et Δt est le temps d'échantillonnage, par exemple en heures.

[0089] Le procédé selon l'invention peut ainsi être exécuté de manière à ce que, lors de l'étape d'ajustement et/ou de détermination E08 d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'état du fonctionnement du dispositif de batterie 2, tout ou partie des différents paramètres précités peuvent être estimés, puis associés à au moins un état de fonctionnement du dispositif de batterie 2. Lesdits paramètres peuvent également être associés à d'autres fonctions du dispositif de batterie 2 et peuvent être transmis à différents systèmes équipant le véhicule 1, tels que des systèmes de localisation du véhicule 1 dans l'infrastructure routière ou des systèmes d'aide à la conduite. Selon un mode d'exécution préféré, les différents paramètres précités sont estimés indépendamment de l'utilisation faite du véhicule 1 au moment de l'exécution du procédé, autrement dit indépendamment du mode d'utilisation qui peut éventuellement être détecté au moment de l'exécution du procédé. Les paramètres ainsi estimés relatifs à un mode d'utilisation n'étant pas en cours d'exécution peuvent alors être enregistrés sur l'unité de mémoire 9 tandis que ceux relatifs à un mode en cours d'exécution peuvent être enregistrés et/ou appliqués directement à l'utilisation en cours.

[0090] Le procédé et le système selon l'invention permettent ainsi avantageusement une gestion du dispositif de batterie plus adaptée à son architecture. Il en résulte une optimisation de la durabilité mais également de l'exploitation des performances du dispositif de traitement. En outre, le fonctionnement de systèmes annexes équipant le véhicule et se basant sur des paramètres relatifs au dispositif de batterie s'en retrouve amélioré.

[0091] La présente invention ne saurait toutefois se limiter aux moyens et modes décrits et illustrés ici et elle s'étend également à tout moyen ou mode équivalents et à toute combinaison techniquement opérante de tels moyens dans la mesure où ils remplissent *in fine* les fonctionnalités décrites et illustrées dans le présent document.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de gestion (100) d'un dispositif de batterie (2) électrique comprenant une pluralité de modules (3) montés en série comportant chacun une pluralité de cellules (4) montées en série, chaque module étant directement électriquement relié à au moins un autre module de la pluralité de modules (3) de manière à former une paire de modules (3), cette liaison étant réalisée par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion (5) reliée au niveau d'une cellule (4a) de chacun des modules (3) de la paire, le procédé de gestion (100) comprenant :

- une étape de mesure (E01) d'une tension (V_{m_cell}) propre à chaque cellule (4, 4a, 4b), liée ou non à une barre d'interconnexion (5), par l'intermédiaire d'éléments esclaves (8) et une étape de mesure (E02) de la température (T_{mod}) de chaque module (3), chaque mesure de température (T_{mod}) étant associée à la ou aux barre(s) d'interconnexion (5) reliée(s) au module considéré, chaque élément esclave (8) comprenant une pluralité de voies (11) de mesures et étant relié aux deux modules (3) de la paire considérée;
- une étape de mesure (E03) d'un courant (I_m) circulant dans le dispositif de batterie (2) ;
- une étape de transmission (E04) des mesures à une unité de traitement (7) distante du dispositif de batterie (2) ;
- une étape d'estimation (E05) d'une valeur de compensation de tension (V_{b_est}) propre à chaque cellule (4a) reliée à une barre d'interconnexion (5), la valeur de compensation (V_{b_est}) correspondant à une tension estimée de la barre d'interconnexion (5) considérée pour chacune desdites cellules (4a), la valeur de compensation (V_{b_est}) étant estimée en fonction de la température (T_{mod}) et du courant (I_m) du module (3) comprenant la cellule considérée ;
- une étape d'estimation (E06) d'une valeur de tension corrigée (V_{corr}) propre à chacune des cellules (4a) reliées à une barre d'interconnexion (5) par compensation de la valeur de tension (V_{m_cell}) mesurée avec la valeur de compensation estimée (V_{b_est}) ;
- une étape d'ajustement et/ou de détermination (E08) d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'état du fonctionnement du dispositif de batterie (2) en fonction de la tension corrigée estimée (V_{corr}) et/ou en fonction de la tension mesurée (V_{m_cell}).

[Revendication 2]

Procédé de gestion (100) selon la revendication précédente, dans lequel

la valeur de compensation dépend d'une résistance estimée (R_{est}) de la barre d'interconnexion (5) reliée à la cellule (4a) considérée, la résistance estimée étant définie selon:

$$R_{est} = R_{ref} \times (1 + \alpha_1 \times (T_{mod} - T_{ref})) + R_{cont} \times (1 + \alpha_2 \times (T_{mod} - T_{ref}))$$

Où :

T_{ref} est une valeur de température fixe, de référence ;

R_{ref} est une valeur fixe d'estimation de la résistance de la barre d'interconnexion (5) basée sur ses dimensions et sa composition à la température de référence T_{ref} ;

T_{mod} est la température du module auquel la barre d'interconnexion (5) considérée est liée ;

R_{cont} est une valeur fixe estimée de la résistance de contact existant entre le module considéré et la barre d'interconnexion (5) qui lui est reliée ;

α_1 est une valeur fixe représentative de l'augmentation de la résistance de référence en fonction de la température ;

α_2 est une valeur fixe représentative de l'augmentation de la résistance de contact en fonction de la température.

[Revendication 3]

Procédé de gestion (100) selon la revendication précédente, dans lequel l'étape de détermination (E08) d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre d'état comprend :

- une sous-étape de détermination (E091) d'une valeur maximale (V_{max}) de tension propre à une cellule (4) parmi un ensemble formé des valeurs de tension mesurées (V_{m_cell}), pour les cellules (4b) n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion (5), et des tensions corrigées (V_{corr}) estimées, pour les cellules (4a) reliées à au moins une barre d'interconnexion (5) ; et

- une sous-étape de détermination (E092), en fonction de la valeur maximale de tension (V_{max}), d'une puissance de charge (P_c) pouvant être allouée au dispositif de batterie (2) lorsque celui-ci est dans un mode de charge, la puissance de charge (P_c) étant limitée lorsque la valeur maximale de tension (V_{max}) est supérieure ou égale à un seuil maximal de tension de charge (S_{c_max}); et/ou

- une sous-étape de détermination (E098), en fonction de la valeur maximale de tension, d'une puissance de charge régénérative (P_{c_regen}) pouvant être allouée au dispositif de batterie (2) lorsque celui-ci est dans un état de charge régénérative, la puissance de charge régénérative (P_{c_regen}) étant limitée lorsque la valeur maximale de tension est supérieure ou égale à un seuil maximal de tension de charge régénérative (S_{regen_max}).

[Revendication 4] Procédé de gestion (100) selon la revendication précédente, dans lequel la valeur maximale de tension est définie selon :

$$V_{max} = \text{Max} \left\{ V_{m_cell} - R_{est} \times I_m \right\}_{i=1}^{nbr_cell}$$

Où :

R_{est} est la résistance estimée de la barre d'interconnexion considérée ;

V_{m_cell} est la tension mesurée pour chaque cellule, reliée ou non à une barre d'interconnexion (5) ;

I est le courant circulant dans la batterie (2) ;

nbr_cell est le nombre de cellules (4) comprises dans l'ensemble du dispositif de batterie (2).

[Revendication 5] Procédé de gestion (100) selon la revendication 3 ou 4, comprenant, une étape de détermination (E07) d'un mode d'utilisation du dispositif de batterie (2) électrique parmi un mode de charge, de décharge ou de charge régénérative, le procédé exécutant, lorsqu'un un mode de charge, est détecté, une étape de régulation (E10) de la puissance de charge comportant :

- une sous-étape de calcul (E101) d'une variation de la puissance de charge (ΔP_{cl}) entre les puissances de charge (P_{c_n} , P_{c_n+1}) observées respectivement entre deux instants t_{n-1} et t_n ;
- une sous-étape d'estimation (E102) d'une puissance de charge (P_{c_n+1}) à mettre en œuvre à un instant t_{n+1} à venir, et une sous-étape de détection (E103) d'une augmentation à venir de la puissance de charge relativement à la variation de puissance précédemment calculée (ΔP_{cl}) et à la puissance de charge (P_{c_n}) observée à l'instant t_n ;
- une étape de limitation (E104) de la puissance de charge (P_{c_n+1}) à venir de sorte que, à l'instant t_{n+1} la puissance de charge (P_{c_n+1}) est limitée de manière à être inférieure ou égale à la puissance de charge (P_{c_n}) mise en œuvre à l'instant t_n , la limitation de la puissance de charge étant levée lorsqu'il est détecté (E105) une variation (ΔT_m) de température d'au moins un module (T_{mod}) supérieure à un seuil (T_s) de température prédéterminé entre les instants t_{n-1} et t_n .

[Revendication 6] Procédé de gestion (100) selon l'une des revendications 2 à 5, dans lequel l'étape de détermination (E08) d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre d'état comprend :

- une sous-étape de détermination (E093) d'une valeur minimale (V_{min}) de tension d'une cellule parmi un ensemble comprenant les valeurs de tension mesurées, pour les cellules (4) n'étant pas reliées à une barre

d'interconnexion (5), et parmi les tensions corrigées (V_{corr}) estimées, pour les cellules (4) reliées à une barre d'interconnexion (5) ;

- une sous-étape de détermination (E094) d'une puissance de décharge (P_{de}) du dispositif de batterie (2) en fonction de la valeur minimale de tension (V_{min}), la puissance de décharge (P_{de}) étant limitée lorsque la valeur minimale de tension (V_{min}) est inférieure ou égale à un seuil minimal de tension de décharge (S_{d_min}).

[Revendication 7]

Procédé de gestion (100) selon la revendication précédente, dans lequel la valeur minimale de tension est définie selon :

$$V_{min} = \text{Min} \left\{ V_{m_cell} - R_{est} \times I_m \right\}_{i=1}^{nbr_cell}$$

Où :

R_{est} est la résistance estimée de la barre d'interconnexion considérée ;

V_{m_cell} est la tension mesurée pour chaque cellule, reliée ou non à une barre d'interconnexion (5) ;

I est le courant circulant dans le dispositif de batterie (2) ;

nbr_cell est le nombre de cellules (4) comprises dans l'ensemble du dispositif de batterie (2).

[Revendication 8]

Procédé de gestion (100) selon l'une des revendications 6 ou 7, dans lequel l'étape de détermination (E08) d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre comprend :

- une sous-étape d'estimation (E095) d'une résistance de chaque cellule reliée à une barre d'interconnexion (5) à un instant t_x , comprenant le calcul d'une résistance moyenne des cellules (4) du dispositif de batterie (2) n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion (5) en fonction des tensions mesurées pour ces cellules (4) et l'attribution de la valeur d'une telle moyenne à chaque cellule reliée à une barre d'interconnexion (5) ;

- une sous-étape de détermination (E096) d'une puissance de décharge (P_{de}) pouvant être allouée au dispositif de batterie (2) lorsque la valeur minimale de tension (V_{min}) est supérieure au seuil minimal de tension de décharge (S_{d_min}), la puissance de décharge (P_{de}) étant déterminée en fonction des résistances des différentes cellules (4) et de la température mesurée pour chaque module .

[Revendication 9]

Procédé de gestion (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape de détermination (E08) d'au moins un paramètre limitatif et/ou d'au moins un paramètre comprend une sous-étape d'estimation (E097) d'un état de charge (SOC) des différentes cellules (4) du dispositif de batterie (2) :

- l'état de charge des cellules (4b) n'étant pas reliées à une barre d'interconnexion (5) étant défini en fonction de la tension mesurée et du courant qui leur sont propres ;

- l'état de charge des cellules (4a) reliées à une barre d'interconnexion (5) étant défini en fonction du courant qui lui est propre selon :

$$SOC_t = SOC_{t-1} + \frac{I_m \times \Delta t}{C}$$

Où :

SOC_t est l'état de charge d'une cellule reliée à une barre d'interconnexion (5) à l'instant t ;

I_m est le courant circulant dans le dispositif de batterie ;

C est la capacité d'une cellule reliée à une barre d'interconnexion (5) ;

Δt est le temps d'échantillonnage.

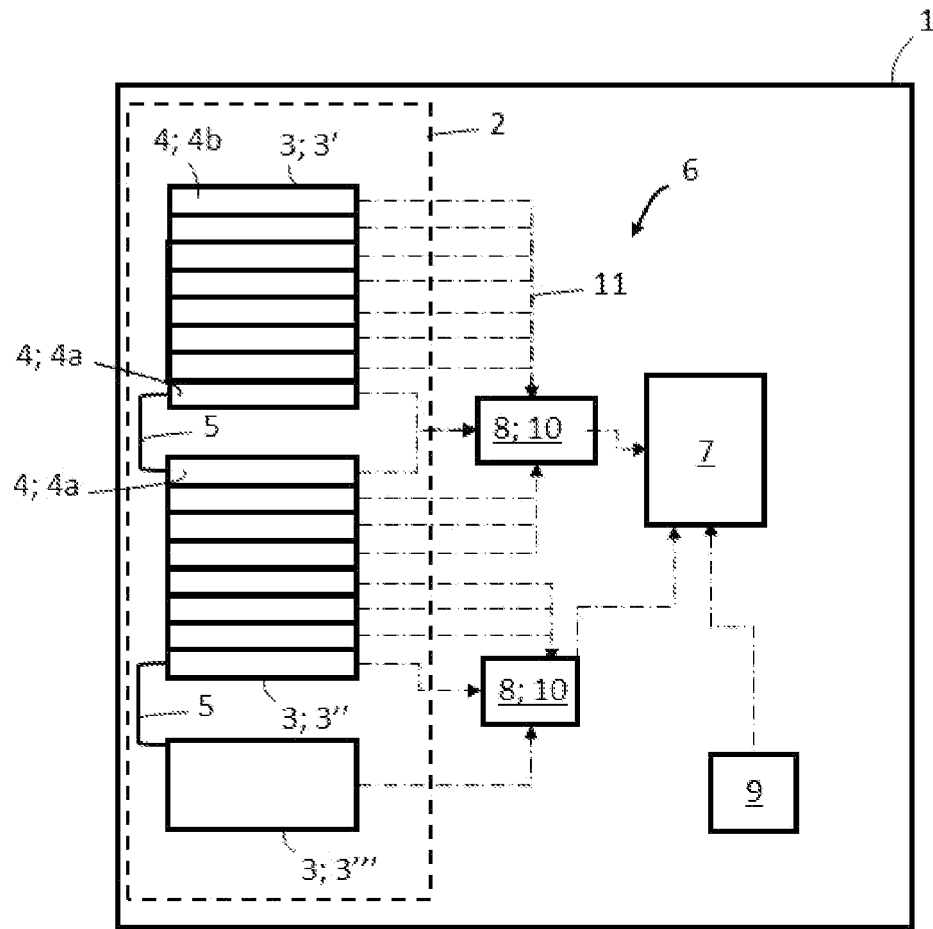
[Revendication 10]

Système de gestion (6) d'un dispositif de batterie (2) électrique comprenant une pluralité de modules (3) comportant chacun une pluralité de cellules (4), chaque module étant directement électriquement relié à au moins un autre module de la pluralité de modules de manière à former une paire de modules, cette liaison étant réalisée par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion (5) liée au niveau d'une cellule de chacun des modules de la paire, les différents modules (3) étant électriquement reliés les uns aux autres, le système comprenant des éléments matériels et/ou logiciels mettant en œuvre le procédé de gestion (100) selon l'une des revendications précédentes, les éléments matériels comportant au moins un élément esclave apte à réaliser des mesures de températures et de tension (8) relié à chacun des modules de la paire, une unité de traitement (7) apte à recevoir des mesures de l'au moins un élément esclave (8), une unité de mémoire (9) et au moins un capteur de courant (10).

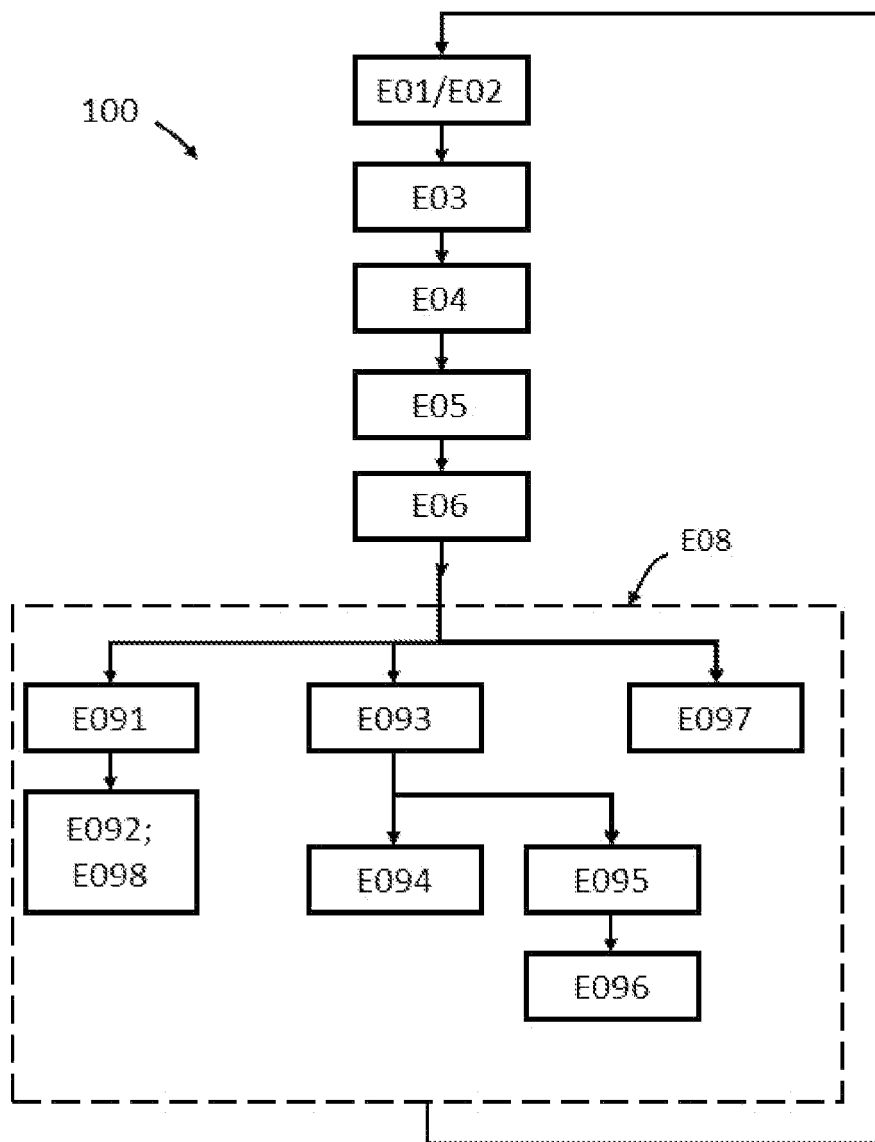
[Revendication 11]

Véhicule (1) automobile à motorisation hybride ou électrique comprenant au moins un dispositif de batterie (2) électrique comprenant une pluralité de modules (3) comportant chacun une pluralité de cellules (4), chaque module étant électriquement relié à chacun des autres modules (3) de la pluralité de modules (3) par l'intermédiaire d'une barre d'interconnexion (5) au niveau d'au moins une cellule, le véhicule (1) étant, en outre, équipé d'un système de gestion (6) selon la revendication précédente.

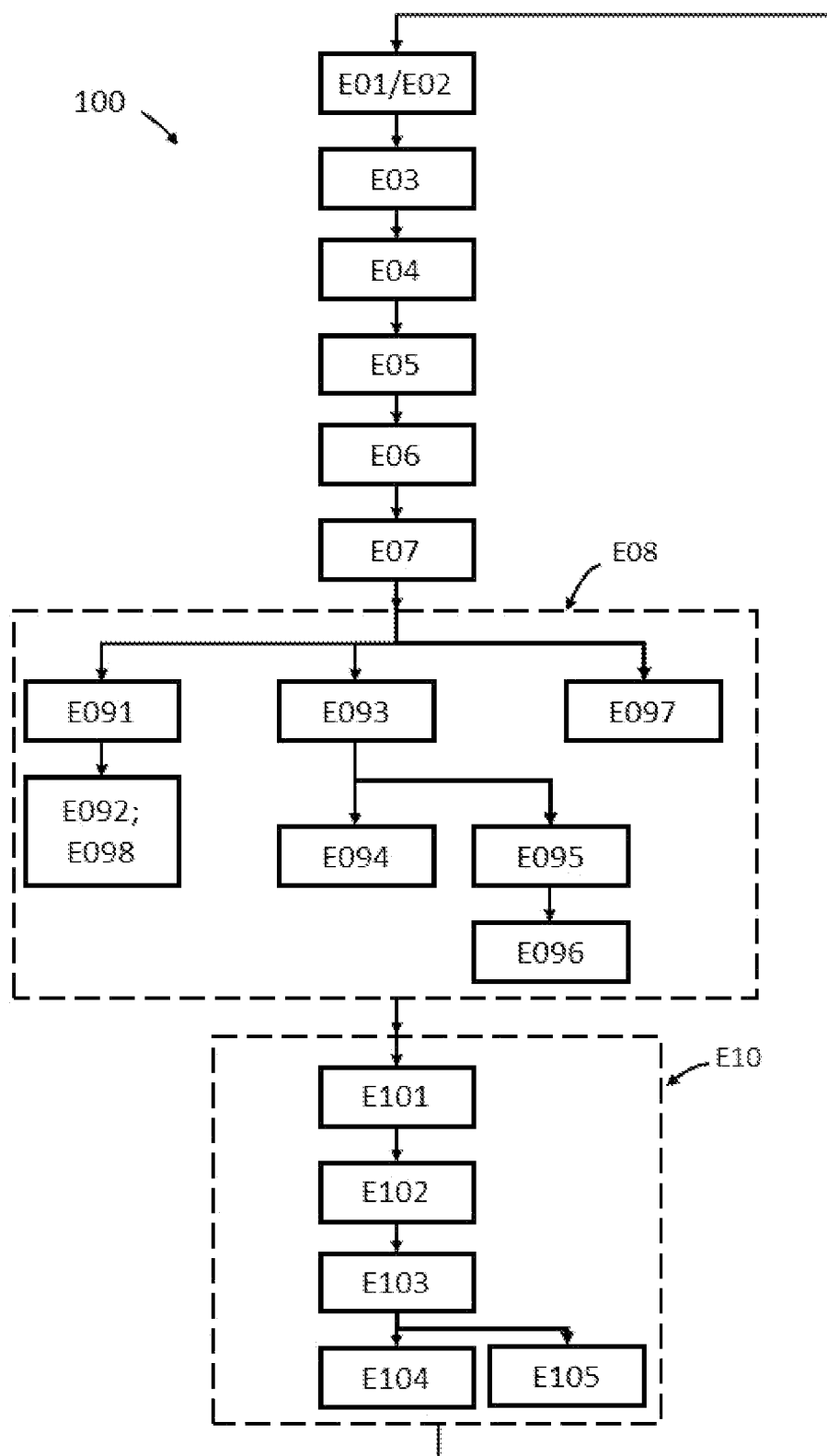
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



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**

NEANT

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

FR 3 002 325 A1 (RENAULT SA [FR])
22 août 2014 (2014-08-22)

US 9 733 311 B2 (GS YUASA INT LTD [JP])
15 août 2017 (2017-08-15)

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

NEANT