

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 981 520

21 N° d'enregistrement national : 11 59248

51 Int Cl⁸ : H 02 J 7/00 (2013.01)

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.10.11.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.04.13 Bulletin 13/16.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : RENAULT S.A.S — FR.

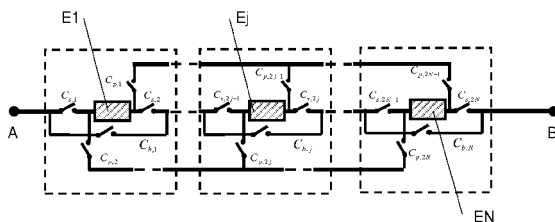
72 Inventeur(s) : GAGNEUR LAURENT, DRIEMEYER-
FRANCO ANA-LUCIA et FORGEZ CHRISTOPHE.

73 Titulaire(s) : RENAULT S.A.S.

74 Mandataire(s) : NOVAIMO.

54 EQUILIBRAGE D'UNE BATTERIE DE STOCKAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE.

57 La gestion d'une batterie de stockage d'énergie élec-
trique réalise un équilibrage des charges électriques par sé-
lection, parmi une pluralité d'éléments de stockage, d'au
moins deux éléments de stockage aux bornes desquels les
tensions électriques sont différentes, par déconnexion hors
du montage en série, des éléments de stockage sélection-
nés, et par connexion électrique entre eux dans un montage
en parallèle de tout ou partie des éléments de stockage dé-
connectés.



FR 2 981 520 - A1



Equilibrage d'une batterie de stockage d'énergie électrique

5 Domaine technique de l'invention

L'invention concerne le domaine de la gestion d'une batterie de stockage d'énergie électrique qui comprend une pluralité d'éléments individuels de stockage d'énergie destinés à être connectés en série.

10

L'invention a pour objet plus particulièrement un procédé de gestion incluant une étape pour équilibrer les charges électriques de ces éléments de stockage, ainsi qu'un dispositif de gestion qui met en œuvre le procédé de gestion et un véhicule automobile comprenant un tel

15 dispositif.

État de la technique

Les batteries utilisées dans les véhicules électriques, par exemple de

20 type Lithium-Ion, sont constituées par un ensemble d'éléments de stockage, par exemple des cellules électrochimiques, qui sont assemblés en série et éventuellement aussi en parallèle pour atteindre les niveaux de tension et de capacité demandés par l'application.

25 Les processus de fabrication existants aujourd'hui ne permettent pas d'avoir des cellules parfaitement identiques, notamment sur des caractéristiques comme leur capacité et leur résistance interne. De plus, ces éléments subissent, pendant la durée de vie du pack batterie, des variations de température différentes dues à leur emplacement dans le

30 pack, ce qui les fait vieillir de façon hétérogène. Lorsque ces éléments

avec des caractéristiques différentes, assemblés en série dans la batterie, sont traversés par un même courant, ils sont en déséquilibre.

5 Des dispositifs de gestion de batterie corrigent ce déséquilibre, pour permettre l'utilisation optimale de l'énergie contenue dans le pack batterie (la plage d'utilisation du pack étant déterminée par la cellule la plus chargée et la cellule la moins chargée). L'équilibrage peut se faire à partir de l'information de l'état de charge des éléments (SOC) ou de leur tension ou de leur tension à vide.

10

Les méthodes d'équilibrage utilisées actuellement sont actives ou passives :

- l'équilibrage passif (ou dissipatif) décharge les cellules les plus chargées dans des éléments dissipatifs (des résistances, par exemple) 15 afin qu'elles aient toutes le même état de charge;
- l'équilibrage actif (ou non-dissipatif) transfère l'énergie des cellules les plus chargées vers les cellules le plus déchargées, afin de converger vers un même état de charge.

20 Des solutions d'équilibrage sont décrites dans les documents US5631534, US20110068744 et WO2004049540 par exemple, mais elles sont complexes et onéreuses avec l'utilisation d'un grand nombre de composants électroniques.

25 Une autre solution d'équilibrage est connue du document EP1869748B1 qui décrit le principe de mettre en parallèle la pluralité de cellules contenues dans chacun des modules de la batterie, puis la mise en parallèle de tous les modules. Cet équilibrage est pratiqué en situation de décharge de la batterie pour faire de l'équilibrage en tension des cellules 30 entre elles, et des modules entre eux. Mais cette solution est peu flexible

car tous les modules et cellules sont équilibrés, et ne permet pas un fonctionnement de la batterie durant l'opération d'équilibrage

Objet de l'invention

5

Le but de la présente invention est de proposer un procédé de gestion d'une batterie qui remédie aux inconvénients listés ci-dessus.

10 Un premier objet est notamment d'être capable d'équilibrer une batterie de façon non-dissipative, c'est-à-dire, par transfert de charge.

Un deuxième objet est de fournir une solution plus simple et à un coût plus faible que les solutions actuelles de la classe « équilibrage non-dissipatif ».

15

Un troisième objet est de fournir une solution flexible permettant le transfert d'énergie entre n'importe quels éléments de la batterie, que la batterie soit en utilisation ou non

20 Un premier aspect de l'invention concerne un procédé de gestion d'une batterie de stockage d'énergie électrique comprenant une pluralité d'éléments de stockage destinés à être connectés électriquement entre eux dans un montage en série, le procédé de gestion comprenant une étape d'équilibrage des charges électriques comportant elle-même :

- 25
- une étape de sélection, parmi la pluralité d'éléments de stockage, d'au moins deux éléments de stockage aux bornes desquels les tensions électriques sont différentes,
 - une étape de déconnexion hors du montage en série, des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection,

- et une étape de connexion électrique entre eux dans un montage en parallèle de tout ou partie des éléments de stockage déconnectés à l'étape de déconnexion.

5 Le nombre d'éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection peut être inférieur au nombre total d'éléments de stockage compris dans la batterie, au moins une partie des éléments de stockage non sélectionnés à l'étape de sélection restant connectés entre eux électriquement en série à l'issue de l'étape de connexion.

10

Les éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection peuvent être situés à des emplacements quelconques au sein du montage en série, adjacents ou non.

15 Dans le cas où au moins deux des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection sont implantés à des emplacements non adjacents au sein du montage en série, les éléments de stockage non sélectionnés implantés dans le montage en série entre lesdits emplacements peuvent être connectés, durant l'étape de connexion, dans le montage en
20 parallèle avec les éléments de stockage sélectionnés.

L'étape de connexion peut comprendre la fermeture de branches de dérivation « bypass » configurées chacune pour shunter au moins l'un des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection au sein du
25 montage en série.

En cas d'utilisation de la batterie, le procédé de gestion peut comprendre une étape de charge et/ou de décharge électrique des éléments de stockage de la batterie connectés en série après l'étape de connexion.

30

L'étape d'équilibrage peut être réalisée en cas d'inutilisation de la batterie sans charge et/ou décharge électrique de tout élément de stockage de la batterie depuis l'extérieur de la batterie.

- 5 L'étape d'équilibrage peut être telle que le nombre d'éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection soit égal au nombre total d'éléments de stockage de la batterie, et que l'ensemble des éléments de stockage de la batterie soient connectés en parallèle entre eux à la suite de l'étape de connexion.

10

La sélection des éléments de stockage à l'étape de sélection peut être fonction de critères de choix tenant compte de la chute admissible de tension à vide de la batterie et/ou d'une dynamique recherchée de l'équilibrage et/ou d'une valeur seuil de l'intensité électrique dans le montage en parallèle.

15

Un deuxième aspect de l'invention concerne un dispositif de gestion d'une batterie de stockage d'énergie électrique comprenant d'une part une pluralité d'éléments de stockage et d'autre part une structure de connexion destinée à connecter électriquement les éléments de stockage entre eux dans un montage en série, comprenant en outre des moyens logiciels et/ou matériels qui mettent en œuvre un tel procédé de gestion.

20

La structure de connexion peut comprendre des liaisons électriques entre les éléments de stockage et des éléments de commutation aménagés sur les liaisons électriques, les liaisons électriques et les éléments de commutation pouvant être pilotés de sorte que la structure de connexion peut varier entre au moins un premier état dans lequel toute ou partie des éléments de stockage sont connectés électriquement entre eux dans un montage en série et au moins un deuxième état dans lequel tout ou

30

partie des éléments de stockage sont connectés électriquement entre eux dans un montage en parallèle.

5 Il peut comprendre une unité de commande générant des ordres d'actionnement pilotant les éléments de commutation de sorte à varier la structure de connexion d'un état à l'autre d'une manière réalisant l'étape d'équilibrage.

10 Les éléments de commutation peuvent être des transistors à effet de champ à grille isolée « MOSFET ».

15 Chaque élément de stockage de la batterie peut être constitué par une supercapacité ou une cellule unitaire électrochimique ou un organe ayant au moins deux telles cellules connectées électriquement en parallèle ou un module comprenant au moins deux tels organes connectés électriquement en série entre eux ou un ensemble comprenant au moins deux tels modules connectés électriquement en série entre eux.

20 Un troisième aspect de l'invention concerne un véhicule automobile comprenant un tel dispositif de gestion pour contrôler la batterie de stockage d'énergie électrique alimentant une chaîne de traction électrique du véhicule et/ou des organes auxiliaires électriques embarqués à bord du véhicule.

25 **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés sur les
30 dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement une partie d'un premier mode de réalisation de dispositif de gestion,
- les figures 2 à 4 illustrent les éléments de la figure 1, respectivement dans un premier, un deuxième et un troisième modes d'équilibrage,
- 5 - la figure 5 représente schématiquement une partie d'un deuxième mode de réalisation de dispositif de gestion,
- les figures 6 et 7 expliquent le principe de l'équilibrage appliqué à deux cellules électrochimiques,
- 10 - les figures 8 et 9 expliquent le principe de l'équilibrage appliqué à N paires de cellules connectées en série, par leur mise en parallèle,
- et les figures 10 et 11 expliquent le principe de l'équilibrage appliqué à N modules en série (comprenant chacun deux telles paires en série), par leur mise en parallèle.
- 15

Description de modes préférentiels de l'invention

Un dispositif de gestion est partiellement illustré sur les figures 1 à 5 et configuré pour le contrôle d'une batterie de stockage d'énergie électrique de bornes A et B comprenant d'une part une pluralité d'éléments de stockage $E_1, \dots, E_J, \dots, E_N$ et d'autre part une structure de connexion destinée à connecter normalement tout ou partie de ces éléments de stockage entre eux selon au moins un montage électriquement en série.

20

25 Par ailleurs, le dispositif de gestion comprend des moyens logiciels et/ou matériels qui mettent en œuvre un procédé de gestion qui sera détaillé plus loin.

Notamment, chaque élément de stockage de la batterie est constitué dans la suite de la description par soit une supercapacité, soit une cellule unitaire électrochimique (figures 6 et 7), soit un organe à au moins une

30

paire de telles cellules (figures 8 et 9) montées en parallèle électriquement (chaque paire étant appelée couramment « bicell »), soit un module comprenant au moins deux tels organes montés en série électriquement entre eux, soit encore un ensemble comprenant au moins
5 deux tels modules montés électriquement en série ou en parallèle entre eux.

La structure de connexion comprend d'une part des liaisons électriques entre les éléments de stockage et d'autre part des éléments de
10 commutation (détaillés plus loin) aménagés le long des liaisons électriques pour commander respectivement l'ouverture ou la fermeture de la liaison. Les liaisons électriques sont configurées et les éléments de commutation pouvant être pilotés de sorte que la structure de connexion peut varier entre au moins un premier état dans lequel toute ou partie des
15 éléments de stockage sont connectés électriquement entre eux dans un montage en série et au moins un deuxième état dans lequel tout ou partie des éléments de stockage sont connectés électriquement entre eux dans un montage en parallèle. De manière générale, dans chacun des états, le nombre d'éléments en série dans le montage en série peut
20 être variable et ajustable et le nombre d'éléments assemblés en parallèle dans le montage en parallèle peut également être variable et ajustable. En cas de deuxième état, la structure de connexion permet éventuellement que toute ou partie des éventuels éléments de stockage n'appartenant pas au montage en parallèle soient dans le même temps
25 montés en série entre eux.

Dans un mode de réalisation simple, la structure de connexion comprend notamment une branche principale formée de liaisons électriques directes reliant chacune deux à deux les éléments de stockage pour
30 constituer le montage série. Elle comprend également une première et une deuxième branches de déviation agencées chacune le long du

montage série, et auxquelles chacune des liaisons électriques directes est raccordée une fois par l'intermédiaire d'une liaison électrique de raccordement associée. En référence à la figure 5, il est également possible de prévoir une branche de dérivation configurée chacune pour shunter à souhait au moins l'un des éléments de stockage du montage série.

Pour la mise en œuvre du procédé de gestion, le dispositif de gestion comprend une unité de commande générant des ordres d'actionnement pilotant les éléments de commutation de sorte à varier la structure de connexion d'un état à l'autre d'une manière réalisant une étape d'équilibrage des charges électriques de tout ou partie des éléments de stockage, les éléments mis en œuvre par l'opération d'équilibrage étant sélectionnables parmi l'ensemble des éléments que comprend la batterie.

Avantageusement, les éléments de commutation sont des transistors à effet de champ à grille isolée plus couramment nommés « MOSFET » en terminologie anglo-saxonne pour « Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor ». Cette variante présente l'avantage d'être commandés en tension pour contrôler le courant dans le circuit. Toutefois les éléments de commutation peuvent être de toute autre nature, telle que relais ou autres.

Selon une caractéristique essentielle, le dispositif de gestion met donc en œuvre un procédé de gestion de la batterie de stockage d'énergie électrique comprenant en particulier une étape d'équilibrage des charges électriques, cette dernière étape comportant les étapes suivantes non forcément successives :

- une étape de sélection, parmi la pluralité d'éléments de stockage, d'au moins deux éléments de stockage aux bornes desquels les tensions électriques sont différentes,

- une étape de déconnexion hors du montage en série, au moins des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection,
- et une étape de connexion électrique entre eux dans un montage en parallèle de tout ou partie des éléments de stockage déconnectés à l'étape de déconnexion.

Il convient de noter que le nombre d'éléments retirés à l'étape de déconnexion peut être supérieur au nombre d'éléments sélectionnés à l'étape de sélection (voir les figures 2 et 3 qui illustrent que deux éléments peuvent être sélectionnés tandis que trois éléments peuvent être déconnectés car sur ces figures l'élément du milieu est déconnecté à l'étape de déconnexion bien qu'il n'ait pas forcément été sélectionné).

De plus, tous les éléments déconnectés hors du montage série à l'étape de déconnexion ne sont pas forcément connectés en parallèle à l'étape de connexion. La figure 3 explique cette situation où il est possible de prévoir que seuls deux éléments de stockage soient mis en parallèle à l'étape de connexion même dans le cas où on en déconnecte trois du montage série à l'étape de déconnexion.

L'avantage de ce procédé est d'utiliser un transfert de charge basée sur une propriété physique des systèmes électriques, à savoir le fait que des éléments connectés en parallèle présentent la même tension électrique. Ainsi, la structure de connexion rendant possible de séparer les éléments de stockage en série de la batterie et de les mettre en parallèle, leur tension à vide est équilibrée de façon naturelle et par conséquent, les différences d'état de charge sont compensées.

Selon un mode de réalisation particulier mais non obligatoire, le nombre d'éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection est inférieur au nombre total d'éléments de stockage compris dans la batterie de sorte

qu'au moins une partie des éléments de stockage non sélectionnés à l'étape de sélection restent connectés électriquement entre eux en série à l'issue de l'étape de connexion. Cette possibilité est montrée par exemple sur les figures 2 et 3 où seuls deux éléments de stockage sont
5 sélectionnés tandis que la batterie en contient au moins trois.

D'autre part, les éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection peuvent avantageusement être situés à des emplacements quelconques au sein du montage en série, qu'ils soient adjacents (figure 2) ou non
10 (figure 3).

Dans le cas particulier où au moins deux des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection sont implantés à des emplacements non adjacents au sein du montage en série, les éléments de stockage non adjacents au sein du montage en série, les éléments de stockage
15 non sélectionnés et pourtant implantés dans le montage en série entre lesdits emplacements peuvent être connectés, durant l'étape de connexion, dans le montage en parallèle avec les éléments de stockage sélectionnés. C'est ce qu'illustre la figure 4 où l'élément central est connecté en parallèle avec les deux éléments latéraux bien que l'élément
20 central n'ait pas été sélectionné.

L'avantage principal de la structure de connexion mise en œuvre en figure 5 est de permettre que l'étape de connexion comprenne la fermeture de branches de dérivation « bypass » configurées chacune
25 pour shunter au moins l'un des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection au sein du montage en série. Dans ce cas, les éléments de stockage non sélectionnés et pourtant implantés dans le montage en série entre les emplacements non adjacents d'éléments sélectionnés peuvent être connectés, durant l'étape de connexion, dans
30 le montage en série avec tous les éléments de stockage non sélectionnés.

Avec d'une part la possibilité que l'étape de connexion soit telle que des éléments subsistent en série et d'autre part l'éventualité que des branches de dérivation soient fermées pour shunter les éléments montés en parallèle, en cas d'utilisation de la batterie, le procédé de gestion comprend potentiellement une étape de charge et/ou de décharge électrique des éléments de stockage de la batterie connectés en série après l'étape de connexion.

10 Avantageusement, l'étape d'équilibrage peut aussi être réalisée en cas d'inutilisation de la batterie sans charge et/ou décharge électrique de tout élément de stockage de la batterie depuis l'extérieur de la batterie, c'est-à-dire sans aucun échange d'énergie avec un système extérieur comme un chargeur ou un moteur, le processus d'équilibrage entraînant des échanges d'énergie au sein de la batterie. Dans cette variante, l'étape d'équilibrage sera alors avantageusement telle que le nombre d'éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection est égal au nombre total d'éléments de stockage de la batterie, et que l'ensemble des éléments de stockage de la batterie sont connectés en parallèle entre eux à la suite de l'étape de connexion.

La sélection des éléments de stockage à l'étape de sélection est fonction de critères de choix tenant compte par exemple :

- de la chute admissible de tension à vide de la batterie,
- 25 - et/ou d'une dynamique recherchée de l'équilibrage,
- et/ou d'une valeur seuil de l'intensité électrique dans le montage en parallèle.

Dans le deuxième cas, il est notamment possible d'associer en parallèle les éléments présentant la tension la plus faible avec les éléments présentant la tension la plus élevée.

Dans le troisième cas, le choix des éléments devra tenir compte d'une valeur maximale de l'écart en tension à équilibrer au sein du montage.

- 5 Une application particulière mais non exclusive consiste à aménager un tel dispositif de gestion à bord d'un véhicule automobile pour contrôler la batterie de stockage d'énergie électrique alimentant une chaîne de traction électrique du véhicule et/ou des organes auxiliaires électriques embarqués à bord du véhicule. Toutefois l'invention peut être appliquée à
 10 tout système de batterie qui est composé par au moins deux cellules électrochimiques en série, comme les batteries d'ordinateur portable par exemple, ou bien encore à l'équilibrage de supercapacités.

L'invention, qui permet la commutation entre l'association série et une ou
 15 plusieurs associations en parallèle des éléments à équilibrer, sera mieux comprise des exemples ci-dessous. La commutation est faite selon le schéma de fonctionnement montré par exemple en Figure 1. Les éléments de commutation positionnés sur les liaisons électriques directes entre chaque élément en série permettent de défaire l'assemblage en
 20 série du pack batterie lorsqu'il n'est pas en utilisation par exemple (c'est-à-dire, lorsqu'il est au repos). Ensuite les éléments de commutation $C_{p,1}, C_{p,2}, C_{p,2j-1}, C_{p,2j}, C_{p,2N-1}$ et $C_{p,2N}$ qui équipent les liaisons électriques de raccordement aux deux branches de déviation sont fermés, pour la mise en parallèle des éléments choisis. Bien sûr, la mise en parallèle des
 25 éléments à tensions différentes engendrant un appel de courant, il est intéressant d'utiliser des « mosfet » commandés en tension pour contrôler le courant dans le circuit. De plus, il faut noter qu'un élément présente un effet capacitif qui a tendance à limiter les appels de courant. La batterie au repos peut rester sur cette configuration en parallèle, ce
 30 qui permettra, à l'utilisation suivante, de retrouver tous les éléments en équilibre. Avant cette utilisation, les éléments sont remis en série en

ouvrant les éléments de commutation $C_{p,1}, C_{p,2}, C_{p,2j-1}, C_{p,2j}, C_{p,2N-1}$ et $C_{p,2N}$ et en fermant les éléments de commutation $C_{s,1}, C_{s,j}$ et $C_{s,N}$.

Une variante d'utilisation consiste à réaliser l'opération d'équilibrage pendant l'utilisation de la batterie (c'est-à-dire, en roulage ou en charge). Suivant la chute de tension acceptable pour le fonctionnement de la chaîne de traction et des auxiliaires, un nombre calculé d'éléments de stockage sont sélectionnés puis retirés du montage en série, puis sont mis en parallèle pour réaliser leur équilibrage. La batterie continue à fournir de l'énergie à la chaîne de traction par le biais des éléments de stockage encore connectés en série. Le retrait des éléments qui doivent être équilibrés depuis le montage en série est obtenu en ouvrant les éléments de commutation $C_{s,j}$. Leur mise en parallèle résulte ensuite de la fermeture des éléments de commutation $C_{p,2j-1}, C_{p,2j}$. Ceci est illustré par la figure 2 pour la mise en parallèle des éléments j et $j+1$. Il est à noter que, si deux éléments de stockage situés à des emplacements non adjacents doivent être mis en parallèle (par exemple les éléments j et $j+2$), alors tous les éléments situés entre les éléments à mettre en parallèle ne fournissent plus d'énergie (dans cet exemple l'élément $j+1$) dans le cas où ces éléments ne sont pas également connectés en série ou en parallèle, ce qui est le cas dans la figure 3. Il peut alors être intéressant de mettre en parallèle tous les éléments situés entre les éléments extrêmes, comme illustré par exemple à la figure 4 où l'élément central est connecté en parallèle. Mais cette dernière variante présente des limitations car si les deux éléments énergétiquement les plus intéressants à équilibrer sont situés à proximité des extrémités opposées du montage série, elle devient inexploitable puisque la chute de tension engendrée ne serait pas acceptable pour le bon fonctionnement de la chaîne de traction et des auxiliaires.

La structure de connexion représentée en figure 5 a pour objectif de répondre à cette problématique, en rendant possible d'équilibrer deux éléments quelconques pendant l'utilisation de la batterie (c'est-à-dire, en roulage ou en charge). Pour cela, il est nécessaire de retirer les éléments qui doivent être équilibrés du montage en série, tout en conservant l'intégrité du montage série pour les autres éléments. Ceci peut être fait par l'aménagement des branches de dérivation shuntant chacune à souhait un ou plusieurs éléments de stockage au sein du montage série, chacune de ses branches portant un élément de commutation $C_{b,j}$. Le retrait d'un élément J est fait par l'ouverture des éléments de commutation $C_{s,2j-1}, C_{s,2j}$ et la fermeture des éléments de commutation $C_{b,j}$. Suivant la chute de tension acceptable pour le fonctionnement de la chaîne de traction et des auxiliaires, un nombre calculé d'éléments de stockage sont ainsi sélectionnés puis retirés, puis ne fournissant plus d'énergie, sont commutés en parallèle pour réaliser leur équilibrage d'une manière précédemment décrite. Par contre le reste de la batterie est toujours en fonctionnement et donc l'état de charge des différents éléments de stockage évolue.

Afin de réduire le nombre de commutateurs nécessaires, il est possible de prévoir que chaque élément de stockage puisse comporter en série au moins une cellule électrochimique, ou bicell, ou modules, ou ensemble de modules, en série. Néanmoins cette solution présente le désavantage de ne pas corriger les déséquilibres internes aux branches au moment de leur mise en parallèle.

Le principe d'équilibrage est présenté en application à deux éléments de stockage chacun constitué par une cellule électrochimique (figures 6 et 7). Dans un pack batterie simplifié composé de ces deux cellules électrochimiques de même technologie, celles-ci sont normalement en

série (figure 6). Chaque cellule est unique de par sa conception. Le processus de fabrication des cellules ne permet pas l'obtention de cellules complètement identiques. La capacité notamment peut différer. Ainsi deux cellules en série qui sont donc traversées par le même courant peuvent voir leur état de charge évoluer différemment. Les tensions à vide des cellules représentées par OCV1 et OCV2 dépendent de l'état de charge de la cellule. Ainsi, ayant des états de charges différents les tensions U_1 et U_2 seront différentes. Une fois que le pack batterie n'est pas en utilisation, il est possible de changer le mode de connexion entre les cellules, et passer de la connexion en série à une connexion en parallèle (figure 7). Cela est fait par la structure de connexion adéquate décrite dans ce document. La mise en parallèle de ces cellules s'accompagne d'une égalité de tension électrique qui engendre la circulation d'un courant de la cellule la plus chargée vers la cellule qui l'est moins. La figure 7 illustre le cas où la cellule 1 est la plus chargée. Ainsi le courant i_{eq} va charger la cellule 2. Son état de charge augmentant, OCV2 augmente aussi et i_{eq} diminue et ce jusqu'à ce que les cellules soient équilibrées en tension et donc approximativement en état de charge.

20

Pour augmenter la capacité disponible, un pack batterie destiné à être utilisé à bord d'un véhicule électrique comprend souvent un assemblage en série de cellules assemblées entre elles en parallèle (voir figure 8). Lorsque deux cellules sont assemblées en parallèle, cela s'appelle un bicell. Il peut toutefois s'agir de la mise en parallèle d'un nombre variable de bicells, ou des modules etc. En considérant N bicells en série (voir figure 8), la structure de chaque bicell impose que les cellules 1 et 2 ainsi que $2J-1$ et $2J$ et $2N-1$ et $2N$ sont toujours équilibrées en tension. Pour les mêmes raisons que précédemment les différents bicells en série peuvent être à des états de charge et à des tensions U_{b1} et U_{bJ} et U_{bN} différente. La mise en parallèle obtenue par la structure de connexion

30

impose une égalité de tension qui engendre la circulation d'un courant, qui égalise les états des charges et par conséquent les tensions des cellules (voir figure 9).

5 De manière tout à fait analogue, il est possible d'étendre le principe à l'équilibrage de N modules à l'intérieur de chacun desquels au moins deux cellules connectées en parallèle sont connectées en série avec au moins encore deux autres cellules connectées en parallèle. L'assemblage en série des modules du pack est présenté en figure 10 et
10 leur mise en parallèle et équilibrage, selon l'invention, en figure 11. Il convient de noter que la tension du module est égale à la somme des tensions des bicells. L'égalité de la tension aux bornes de toutes les cellules n'est pas assurée, mais seulement aux bornes des modules en parallèle. Un déséquilibre en état de charge au sein du module n'est
15 donc pas corrigé puisque les paires de cellules du module sont traversées par le même courant.

La solution précédemment décrite permet d'avoir des circuits d'équilibrage avec peu de composants. En plus d'un faible coût, cela
20 permet de s'affranchir d'une chaîne de transport d'énergie et donc des pertes des rendements de conversion qui lui sont associés. Accessoirement, elle permet de se passer d'une mesure précise de la tension des cellules, donc les capteurs de tension peuvent être remplacés par de capteurs moins performants mais moins onéreux.

25

L'invention présente les avantages suivants :

- il s'agit d'un équilibrage non dissipatif, qui réoriente l'énergie au sein même de la batterie, des éléments les plus chargés à ceux les moins chargés,
- 30 - elle ne nécessite que l'électronique nécessaire à piloter les éléments de commutation, ce qui permet de réduire les pertes,

- elle permet l'équilibrage même en cas d'inutilisation de la batterie,
- et le stockage de la batterie pendant des longues périodes en configuration d'équilibrage permet aussi de combattre les effets de déséquilibre causés par l'autodécharge des éléments de stockage.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de gestion d'une batterie de stockage d'énergie électrique
5 comprenant une pluralité d'éléments de stockage destinés à être
connectés électriquement entre eux dans un montage en série, le
procédé de gestion comprenant une étape d'équilibrage des charges
électriques comportant elle-même :
- une étape de sélection, parmi la pluralité d'éléments de stockage,
10 d'au moins deux éléments de stockage aux bornes desquels les tensions
électriques sont différentes,
 - une étape de déconnexion hors du montage en série, des
éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection,
 - et une étape de connexion électrique entre eux dans un montage
15 en parallèle de tout ou partie des éléments de stockage déconnectés à
l'étape de déconnexion.
2. Procédé de gestion selon la revendication 1, caractérisé en ce que
le nombre d'éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection est
inférieur au nombre total d'éléments de stockage compris dans la
20 batterie, au moins une partie des éléments de stockage non sélectionnés
à l'étape de sélection restant connectés entre eux électriquement en
série à l'issue de l'étape de connexion.
3. Procédé de gestion selon la revendication 2, caractérisé en ce que
les éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection sont situés
25 à des emplacements quelconques au sein du montage en série,
adjacents ou non.

4. Procédé de gestion selon la revendication 3, caractérisé en ce que dans le cas où au moins deux des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection sont implantés à des emplacements non adjacents au sein du montage en série, les éléments de stockage non sélectionnés
- 5 implantés dans le montage en série entre lesdits emplacements sont connectés, durant l'étape de connexion, dans le montage en parallèle avec les éléments de stockage sélectionnés.
5. Procédé de gestion selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape de connexion comprend la fermeture de branches de dérivation
- 10 « bypass » configurées chacune pour shunter au moins l'un des éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection au sein du montage en série.
6. Procédé de gestion selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'en cas d'utilisation de la batterie, le procédé de
- 15 gestion comprend une étape de charge et/ou de décharge électrique des éléments de stockage de la batterie connectés en série après l'étape de connexion.
7. Procédé de gestion selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'étape d'équilibrage est réalisée en cas
- 20 d'inutilisation de la batterie sans charge et/ou décharge électrique de tout élément de stockage de la batterie depuis l'extérieur de la batterie.
8. Procédé de gestion selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'étape d'équilibrage est telle que le nombre d'éléments de stockage sélectionnés à l'étape de sélection est égal au nombre total d'éléments
- 25 de stockage de la batterie, et que l'ensemble des éléments de stockage

de la batterie sont connectés en parallèle entre eux à la suite de l'étape de connexion.

9. Procédé de gestion selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la sélection des éléments de stockage à l'étape de
5 sélection est fonction de critères de choix tenant compte de la chute admissible de tension à vide de la batterie et/ou d'une dynamique recherchée de l'équilibrage et/ou d'une valeur seuil de l'intensité électrique dans le montage en parallèle.

10. Dispositif de gestion d'une batterie de stockage d'énergie
10 électrique comprenant d'une part une pluralité d'éléments de stockage et d'autre part une structure de connexion destinée à connecter électriquement les éléments de stockage entre eux dans un montage en série, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens logiciels et/ou matériels qui mettent en œuvre un procédé de gestion selon l'une
15 quelconque des revendications 1 à 9.

11. Dispositif de gestion selon la revendication 10, caractérisé en ce que la structure de connexion comprend des liaisons électriques entre les éléments de stockage et des éléments de commutation aménagés sur les liaisons électriques, les liaisons électriques et les éléments de
20 commutation pouvant être pilotés de sorte que la structure de connexion peut varier entre au moins un premier état dans lequel toute ou partie des éléments de stockage sont connectés électriquement entre eux dans un montage en série et au moins un deuxième état dans lequel tout ou partie des éléments de stockage sont connectés électriquement entre
25 eux dans un montage en parallèle.

12. Dispositif de gestion selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comprend une unité de commande générant des ordres d'actionnement pilotant les éléments de commutation de sorte à varier la structure de connexion d'un état à l'autre d'une manière réalisant l'étape d'équilibrage.

13. Dispositif de gestion selon l'une des revendications 11 et 12, caractérisé en ce que les éléments de commutation sont des transistors à effet de champ à grille isolée « MOSFET ».

14. Dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que chaque élément de stockage de la batterie est constitué par une supercapacité ou une cellule unitaire électrochimique ou un organe ayant au moins deux telles cellules connectées électriquement en parallèle ou un module comprenant au moins deux tels organes connectés électriquement en série entre eux ou un ensemble comprenant au moins deux tels modules connectés électriquement en série entre eux.

15. Véhicule automobile comprenant un dispositif de gestion selon l'une quelconque des revendications 10 à 14 pour contrôler la batterie de stockage d'énergie électrique alimentant une chaîne de traction électrique du véhicule et/ou des organes auxiliaires électriques embarqués à bord du véhicule.

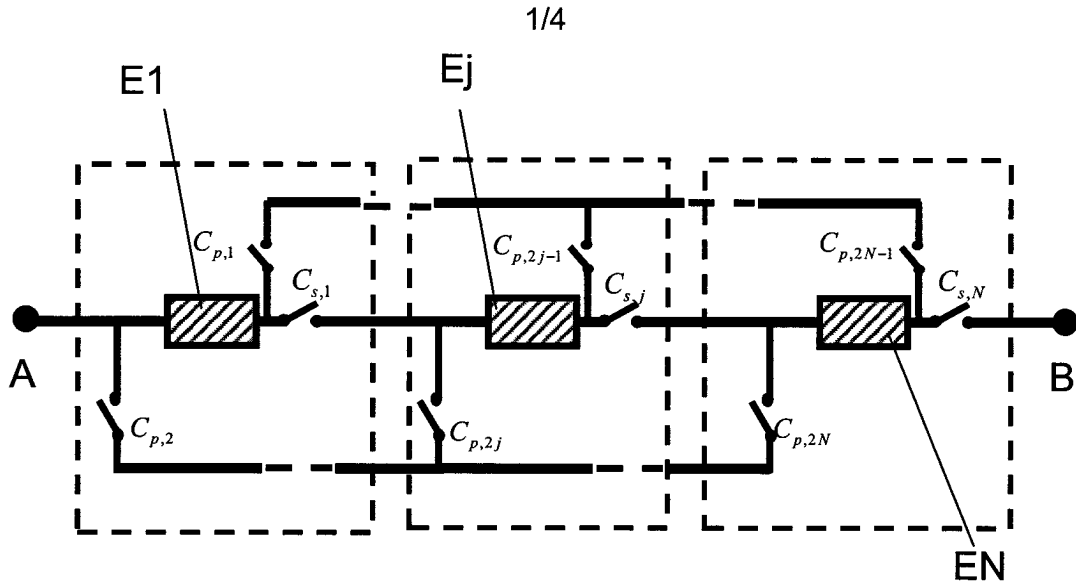


Figure 1

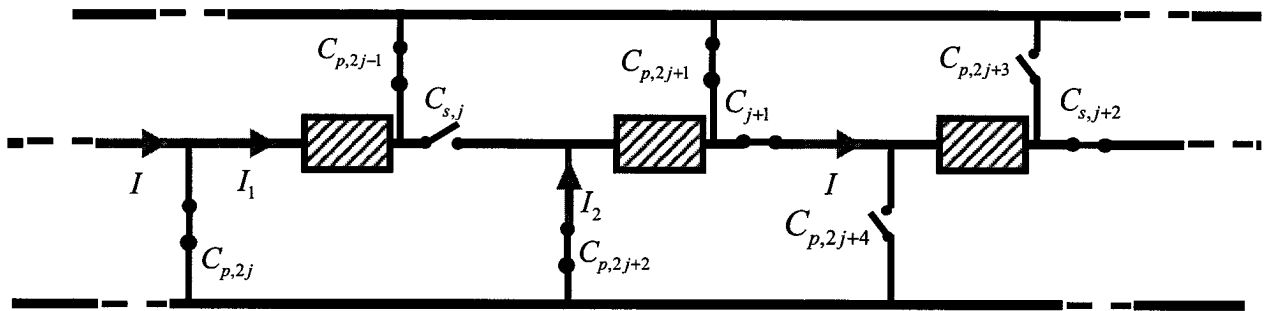


Figure 2

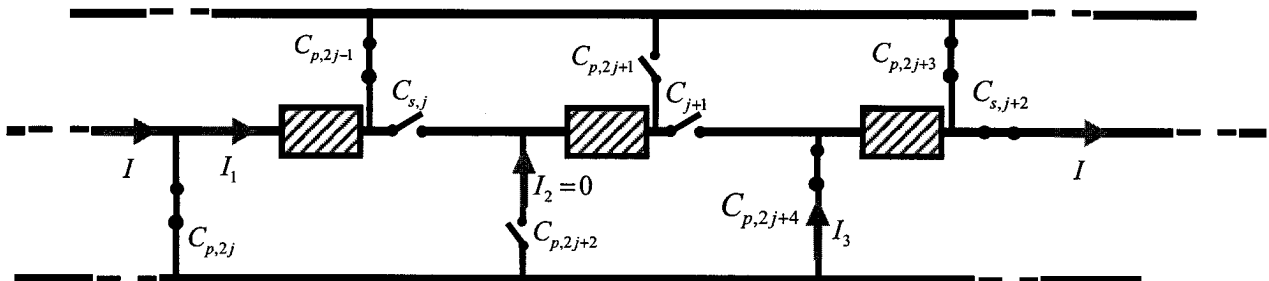


Figure 3

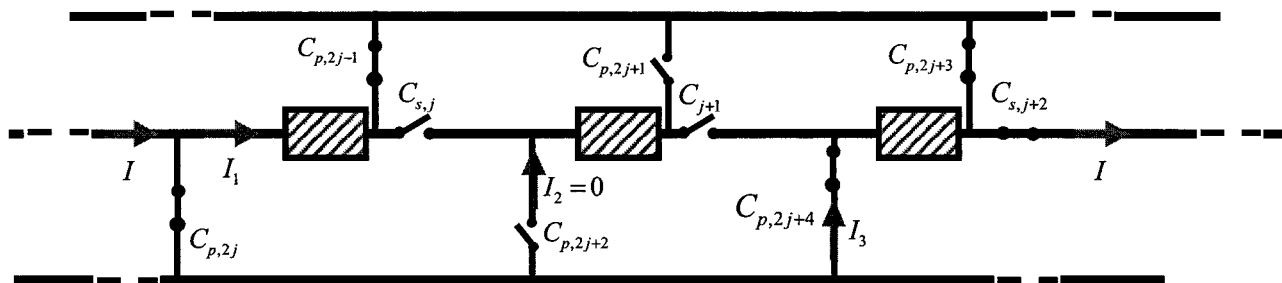


Figure 4

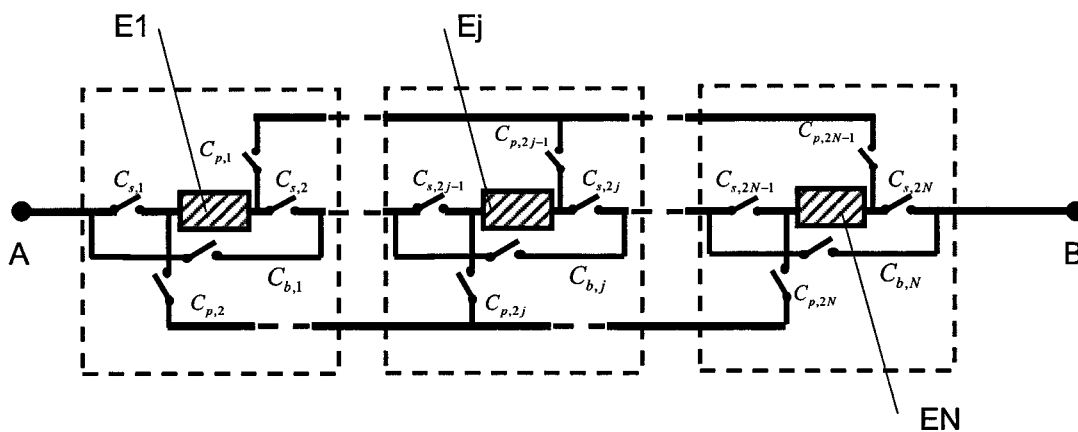


Figure 5

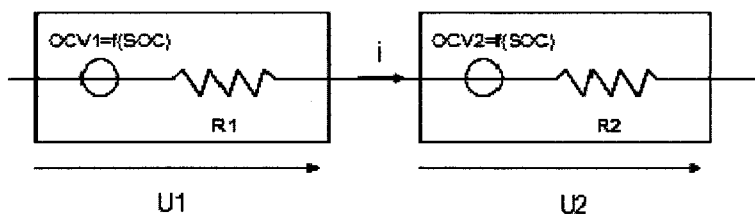


Figure 6

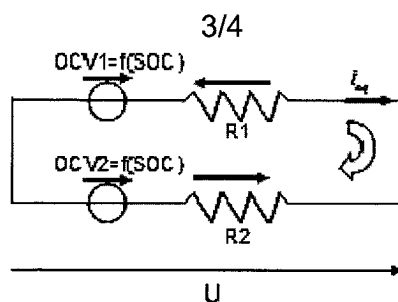


Figure 7

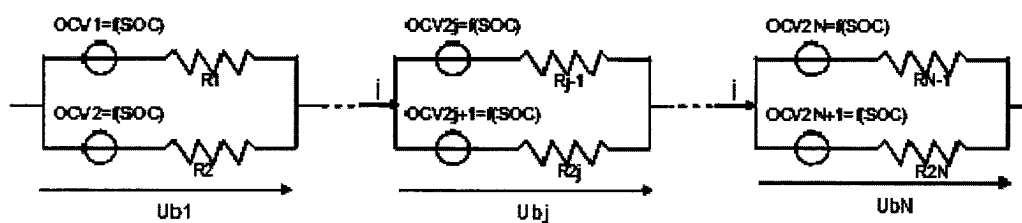


Figure 8

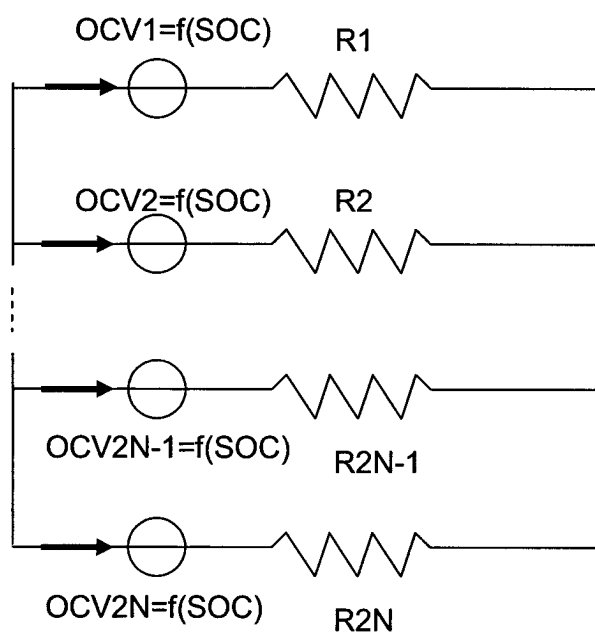


Figure 9

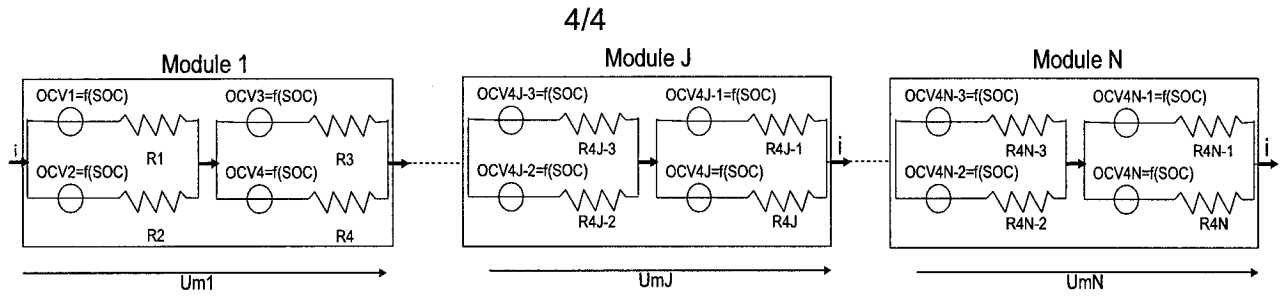


Figure 10

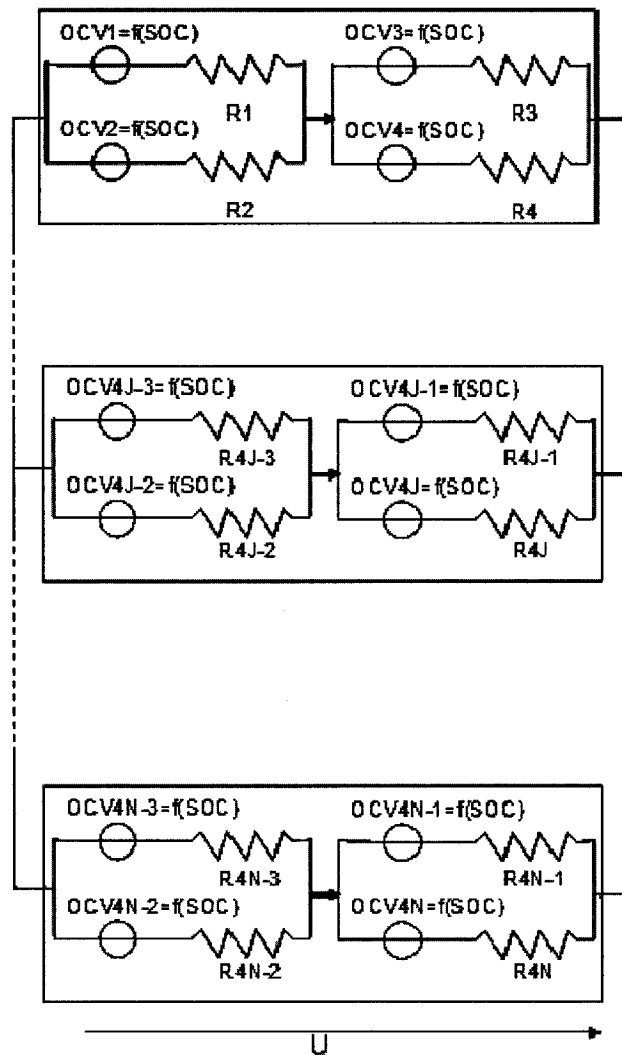


Figure 11



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 759242
FR 1159248

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI | |
|---|---|--|---|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | | |
| X | FR 2 947 112 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 24 décembre 2010 (2010-12-24) | 1,8 | H02J7/00 | |
| Y | * figures 1-5,9 * * le document en entier * | 2-7,9-15 | | |
| X | WO 2006/112512 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; ESAKA TOSHINORI [JP]; OKABE NOBUYUKI [JP]; K) 26 octobre 2006 (2006-10-26) | 1,8 | | |
| Y | * alinéa [0012]; figure 2 * | 2-7,9-15 | | |
| X | EP 1 300 933 A2 (JEOL LTD [JP]; OKAMURA LAB INC [JP]; POWERSYSTEMS KK [JP] ADVANCED CAP) 9 avril 2003 (2003-04-09) | 1,8 | | |
| Y | * figures 3,6 * | 2-7,9-15 | | |
| X | US 6 034 506 A (HALL JOHN C [US]) 7 mars 2000 (2000-03-07) | 1,8 | | |
| Y | * colonne 3, ligne 3 - ligne 12; figure 3 * | 2-7,9-15 | | |
| X | US 2011/001456 A1 (WANG SHUN-HSING [TW]) 6 janvier 2011 (2011-01-06) | 1,8 | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) |
| Y | * alinéa [0011]; figures 2,3 * | 2-7,9-15 | | H02J |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | | |
| 10 mai 2012 | | Ramcke, Ties | | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | T : théorie ou principe à la base de l'invention | | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | | E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure | | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un | | à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date | | |
| autre document de la même catégorie | | de dépôt ou qu'à une date postérieure. | | |
| A : arrière-plan technologique | | D : cité dans la demande | | |
| O : divulgation non-écrite | | L : cité pour d'autres raisons | | |
| P : document intercalaire | | & : membre de la même famille, document correspondant | | |

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1159248 FA 759242**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-05-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|----|------------------------|---|------------------------|
| FR 2947112 | A1 | 24-12-2010 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| WO 2006112512 | A1 | 26-10-2006 | CN 101091299 A | 19-12-2007 |
| | | | EP 1869748 A1 | 26-12-2007 |
| | | | JP 4622645 B2 | 02-02-2011 |
| | | | JP 2006304394 A | 02-11-2006 |
| | | | US 2008072859 A1 | 27-03-2008 |
| | | | WO 2006112512 A1 | 26-10-2006 |
| ----- | | | | |
| EP 1300933 | A2 | 09-04-2003 | CN 1409457 A | 09-04-2003 |
| | | | EP 1300933 A2 | 09-04-2003 |
| | | | JP 2003111286 A | 11-04-2003 |
| | | | US 2003128013 A1 | 10-07-2003 |
| ----- | | | | |
| US 6034506 | A | 07-03-2000 | AUCUN | |
| ----- | | | | |
| US 2011001456 | A1 | 06-01-2011 | TW 201103220 A | 16-01-2011 |
| | | | US 2011001456 A1 | 06-01-2011 |
| ----- | | | | |