

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11) N° de publication : 2 927 200  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : 08 50761

51) Int Cl<sup>8</sup> : H 02 J 7/00 (2006.01)

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 06.02.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.08.09 Bulletin 09/32.

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) : VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions simplifiée — FR.

72) Inventeur(s) : DOFFIN HUGUES et DESSIRIER BRUNO.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) :

54) DISPOSITIF DE STOCKAGE D'ENERGIE, NOTAMMENT POUR VEHICULE AUTOMOBILE.

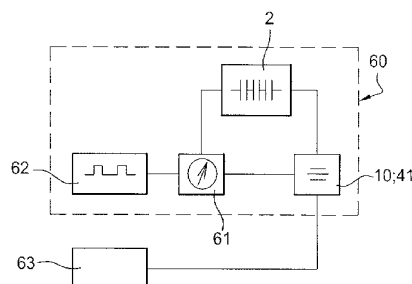
57) L'invention concerne un dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant:

- un ensemble (2) de cellules de stockage d'énergie connectées en série,

- un circuit d'équilibrage agencé pour permettre un équilibrage des cellules lors d'une décharge de celles-ci, en faisant circuler un ou plusieurs courants d'équilibrage dans une ou plusieurs cellules de l'ensemble (2),

- optionnellement un système de diagnostic (61) agencé pour permettre de délivrer au moins une information associée à l'une au moins des cellules de l'ensemble,

le circuit d'équilibrage (10; 41) étant agencé pour contrôler le ou les courants d'équilibrage au moins en fonction d'une information externe indépendante de l'ensemble des cellules de stockage d'énergie et/ ou d'une information associée à l'une au moins des cellules, délivrée par le système de diagnostic optionnel.



FR 2 927 200 - A1



Dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile

5

L'invention concerne un dispositif de stockage d'énergie comportant un ensemble de cellules de stockage d'énergie disposées en série.

L'invention s'applique notamment au domaine des véhicules automobiles, le dispositif de stockage d'énergie étant par exemple agencé pour être chargé  
10 lors d'une phase de freinage récupératif et déchargé lors de phases de démarrage et d'accélération du véhicule.

D'une manière générale, pour une chaîne de cellules de stockage d'énergie connectées en série, ces cellules comportant par exemple chacune un super- condensateur, des différences de tension de charge peuvent  
15 apparaître entre les cellules du fait :

- de différences entre les valeurs de capacité inhérentes à la fabrication des cellules,
- de l'existence de courants de fuite d'intensités différentes.

La persistance de ces écarts dans le temps peut provoquer le  
20 vieillissement accéléré, voire la destruction, des cellules qui supportent des tensions de charge les plus élevées.

Différentes méthodes sont proposées pour corriger ces déséquilibres.

On connaît par exemple par la demande de brevet US 2003/0214267 un système de stockage d'énergie comportant une chaîne de cellules, par  
25 exemple capacitives, assemblées en série. Ce système comprend, pour chaque cellule, un circuit d'équilibrage pour équilibrer les courants de fuite associés aux cellules. Ce circuit d'équilibrage est formé par une résistance et une diode. Cette demande US 2003/0214267 décrit également un circuit d'équilibrage incorporant un amplificateur opérationnel.

30 On connaît par ailleurs par le brevet US 5 659 237 un dispositif pour équilibrer la charge au sein d'une chaîne de cellules de stockage d'énergie

connectées en série. Ce dispositif comprend un transformateur de type flyback permettant, à chaque cycle de commutation d'un transistor MOSFET, de transférer une certaine quantité d'énergie aux cellules de la chaîne qui présentent les plus basses tensions. Ce dispositif prélève l'énergie à  
5 transférer, sur un chargeur qui est lui-même relié à une source de courant alternatif.

La demande de brevet US 2005/0269988 décrit un dispositif de stockage d'énergie permettant un équilibrage à deux niveaux, à savoir intra-modulaire et inter-modulaire.

10 La présente invention vise notamment à améliorer encore l'équilibrage de cellules de stockage d'énergie connectées en série.

L'invention a ainsi pour objet un dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant :

- un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série,
- 15 - un circuit d'équilibrage agencé pour permettre le prélèvement d'énergie sur au moins une desdites cellules et distribuer de l'énergie ainsi prélevée vers au moins une autre desdites cellules.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé pour permettre, lors d'une phase de décharge du dispositif de  
20 stockage d'énergie, d'accroître la tension de charge de l'une au moins des cellules uniquement avec de l'énergie prélevée sur l'une au moins des cellules de stockage d'énergie du dispositif.

L'invention permet notamment de compenser des différences entre les courants de fuite des cellules de stockage d'énergie tout en accompagnant  
25 une décharge naturelle de l'ensemble des cellules, par apport d'énergie aux cellules dont la tension de charge est la plus basse, ce qui assure un équilibrage automatique en décharge.

L'énergie permettant d'équilibrer la tension des cellules étant prise sur l'ensemble de cellules lui-même, à l'exclusion de toute source d'énergie  
30 extérieure, le dispositif de stockage d'énergie selon l'invention est capable de

rester chargé de manière symétrique quelque soit son état de charge, y compris pour de très faibles valeurs de tension de charge.

L'ensemble des cellules en série peut être disponible en permanence pour emmagasiner de la charge ou se décharger pour fournir de la puissance, lors  
5 du fonctionnement du véhicule. Il n'est pas indispensable de déconnecter ou d'arrêter le circuit d'équilibrage lorsque l'ensemble de cellules est utilisé lors du fonctionnement du véhicule. Le circuit d'équilibrage peut être agencé pour pouvoir être connecté en permanence à un réseau d'alimentation du véhicule.

L'invention permet en outre d'assurer l'aptitude du dispositif de stockage  
10 d'énergie à consommer le moins d'énergie possible sur les cellules, notamment par rapport au cas où des résistances sont utilisées pour réaliser l'équilibrage.

Le temps de décharge des cellules peut ainsi être relativement long.

Avantageusement, le circuit d'équilibrage est agencé pour permettre une  
15 décharge symétrique des cellules jusqu'à une tension au moins 3 fois plus faible que la tension maximale d'utilisation des cellules, notamment au moins 10 fois plus faible, de préférence au moins 20 fois plus faible.

Par exemple, pour un ensemble de dix cellules en série dont la tension aux bornes extérieures est d'environ 20 Volts à l'état chargé, la décharge des  
20 cellules peut, le cas échéant, aboutir à une valeur de tension de charge aux bornes de cet ensemble proche de 2 V. Dans ce cas, l'écart de tension entre les cellules à l'état de décharge profonde (par exemple lorsque le véhicule reste garé longtemps sur un parking) peut être inférieur à 0.2 V.

Même en cas de décharge profonde, et grâce à ces faibles écarts de  
25 tension entre les cellules, il est possible de recharger les cellules rapidement à très fort courant par l'électronique de puissance du véhicule, jusqu'à une valeur de tension importante, sans risque de sur-tension au niveau de certaines des cellules.

Dans un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, le circuit  
30 d'équilibrage est agencé pour pouvoir être alimenté par une source d'énergie extérieure, notamment une batterie de véhicule automobile, en vue de limiter

la décharge des cellules à un seuil de tension prédéterminé, la tension aux bornes de l'ensemble des cellules étant notamment maintenue à environ la tension de la batterie.

Les batteries actuelles peuvent permettre de maintenir ce seuil de tension sur une période de l'ordre d'une année.

Ceci permet d'éviter, si on le souhaite, que les cellules de stockage d'énergie ne se déchargent de manière excessive.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé de manière à ce que l'énergie prélevée sur l'une au moins des cellules soit stockée sous forme d'énergie inductive avant d'être transférée à une ou plusieurs autres cellules

Avantageusement, le circuit d'équilibrage est agencé pour prélever de l'énergie aux bornes extérieures de l'ensemble de cellules.

De préférence, le circuit d'équilibrage comporte un ou plusieurs transformateurs, notamment de type flyback.

Ce transformateur peut, le cas échéant, être associé à un interrupteur, notamment un transistor tel qu'un transistor MOSFET, et le circuit d'équilibrage peut comporter un oscillateur agencé pour commander la commutation dudit interrupteur.

L'oscillateur peut par exemple être agencé pour générer un signal de commande rectangulaire.

De préférence, l'oscillateur est alimenté par un courant électrique prélevé sur l'ensemble de cellules. Ceci permet au dispositif d'être indépendant d'une source d'alimentation extérieure.

En variante, l'oscillateur peut être relié à une source d'alimentation extérieure.

Dans un autre exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé de manière à ce que l'énergie prélevée sur l'une au moins des cellules soit stockée sous forme d'énergie capacitive avant d'être transférée à une ou plusieurs cellules.

Avantageusement, le circuit d'équilibrage est agencé pour prélever de l'énergie à deux bornes de l'une au moins des cellules, notamment de seulement l'une des cellules.

Si on le souhaite, le circuit d'équilibrage comporte au moins un multiplexeur, notamment un multiplexeur analogique.

Le dispositif peut, le cas échéant, comporter un système de diagnostic permettant de déterminer des écarts de tension entre les cellules et/ou déterminer la tension maximale aux bornes de chaque cellule, notamment en vue de faire un diagnostic de santé des cellules.

En fonction d'un modèle de vieillissement des cellules et d'un estimateur de courants de fuite et de la capacité de chaque cellule, il est possible de choisir d'équilibrer les cellules à des valeurs de tension légèrement différentes, en particulier dans le cas où la capacité des cellules devient différente entre les cellules.

De préférence, l'une au moins des cellules de stockage d'énergie comporte au moins un super-condensateur.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé pour contrôler une valeur de courant d'équilibrage des cellules en fonction de l'un au moins de la température et de la tension aux bornes de l'ensemble des cellules.

Ceci permet de compenser l'influence de la température et/ou de la tension sur la valeur du courant de fuite des cellules.

Le dispositif de stockage d'énergie peut être utilisé dans un véhicule automobile, et être agencé pour être chargé lors d'une phase de freinage récupératif et déchargé lors de phases de démarrage et/ou d'accélération du véhicule

L'invention a encore pour objet un procédé pour équilibrer la tension de charge d'un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série, notamment utilisé dans un véhicule automobile, le procédé comportant les étapes suivantes :

- prélever de l'énergie sur l'une au moins des cellules,

- distribuer l'énergie ainsi prélevée vers au moins une autre desdites cellules.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, lors d'une phase de décharge en l'absence d'utilisation des cellules, l'énergie distribuée vers les  
5 cellules de stockage d'énergie provient uniquement de l'énergie prélevée sur une ou plusieurs cellules dudit ensemble.

Dans un autre exemple de mise en oeuvre de l'invention, en l'absence d'utilisation des cellules de stockage d'énergie, la décharge des cellules est limitée à un seuil de tension prédéterminé par équilibrage des cellules en  
10 prélevant et distribuant de l'énergie entre elles et en prélevant de l'énergie supplémentaire sur une source d'énergie autre que les cellules, notamment depuis une batterie de véhicule automobile.

Par ailleurs, il existe un besoin pour maintenir l'équilibrage d'un ensemble de cellules de stockage d'énergie, notamment formées par des super-  
15 condensateurs, lorsque cet ensemble est laissé au repos pendant une longue durée.

Ceci concerne notamment le cas d'un véhicule automobile utilisant un tel ensemble de cellules, qui est laissé au parking pendant une longue période, par exemple plusieurs semaines.

20 L'invention a ainsi pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant :

- un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série,
- un circuit d'équilibrage agencé pour permettre, dans une première  
25 phase, une décharge et un équilibrage des cellules au moins jusqu'à un seuil bas prédéterminé de tension aux bornes des cellules de stockage d'énergie et, dans une deuxième phase qui suit la première phase, une décharge accélérée des cellules en dessous dudit seuil bas prédéterminé.

De préférence, le circuit d'équilibrage est agencé de manière à ce qu'à  
30 l'issue de la deuxième phase, la tension aux bornes de chacune des cellules est sensiblement nulle.

Dans l'invention, durant la première phase, la décharge peut être lente de sorte que, lorsque le dispositif est laissé au repos sur une période relativement longue, les cellules se déchargent le moins possible afin de limiter les pertes d'énergie.

5 Il est préférable, durant cette première phase, d'accompagner la décharge jusqu'à un seuil de tension le plus bas possible.

Durant toute la première phase, les cellules se déchargent de manière symétrique, ce qui assure leur équilibrage.

10 Sur des périodes de repos particulièrement longues du dispositif, il peut s'avérer que l'équilibrage des cellules ne puisse plus être assuré du fait de l'insuffisance de la tension disponible.

Grâce à l'invention, durant la deuxième phase, lorsque la tension passe en dessous du seuil bas prédéterminé, et devient insuffisante pour permettre un équilibrage des cellules, le circuit d'équilibrage commande une décharge  
15 accélérée des cellules, à l'aide d'un courant de décharge des cellules qui présente une intensité plus élevée que celle des courants de décharge dans les cellules lors de la première phase.

La décharge rapide des cellules dans la deuxième phase, grâce à ce courant de décharge fort, assure que toutes les cellules de l'ensemble  
20 atteignent une décharge complète, jusqu'à sensiblement 0 Volt (par exemple jusqu'à environ un cinquième ou un dixième du seuil bas prédéterminé de tension aux bornes des cellules), dans un laps de temps beaucoup plus court que celui de la première phase.

Durant la deuxième phase, la décharge rapide imposée prend de vitesse  
25 la décharge naturelle des cellules, décharge naturelle qui peut conduire à des déséquilibres entre cellules du fait de courants de fuite différents entre cellules.

Autrement dit, la décharge rapide imposée durant la deuxième phase permet de décharger complètement les cellules avant qu'un déséquilibre  
30 n'apparaisse entre les cellules.

Ainsi, même sans appliquer durant la deuxième phase un équilibrage spécifique des cellules, il est possible de décharger les cellules tout en préservant leur équilibrage.

5 Lorsque les cellules sont de nouveau chargées par une source d'énergie extérieure, par exemple à partir d'un convertisseur DC/DC dans un véhicule, la recharge peut démarrer sur des cellules déjà équilibrées à une valeur commune d'environ 0 V.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé de manière à ce que la durée de la première phase soit  
10 supérieure à celle de la deuxième phase, notamment au moins 10 fois ou 20 fois supérieure, par exemple au moins 50 ou 100 fois supérieure.

Si on le souhaite, le circuit d'équilibrage cesse l'équilibrage imposé des cellules à la fin de la première phase.

15 Le circuit d'équilibrage peut comporter un module de décharge accélérée agencé pour permettre, dans la deuxième phase, l'apparition d'un courant de décharge des cellules qui présente une intensité plus élevée que celle des courants de décharge dans les cellules lors de la première phase.

Le courant de décharge dans la deuxième phase est avantageusement contrôlé en intensité de manière à ce qu'à l'issue de cette deuxième phase,  
20 les cellules restent sensiblement équilibrées.

Le circuit d'équilibrage comporte de préférence un oscillateur agencé pour contrôler l'équilibrage des cellules dans la première phase, et un module d'alimentation électrique auxiliaire de l'oscillateur, ce module d'alimentation  
25 auxiliaire comprenant notamment un transformateur tel qu'un transformateur de type flyback.

Avantageusement le module d'alimentation électrique auxiliaire cesse de fonctionner lorsque le seuil bas de tension prédéterminé est atteint. A ce moment, l'oscillateur permettant l'équilibrage des cellules s'arrête, et la  
deuxième phase commence.

30 Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le module de décharge accélérée comporte un transistor, notamment un transistor

MOSFET canal N à appauvrissement. Ce transistor MOSFET est par exemple un transistor de modèle BSP149 commercialisé par la société INFINEON.

5 De préférence, le module de décharge accélérée comporte une pompe de charge, notamment à diodes, reliée au transistor à appauvrissement de manière à permettre, lorsque le module d'alimentation auxiliaire cesse de fonctionner, de rendre ce transistor conducteur, assurant la circulation d'un courant de décharge fort dans l'ensemble des cellules.

10 Avantageusement le module de décharge accélérée comporte au moins une résistance reliée aux cellules de stockage d'énergie au moins à l'issue de la deuxième phase et agencée pour empêcher leur recharge éventuelle par effet électrochimique.

15 En effet des cellules peuvent présenter la propriété de se recharger toutes seules par effet électrochimique, ce qui peut créer des déséquilibres entre cellules.

De préférence la résistance précitée est effectivement connectée aux cellules seulement lorsque le module de décharge accélérée est mis en fonction et la décharge profonde des cellules est terminée.

20 Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé de manière à ce que la décharge de la deuxième phase est désactivée lorsque la tension aux bornes de l'ensemble des cellules devient supérieure à un seuil haut de tension.

25 Si on le souhaite, le circuit d'équilibrage est agencé pour permettre, durant la première phase, le prélèvement d'énergie sur au moins une des cellules de l'ensemble et distribuer de l'énergie ainsi prélevée vers au moins une autre des cellules de l'ensemble, en vue de l'équilibrage des cellules.

30 Le circuit d'équilibrage peut être agencé de manière à ce que, durant la première phase, l'énergie prélevée sur l'une au moins des cellules soit stockée sous forme d'énergie inductive avant d'être transférée à une ou plusieurs autres cellules, notamment à l'aide d'un transformateur tel qu'un transformateur de type flyback.

L'invention a encore pour objet un procédé d'accompagnement d'une décharge d'un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série, notamment destiné à équiper un véhicule automobile, comportant les étapes suivantes :

- 5       - permettre, dans une première phase, une décharge et un équilibrage des cellules au moins jusqu'à un seuil bas prédéterminé de tension aux bornes des cellules de stockage d'énergie,
- permettre, dans une deuxième phase qui suit la première phase, une décharge accélérée des cellules en dessous dudit seuil bas
- 10       prédéterminé.

L'invention a encore pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant :

- un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série,
- 15       - un circuit d'équilibrage agencé pour permettre un équilibrage des cellules lors d'une décharge de celles-ci, en faisant circuler un ou plusieurs courants d'équilibrage dans une ou plusieurs cellules de l'ensemble,
- optionnellement un système de diagnostic agencé pour permettre de
- 20       délivrer au moins une information associée à l'une au moins des cellules de l'ensemble,

le circuit d'équilibrage étant agencé pour contrôler le ou les courants d'équilibrage et/ou la durée d'équilibrage au moins en fonction d'une information externe indépendante de l'ensemble des cellules de stockage

25 d'énergie et/ ou d'une information associée à l'une au moins des cellules, délivrée par le système de diagnostic optionnel.

Grâce à l'invention, il est possible d'équilibrer les cellules de façon efficace lorsque le véhicule automobile est en marche. En effet lorsque le véhicule est en marche (état donné par exemple par une information

30 externe), la consommation électrique par le circuit d'équilibrage peut être, indifféremment, faible ou élevée et il est ainsi relativement aisé d'activer des

fonctions supplémentaires pour équilibrer de façon plus appropriée. Par exemple, l'équilibrage peut être réalisé avec un courant ajusté, par exemple via un contrôle de ce courant ou une fréquence idoine des impulsions d'équilibrage. Lorsque l'équilibrage consomme un fort courant, celui-ci est efficace car les courants de fuite des différentes cellules de stockage d'énergie sont négligeables devant les courants échangés entre les cellules.

Par contre, à l'arrêt du véhicule, l'équilibrage à courants forts entraîne un risque de décharge rapide des cellules.

Le système de diagnostic est avantageusement agencé pour délivrer une information choisie parmi : une information de température associée à l'une au moins des cellules, une information de tension associée à l'une des cellules, une information de tension associée à plusieurs cellules de l'ensemble, une information de tension aux bornes de l'ensemble lui-même.

Le circuit d'équilibrage peut notamment être agencé pour permettre de faire varier l'intensité du ou des courants d'équilibrage de 0 Ampère à une valeur maximale prédéterminée, notamment en fonction des informations précitées. Ce courant maximal est notamment le courant maximal autorisé par le dimensionnement de la partie de puissance du circuit d'équilibrage.

Le cas échéant, le circuit d'équilibrage est maintenu en fonctionnement tant que la température associée à l'une au moins des cellules est supérieure à un seuil prédéterminé, notamment égal à environ 30 ou 40 °C.

En dessous de ce seuil de température, le circuit d'équilibrage est, si on le souhaite, arrêté.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le système de diagnostic peut être agencé pour commander la mise en marche et/ ou l'interruption du circuit d'équilibrage.

L'information externe précitée est notamment choisie parmi : une information de tension d'une batterie d'alimentation du réseau de bord du véhicule, une information délivrée par un système de gestion de la batterie (ou *Battery Management System*, BMS en anglais), une information de réveil du circuit d'équilibrage délivrée notamment par un système de contrôle

moteur ou un ordinateur de bord, une information liée à la détection d'une clé de contact en position +APC « après contact ».

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé pour pouvoir fonctionner suivant deux modes, un premier mode  
5 dans lequel l'équilibrage des cellules de stockage d'énergie est accompagné d'un ou de courants d'équilibrage faibles notamment lorsque le véhicule est à l'arrêt, et un deuxième mode dans lequel l'équilibrage des cellules est accompagné d'un ou de courants d'équilibrage forts notamment lorsque le véhicule est en marche.

10 Avantageusement le circuit d'équilibrage bascule du premier mode au deuxième mode lorsque la tension aux bornes d'une batterie du véhicule ou aux bornes de l'ensemble des cellules dépasse un seuil prédéterminé, par exemple égal à 12 ou 13 Volts.

L'invention permet ainsi une meilleure gestion de l'équilibrage, selon que  
15 le véhicule est à l'arrêt ou en marche.

Le dispositif comporte avantageusement un oscillateur agencé pour commander la mise en marche et/ ou l'interruption du circuit d'équilibrage de manière intermittente, notamment via le système de diagnostic.

Par exemple, l'oscillateur est agencé pour commander la mise en marche  
20 et l'interruption du système de diagnostic.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le circuit d'équilibrage est agencé pour fonctionner pendant une durée prédéterminée après sa mise en marche par l'oscillateur, puis le cas échéant se mettre à l'arrêt après cette durée prédéterminée.

25 Le réveil du circuit d'équilibrage par intermittence, grâce à des informations externes ou internes au dispositif ou grâce à l'oscillateur, permet de réduire la consommation électrique, ce qui est avantageux lorsque le véhicule est à l'arrêt.

Le circuit d'équilibrage comporte par exemple un ou plusieurs  
30 transformateurs de type flyback.

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, si le système de diagnostic mesure les tensions de chaque cellule, ce système de diagnostic commande l'arrêt de l'équilibrage lorsque la différence de tension des cellules devient inférieure à un seuil, par exemple un seuil égal à 0.1 Volt.

5 L'équilibrage est relancé soit par un oscillateur interne soit par un dispositif externe.

L'invention a également pour objet, indépendamment ou en combinaison avec ce qui précède, un dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant :

- 10
- un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série,
  - un circuit d'équilibrage agencé pour permettre un équilibrage des cellules lors d'une décharge de celles-ci,
  - un oscillateur agencé pour permettre le déclenchement et/ ou l'arrêt du circuit d'équilibrage de manière intermittente.

15 L'invention a encore pour objet un procédé d'équilibrage lors d'une décharge, à l'arrêt ou en fonctionnement du véhicule automobile, d'un dispositif de stockage d'énergie comportant un ensemble de cellules de stockage d'énergie connectées en série, le procédé comportant les étapes suivantes :

- 20
- permettre un équilibrage des cellules lors d'une décharge de celles-ci, en faisant circuler un ou plusieurs courants d'équilibrage dans une ou plusieurs cellules de l'ensemble,
  - contrôler le ou les courants d'équilibrage, notamment pour provoquer le déclenchement de l'équilibrage, au moins en fonction d'une
- 25
- information externe indépendante de l'ensemble des cellules de stockage d'énergie et/ ou d'une information associée à l'une au moins des cellules.

Le circuit d'équilibrage est avantageusement agencé pour permettre de faire varier l'intensité du ou des courants d'équilibrage en fonction de l'état de

30

vieillessement de la ou des cellules, notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des

cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

5 L'équilibrage étant réalisé de manière intermittente, la durée d'une phase d'équilibrage et/ou la durée entre deux déclenchements successifs de l'équilibrage peuvent être liées à l'état de vieillissement de la ou des cellules, notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou*  
10 *Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

La variation de l'intensité du ou des courants d'équilibrage et la durée de  
15 l'équilibrage et la fréquence de l'équilibrage sont avantageusement rendues mutuellement dépendantes et/ou dépendantes de l'état de vieillissement observé de la ou des cellules de stockage d'énergie.

La durée entre deux signaux de réveil de l'équilibrage est, si on le souhaite, choisie en fonction de l'état de vieillissement de la ou des cellules,  
20 notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou*  
25 *State of Energy*).

Dans un exemple de mise en oeuvre de l'invention, le dispositif est agencé pour délivrer une information de fin de vie de la ou des cellules de stockage d'énergie, notamment sous la forme d'un signal d'avertissement, en fonction de l'un au moins de la fréquence d'activation du circuit d'équilibrage  
30 et l'intensité du ou des courants d'équilibrage.

L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de l'invention, et à l'examen du dessin annexé, sur lequel :

- 5       - la figure 1 représente, schématiquement et partiellement, un dispositif de stockage d'énergie conforme à un exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 2 illustre différentes étapes successives d'équilibrage de deux cellules du dispositif de la figure 1,
- la figure 3 représente, schématiquement et partiellement, une  
10       modification d'une portion du dispositif de la figure 1,
- la figure 4 illustre différentes étapes successives d'équilibrage de deux cellules du dispositif de la figure 3,
- la figure 5 représente, schématiquement et partiellement, un dispositif de stockage d'énergie conforme à un autre exemple de mise en œuvre  
15       de l'invention,
- la figure 6 représente, schématiquement et partiellement, un dispositif de stockage d'énergie conforme à un autre exemple de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 7 est un graphe illustrant schématiquement la variation de la  
20       tension aux bornes de l'ensemble des cellules de la figure 6, en fonction du temps,
- la figure 8 représente, schématiquement et partiellement, un module de décharge accélérée du dispositif de la figure 6,
- les figures 9 à 11 sont des schémas blocs illustrant différents  
25       dispositifs selon des exemples de mise en œuvre de l'invention,
- la figure 12 est un graphe avec des courbes de courant de fuite en fonction de la température, et
- la figure 13 représente l'évolution du courant  $I_p$  en fonction du temps, ainsi que celle des signaux de réveil de l'équilibrage.

30       On a représenté sur la figure 1 un dispositif de stockage d'énergie 1 conforme à l'invention, comportant un ensemble 2 de cellules de stockage

d'énergie  $C_1, C_2, \dots C_i$  connectées en série. Le nombre de cellules  $C_i$  est par exemple égal à 10.

Dans l'exemple considéré, chaque cellule  $C_1, C_2, \dots C_i$  est formée par un unique super-condensateur.

5 Le dispositif 1 est agencé pour être utilisé dans un véhicule automobile, en étant chargé lors d'une phase de freinage récupératif et déchargé lors de phases de démarrage et/ou d'accélération du véhicule.

L'ensemble 2 comprend deux bornes extérieures 4 et 5 dont l'une 4 est reliée à une masse, par exemple.

10 La tension aux bornes 4 et 5 de l'ensemble 2 est notée  $E$ , celle aux bornes de chaque cellule  $C_i$  est notée  $V_{ci}$ .

$I_p$  désigne le courant circulant entre les bornes 4 et 5 de l'ensemble 2.

On appelle  $I_{di}$  un courant de décharge associé à chaque cellule  $C_i$ .

15 Le dispositif 1 comporte un circuit d'équilibrage 10 agencé pour permettre le prélèvement d'énergie sur au moins une des cellules  $C_1, C_2, \dots C_i$  et distribuer de l'énergie ainsi prélevée vers au moins une autre desdites cellules.

20 Dans l'exemple décrit, le circuit d'équilibrage 10 est agencé pour permettre, lors d'une phase de décharge du dispositif 1, d'accroître la tension de charge de l'une au moins des cellules  $C_1, C_2, \dots C_i$  uniquement avec de l'énergie prélevée sur l'une au moins des autres cellules de stockage d'énergie.

25 Le circuit d'équilibrage 10 comporte un transformateur de type flyback 11 pourvu d'un noyau 12, d'un bobinage primaire 13 d'inductance  $L_p$  et de bobinages secondaires 14.

Le bobinage primaire 13 est monté en série avec un interrupteur  $Q$  formé par un transistor.

Dans l'exemple considéré, le transistor  $Q$  est un transistor MOSFET avec un drain relié au bobinage primaire 13 et une source reliée à la borne 4.

30 Le bobinage primaire 13 et l'interrupteur  $Q$  sont connectés aux bornes extérieures 4 et 5 de l'ensemble 2.

Chaque bobinage secondaire 14 fait partie d'une boucle 15 connectée aux bornes d'une cellule Ci de l'ensemble 2.

Chaque boucle 15 comporte une diode Di en série avec le bobinage secondaire 14, cette boucle 15 étant traversée par un courant d'équilibrage  
5 Isi.

Un condensateur Cd de découplage est monté en parallèle avec le bobinage primaire 13 et l'interrupteur Q.

Le dispositif 1 comprend un oscillateur 20 permettant de générer un signal transmis à la grille du transistor Q pour commuter ce transistor Q.

10 Dans l'exemple considéré, le signal produit par l'oscillateur 20 est du type rectangulaire avec un rapport cyclique D sélectionné de manière à générer un courant de sortie total (somme des courants Isi) dépendant de la tension E aux bornes de l'ensemble 2.

La fréquence Fd du signal généré par l'oscillateur 20 est contrôlée en  
15 fonction d'une température mesurée au niveau de l'ensemble 2.

La mesure de la température est réalisée par exemple à l'aide d'un capteur de température monté au sein de l'ensemble 2.

Dans l'exemple considéré, l'oscillateur 20 est alimenté par un courant la prélevé aux bornes du bobinage 13 et de l'interrupteur Q.

20 L'oscillateur 20 est par exemple agencé pour fonctionner de manière autonome entre 2V et 30V.

Dans une variante non illustrée, l'oscillateur 20 peut être alimenté par une source d'alimentation extérieure au dispositif 1.

Une valeur approchée du courant d'équilibrage Isi est donnée par  
25 l'expression :

$$I_{si} \approx \frac{(E.D)^2}{L_p.F_d.(E + k.V_d)}$$

où k est le nombre de cellules Ci dans l'ensemble 2 et Vd une tension de  
30 déchet des diodes Di.

Une valeur approchée du courant de décharge  $I_{di}$  est donnée par l'expression (hors oscillateur 20 et fuites des cellules  $C_i$ ) :

$$5 \quad I_{di} \approx I_{si} \left( \frac{k \cdot V_d}{E} \right)$$

On va maintenant décrire en référence à la figure 2 différentes étapes successives d'équilibrage de deux cellules  $C_1$  et  $C_2$  de l'ensemble 2.

On suppose qu'à l'instant  $t_0$  la tension aux bornes de la cellule  $C_1$  est supérieure à la tension aux bornes de la cellule  $C_2$ . Autrement dit, la cellule  $C_1$  est plus chargée que la cellule  $C_2$ .

L'équilibrage des cellules  $C_1$  et  $C_2$  s'effectue grâce au circuit d'équilibrage 10 par un prélèvement d'énergie aux bornes de l'ensemble 2 puis de l'énergie ainsi prélevée est distribuée par le transformateur 11, via le bobinage primaire 13 et les bobinages secondaires 14, aux cellules les moins chargées, par exemple à la cellule  $C_2$ .

Ainsi, entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , la tension aux bornes de la cellule  $C_1$  diminue et celle aux bornes de la cellule  $C_2$  augmente jusqu'à atteindre sensiblement le même niveau de charge que la cellule  $C_1$ .

Puis, entre  $t_1$  et  $t_2$ , les cellules  $C_1$  et  $C_2$  se déchargent sensiblement à la même vitesse pour atteindre un niveau de décharge sensiblement identique, par exemple proche de 0.2V pour chaque cellule, dans le cas d'une décharge profonde.

Le circuit d'équilibrage 10 permet ainsi de compenser des différences entre des courants de fuite des cellules de stockage d'énergie  $C_i$  tout en accompagnant une décharge naturelle de l'ensemble 2 des cellules par apport d'énergie aux cellules dont la tension de charge est la plus basse, ce qui assure un équilibrage automatique en décharge.

Lorsque l'ensemble 2 est à l'équilibre, les courants de décharge  $I_{di}$  sont sensiblement identiques, aux courants de fuite des cellules  $C_i$  près, et sont proportionnels aux pertes du circuit d'équilibrage 10 et de l'oscillateur 20.

L'essentiel des pertes du circuit d'équilibrage 10 provient des diodes  $D_i$   
5 compte tenu des tensions de déchet  $V_d$ .

Dans l'exemple qui vient d'être décrit, l'équilibrage des cellules  $C_i$  est réalisé en phase de décharge sans nécessiter d'énergie provenant d'une source d'énergie autre que les cellules.

La décharge des cellules  $C_i$  peut ainsi être, le cas échéant, relativement  
10 poussée.

En variante, comme illustré sur la figure 3, le circuit d'équilibrage 10 peut être agencé pour être alimenté par une source d'énergie extérieure, par exemple une batterie 30.

Cette batterie 30 est reliée au bobinage primaire 13 avec interposition  
15 d'une diode 31.

Une diode 32 peut être prévue en série avec le bobinage primaire 13.

Dans l'exemple de la figure 3, l'équilibrage des cellules  $C_i$  est sensiblement identique à l'exemple précédent (voir figure 4 entre  $t_0$  et  $t_1$ ).

Toutefois, dans l'exemple de la figure 3, la tension de charge des cellules  
20  $C_1$  et  $C_2$  est maintenue à un niveau prédéterminé  $U_0$  par apport d'énergie depuis la batterie 30, comme l'indique le diagramme pour l'instant  $t_2$  sur la figure 4.

Dans les exemples qui viennent d'être décrits, le circuit d'équilibrage 10 est agencé de manière à ce que l'énergie prélevée sur l'une au moins des  
25 cellules  $C_i$  soit stockée sous forme d'énergie inductive avant d'être transférée à une ou plusieurs autres cellules.

On a représenté sur la figure 5 un dispositif de stockage d'énergie 40 comportant un ensemble 2 de cellules de stockage d'énergie  $C_i$  analogue à celui décrit en référence à la figure 1, et un circuit d'équilibrage 41 agencé de  
30 manière à ce que l'énergie prélevée sur l'une au moins des cellules  $C_i$  est

stockée sous forme d'énergie capacitive avant d'être transférée à une ou plusieurs cellules.

A cet effet, le circuit d'équilibrage 41 comporte un condensateur 42 relié à l'ensemble 2 des cellules Ci via deux multiplexeurs 44, notamment de type  
5 analogique.

Ces multiplexeurs 44 peuvent, le cas échéant, être alimentés par un courant prélevé sur les cellules Ci. Les multiplexeurs 44 peuvent ainsi être de type flottant.

Les multiplexeurs 44 sont connectés à un oscillateur 45 agencé de  
10 manière à ce que lorsqu'il est en marche, les multiplexeurs 44 prélèvent de l'énergie sur l'une des cellules Ci pour recharger le condensateur 42.

Puis les multiplexeurs 44 distribuent l'énergie stockée dans le condensateur 42 à l'une ou plusieurs cellules Ci la ou les plus déchargée(s).

Dans une variante non illustrée, il est possible de connecter une  
15 inductance en série avec le condensateur 42 de manière à limiter les impulsions de courant ou à permettre un équilibrage plus efficace en se servant de la résonance du circuit LC.

Le dispositif 40 peut, le cas échéant, être intégré dans un circuit intégré ou Asic (*Application-Specific Integrated Circuit*).

20 Le dispositif 40 peut, le cas échéant, comporter un système de diagnostic (non représenté) permettant de déterminer des écarts de tension entre les cellules Ci et/ou déterminer la tension maximale aux bornes de chaque cellule, notamment en vue de faire un diagnostic de santé des cellules.

Le diagnostic du dispositif 40 peut, si on le souhaite, être réalisé par  
25 cycles, par exemple de quelques minutes par jour lorsque le véhicule est à l'arrêt, et en permanence lorsque le véhicule fonctionne, ce qui permet de limiter la consommation d'énergie en fonction du diagnostic.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de mise en œuvre qui viennent d'être décrits.

30 On a représenté sur la figure 6 un dispositif de stockage d'énergie 1' selon un autre exemple de mise en œuvre de l'invention.

Ce dispositif 1' est analogue au dispositif 1 précédemment décrit, à l'exception du circuit d'équilibrage.

Le circuit d'équilibrage 10' du dispositif 1' comporte un oscillateur 20, un module d'alimentation électrique auxiliaire 51 pour l'alimentation de l'oscillateur 20, et un module de décharge accélérée 52 relié à l'oscillateur 20 au point 50.

Le module 52 est relié aux bornes 4 et 5 de l'ensemble de cellules 2 et est parcouru par un courant laux.

Le circuit d'équilibrage 10' est agencé pour permettre, dans une première phase Ph1, une décharge et un équilibrage des cellules  $C_i$  jusqu'à un seuil bas prédéterminé  $E_{inf}$  de tension aux bornes des cellules de stockage d'énergie et, dans une deuxième phase Ph2 qui suit la première phase Ph1, une décharge accélérée des cellules en dessous dudit seuil bas prédéterminé  $E_{inf}$ .

La variation de la tension  $E$  aux bornes 4 et 5 de l'ensemble de cellules 2 dans les phases Ph1 et Ph2 est représentée sur la figure 7.

Le profil de la variation de la tension  $E$  peut être plus ou moins rectiligne.

La phase Ph1 peut durer par exemple plusieurs jours ou semaines correspondant par exemple à une longue période de parking du véhicule, et la phase Ph2 quelques heures, par exemple deux heures environ.

Le seuil bas  $E_{inf}$  est compris, dans l'exemple décrit, entre 1.5 et 2 Volts.

Le circuit d'équilibrage 10' est agencé de manière à ce qu'à l'issue de la deuxième phase Ph2, la tension  $E$  aux bornes des cellules est sensiblement nulle.

Durant la première phase Ph1, la décharge peut être lente de sorte que, lorsque le dispositif est laissé au repos sur une période relativement longue, les cellules  $C_i$  se déchargent le moins possible afin de limiter les pertes d'énergie.

Cette décharge dans la phase Ph1 s'accompagne de l'équilibrage des cellules  $C_i$  de la manière décrite en référence à la figure 1, à l'aide du transformateur 11 et de son système de commande.

En variante, l'équilibrage accompagnant la décharge des cellules  $C_i$  peut être réalisé de toute autre manière appropriée, par exemple à l'aide de multiplexeurs.

Durant la première phase Ph1, le courant laux est nul.

5 Durant la deuxième phase Ph2, lorsque la tension passe en dessous du seuil bas prédéterminé  $E_{inf}$ , et devient insuffisante pour permettre un équilibrage des cellules, le circuit d'équilibrage 10' commande une décharge accélérée des cellules  $C_i$ , à l'aide d'un courant de décharge laux des cellules qui présente une intensité plus élevée que celle des courants de décharge  
10 dans les cellules lors de la première phase Ph1.

La décharge rapide des cellules dans la deuxième phase Ph2, grâce à ce courant de décharge fort laux, assure que toutes les cellules de l'ensemble atteignent une décharge complète, jusqu'à sensiblement 0 Volt, dans un laps de temps beaucoup plus court que celui de la première phase Ph1.

15 La décharge rapide imposée durant la deuxième phase Ph2 permet de décharger complètement les cellules  $C_i$  avant qu'un déséquilibre apparaisse entre ces cellules.

Lorsque les cellules  $C_i$  sont de nouveau chargées par une source d'énergie extérieure, par exemple à partir d'un convertisseur DC/DC dans un  
20 véhicule, ces cellules sont chargées à partir d'une tension sensiblement égale à 0 Volt, ce qui assure une recharge équilibrée.

Le module d'alimentation auxiliaire 51 comprend un transformateur tel qu'un transformateur de type flyback, non représenté.

25 Ce module d'alimentation électrique auxiliaire 51 cesse de fonctionner lorsque le seuil bas de tension  $E_{inf}$  est atteint.

Comme illustré sur la figure 8, le module de décharge accélérée 52 comporte un transistor MOSFET canal N à appauvrissement 53. Ce transistor MOSFET 53 est par exemple un transistor de modèle BSP149 commercialisé par la société INFINEON.

30 Le module de décharge accélérée 52 comporte en outre une pompe à diodes 55 reliée au transistor 53 de manière à permettre, lorsque le module

d'alimentation auxiliaire 51 et l'oscillateur 20 cessent de fonctionner (l'intensité du courant la étant proche de 0 mA), de rendre ce transistor 53 conducteur (la tension de la grille de ce transistor 53 passant à 0 Volt).

5 Le courant laux peut alors atteindre environ 45 mA par exemple, en début de phase Ph2, et décroître ensuite jusqu'à environ 0 mA en fin de phase Ph2.

Le module de décharge accélérée 52 comporte en outre au moins une résistance 56 reliée aux cellules Ci à l'issue de la deuxième phase Ph2 et agencée pour empêcher une recharge éventuelle par effet électrochimique des cellules de stockage d'énergie.

10 Le circuit d'équilibrage 10' est agencé de manière à ce que la décharge de la deuxième phase est désactivée lorsque la tension E aux bornes de l'ensemble 2 des cellules devient supérieure à un seuil haut de tension E<sub>sup</sub>, par exemple d'environ 7 Volts.

15 On a représenté sur la figure 9 un dispositif de stockage d'énergie 60 conforme à un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, comportant :

- un ensemble 2 de cellules de stockage d'énergie Ci connectées en série,
- un circuit d'équilibrage 10 ; 41 agencé pour permettre un équilibrage des cellules lors d'une décharge de celles-ci, en faisant circuler un ou 20 plusieurs courants d'équilibrage I<sub>si</sub> dans une ou plusieurs cellules de l'ensemble, comme décrit plus haut,
- un système de diagnostic 61 agencé pour permettre de délivrer au moins une information associée à l'une au moins des cellules de l'ensemble 2.

25 Le circuit d'équilibrage 10 ; 41 est agencé pour contrôler le ou les courants d'équilibrage I<sub>si</sub> au moins en fonction d'une information externe indépendante de l'ensemble 2 des cellules de stockage d'énergie et/ ou d'une information associée à l'une au moins des cellules, délivrée par le système de diagnostic 61.

30 Le système de diagnostic 61 est relié à un oscillateur 62 agencé pour commander sa mise en marche.

L'oscillateur 62 est agencé pour provoquer à intervalle de temps régulier, par exemple toutes les heures, le déclenchement du système de diagnostic 61, lorsque le véhicule est à l'arrêt, par exemple en cas de parking prolongé.

L'oscillateur 62 est à faible consommation électrique de manière à ce que  
5 l'énergie consommée pour l'équilibrage soit la plus faible possible.

Le circuit d'équilibrage 10 ; 41 est relié à un module 63 du véhicule, par exemple un système contrôle moteur ou un ordinateur de bord, agencé pour commander le circuit d'équilibrage 10 ; 41 en fonction d'informations externes au dispositif 60.

10 Les informations externes sont choisies parmi : une information de tension d'une batterie d'alimentation du réseau de bord du véhicule, une information délivrée par un système de gestion de la batterie (BMS), une information de réveil du circuit d'équilibrage délivrée notamment par un système de contrôle moteur ou un ordinateur de bord, une information liée à la détection d'une clé  
15 de contact en position +APC « après contact ».

En fonction d'informations externes traitées par le module 63, le circuit d'équilibrage 10 ; 41 bascule entre deux modes, un premier mode dans lequel l'équilibrage des cellules de stockage d'énergie est accompagné d'un ou de courants d'équilibrage faibles lorsque le véhicule est à l'arrêt, et un  
20 deuxième mode dans lequel l'équilibrage des cellules est accompagné d'un ou de courants d'équilibrage forts lorsque le véhicule est en marche.

Le circuit d'équilibrage 10 ; 41 bascule du premier mode au deuxième mode lorsque la tension aux bornes d'une batterie du véhicule ou aux bornes de l'ensemble 2 des cellules dépasse un seuil prédéterminé, par exemple  
25 égal à 12 ou 13 Volts.

L'arrêt du circuit d'équilibrage 10 ; 41 est provoqué, dans l'exemple décrit, par le système de diagnostic 61 lorsque celui-ci détecte un état satisfaisant des cellules en termes d'équilibrage.

Le système de diagnostic 61 est agencé pour délivrer une information  
30 choisie parmi : une information de température associée à l'une au moins des cellules Ci, une information de tension associée à l'une des cellules, une

information de tension associée à plusieurs cellules de l'ensemble, une information de tension aux bornes de l'ensemble lui-même.

Dans l'exemple qui vient décrit, le dispositif comprend un oscillateur 62 et est relié à un module externe 63.

5 On ne sort pas du cadre de la présente invention lorsque le dispositif est dépourvu d'oscillateur 62.

Par exemple, on a illustré sur la figure 10 un dispositif 70 comportant un circuit d'équilibrage 10 ; 41 directement contrôlé par un module externe 63.

10 Dans le but de limiter les consommations à l'arrêt du véhicule, le module externe 63 peut être agencé pour réveiller le circuit d'équilibrage, ce qui peut permettre d'éviter d'avoir un oscillateur associé au circuit d'équilibrage lui-même.

15 On a représenté sur la figure 11 un dispositif 75 conforme à un autre exemple de mise en œuvre de l'invention, comportant un circuit d'équilibrage contrôlé par un oscillateur 62, sans utilisation d'informations externes.

Le réveil et l'arrêt du circuit d'équilibrage 10 ; 41 sont commandés uniquement par l'oscillateur 62.

20 Par exemple, le circuit d'équilibrage 10 ; 41 fonctionne 10 minutes toutes les heures ou, en variante, une heure tous les jours, lorsque le véhicule est à l'arrêt, en position de parking.

Toujours dans le but de minimiser la consommation d'énergie, il est possible de faire fonctionner le circuit d'équilibrage seulement lorsque celui-ci est efficace, notamment lorsque les tensions des cellules sont fortement différentes. Le reste du temps, il est préférable de laisser le circuit  
25 d'équilibrage inactif et de le remettre en fonctionnement le moment adapté. Le temps entre deux réveils successifs est notamment lié au comportement des cellules de stockage d'énergie en fonction du temps et de la rapidité du circuit d'équilibrage.

30 Une fois le temps entre deux réveils choisi, le temps de réveil peut être lié aux cellules de stockage d'énergie elles-mêmes et à la difficulté de les

équilibrer. Cette valeur du temps de réveil peut être utilisée pour informer sur une dérive de certaines cellules pour caractériser leur fin de vie.

Comme illustré sur la figure 12, les courants de fuite des cellules  $C_i$  dépendent de la température.

- 5 La différence entre courants de fuite de deux cellules peut augmenter avec l'élévation de la température.

Par conséquent, à des températures relativement élevées au-delà d'un seuil, par exemple au-delà de 40°C, le circuit d'équilibrage 10 ; 41 est commandé pour fonctionner en vue d'équilibrer les cellules.

- 10 Le circuit d'équilibrage peut être arrêté, si on le souhaite, lorsque la température repasse en dessous de 40°C.

La figure 13 représente l'évolution du courant  $I_p$  en fonction du temps, ainsi que celle des signaux de réveil de l'équilibrage, par exemple pour le dispositif 60 décrit en référence à la figure 9.

- 15 Le circuit d'équilibrage 10 ; 41 est agencé pour permettre de faire varier l'intensité du ou des courants d'équilibrage en fonction de l'état de vieillissement de la ou des cellules  $C_i$ , notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie  $C_i$  (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une  
20 valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

- La durée  $Dr_2$  entre deux signaux de réveil de l'équilibrage, et éventuellement la durée d'une phase d'équilibrage  $Dr_3$ , sont choisie en  
25 fonction de l'état de vieillissement de la ou des cellules  $C_i$ , notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of  
30 Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

L'équilibrage étant réalisé de manière intermittente, la durée Dr3 d'une phase d'équilibrage et/ou la durée Dr4 entre deux déclenchements successifs de l'équilibrage sont liées à l'état de vieillissement de la ou des cellules Ci, notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la  
5 résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (SOC ou *State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (SOE ou *State of Energy*).

10 La durée Dr2 est par exemple d'une heure environ, et la durée Dr1 du signal de réveil de l'équilibrage est par exemple de 100 ms environ.

La phase d'équilibrage de durée Dr3 est déclenchée avantageusement en fonction de l'écart de tension entre des cellules de stockage d'énergie Ci.

L'optimisation des rapports Dr1/Dr2 et Dr3/Dr4 et de l'intensité Ip permet,  
15 d'une part, de minimiser l'auto-décharge de l'ensemble de cellules Ci pour optimiser le taux de disponibilité de l'ensemble de cellules Ci en fonction du profil d'utilisation et de son état de vieillissement, et d'autre part, d'avoir une image de l'état de santé de l'ensemble de cellules Ci qui peut être utilisée dans une stratégie prédictive de fin de vie de l'ensemble de cellule s Ci.

20 Une cartographie du vieillissement de l'ensemble de cellules Ci et/ou un système d'auto-apprentissage peuvent être utilisés pour optimiser les paramètres de l'équilibrage.

Le dispositif 60 est agencé pour délivrer une information de fin de vie de la ou des cellules de stockage d'énergie Ci, notamment sous la forme d'un  
25 signal d'avertissement, en fonction de l'un au moins de la fréquence d'activation du circuit d'équilibrage et l'intensité du ou des courants d'équilibrage.

Par exemple, lorsque la durée Dr4 est égale ou inférieure à un seuil temporel prédéterminé, notamment choisi égal à 24 heures, et/ou lorsque le  
30 courant Ip est supérieur à un seuil de courant prédéterminé, notamment

choisi égal à 50 mA, l'information de fin de vie de la ou des cellules de stockage d'énergie Ci est délivrée.

### Revendications

- 5 1. Dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant :
- un ensemble (2) de cellules de stockage d'énergie (Ci) connectées en série,
  - 10 - un circuit d'équilibrage agencé pour permettre un équilibrage des cellules (Ci) lors d'une décharge de celles-ci, en faisant circuler un ou plusieurs courants d'équilibrage dans une ou plusieurs cellules de l'ensemble (2),
  - optionnellement un système de diagnostic (61) agencé pour permettre de délivrer au moins une information associée à l'une au moins des
  - 15 cellules de l'ensemble,
- le circuit d'équilibrage étant agencé pour contrôler le ou les courants d'équilibrage et/ou la durée d'équilibrage (Dr3) au moins en fonction d'une information externe indépendante de l'ensemble des cellules de stockage d'énergie et/ ou d'une information associée à l'une au moins des cellules,
- 20 délivrée par le système de diagnostic optionnel.
2. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé par le fait que le système de diagnostic est agencé pour délivrer une information choisie
- 25 parmi : une information de température associée à l'une au moins des cellules, une information de tension associée à l'une des cellules, une information de tension associée à plusieurs cellules de l'ensemble, une information de tension aux bornes de l'ensemble lui-même.
3. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé par le fait que
- 30 le circuit d'équilibrage est agencé pour permettre de faire varier l'intensité du

ou des courants d'équilibrage de 0 Ampère à une valeur maximale prédéterminée.

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le circuit d'équilibrage (10 ; 41) est maintenu en fonctionnement tant que la température associée à l'une au moins des cellules est supérieure à un seuil prédéterminé, notamment un seuil égal à environ 40°C.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le système de diagnostic (61) est agencé pour commander la mise en marche et/ ou l'interruption du circuit d'équilibrage.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que l'information externe est choisie parmi : une information de tension d'une batterie d'alimentation du réseau de bord du véhicule, une information délivrée par un système de gestion de la batterie (BMS), une information de réveil du circuit d'équilibrage délivrée notamment par un système de contrôle moteur ou un ordinateur de bord, une information de l'alimentation du réseau de bord par détection de la clé de contact en position +APC « après contact ».
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le circuit d'équilibrage est agencé pour pouvoir fonctionner suivant deux modes, un premier mode dans lequel l'équilibrage des cellules de stockage d'énergie est accompagné d'un ou de courants d'équilibrage faibles notamment lorsque le véhicule est à l'arrêt, et un deuxième mode dans lequel l'équilibrage des cellules est accompagné d'un ou de courants d'équilibrage forts notamment lorsque le véhicule est en marche.

8. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé par le fait que le circuit d'équilibrage bascule du premier mode au deuxième mode lorsque la tension aux bornes d'une batterie du véhicule ou aux bornes de l'ensemble des cellules dépasse un seuil prédéterminé, par exemple un seuil égal à 12  
5 ou 13 Volts.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte un oscillateur (62) agencé pour commander la mise en marche et/ ou l'interruption du circuit d'équilibrage de  
10 manière intermittente, notamment via le système de diagnostic (61).

10. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé par le fait que l'oscillateur (62) est agencé pour commander la mise en marche et l'interruption du système de diagnostic (61).  
15

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que l'oscillateur commande directement le circuit d'équilibrage.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait que le circuit d'équilibrage est agencé pour fonctionner pendant une durée prédéterminée après sa mise en marche par l'oscillateur (62), puis le cas échéant se mettre à l'arrêt après cette durée prédéterminée.  
20

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le circuit d'équilibrage comporte un ou plusieurs transformateurs de type flyback.  
25

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le circuit d'équilibrage est agencé pour permettre de faire varier l'intensité du ou des courants d'équilibrage en fonction de l'état de vieillissement de la ou des cellules, notamment d'au moins l'une des  
30

informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'équilibrage étant réalisé de manière intermittente, caractérisé par le fait que la durée (*Dr3*) d'une phase d'équilibrage et/ou la durée (*Dr4*) entre deux déclenchements successifs de l'équilibrage sont liées à l'état de vieillissement de la ou des cellules, notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, l'équilibrage étant réalisé de manière intermittente, caractérisé par le fait que la durée (*Dr2*) entre deux signaux de réveil de l'équilibrage est choisie en fonction de l'état de vieillissement de la ou des cellules, notamment d'au moins l'une des informations suivantes : une valeur de la résistance interne de la ou des cellules de stockage d'énergie (*ESR ou Equivalent Serie Resistance*), une valeur de capacité de la ou des cellules de stockage d'énergie, l'état de charge d'une ou de plusieurs cellules (*SOC ou State of Charge*), l'état d'énergie d'une ou de plusieurs cellules (*SOE ou State of Energy*).

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il est agencé pour délivrer une information de fin de vie de la ou des cellules de stockage d'énergie, notamment sous la forme

d'un signal d'avertissement, en fonction de l'un au moins de la fréquence d'activation du circuit d'équilibrage et l'intensité du ou des courants d'équilibrage.

- 5 18. Dispositif de stockage d'énergie, notamment pour véhicule automobile, comportant :
- un ensemble (2) de cellules de stockage d'énergie (Ci) connectées en série,
  - un circuit d'équilibrage agencé pour permettre un équilibrage des
  - 10 cellules (Ci) lors d'une décharge de celles-ci,
  - un oscillateur (62) agencé pour permettre le déclenchement et/ ou l'arrêt du circuit d'équilibrage de manière intermittente.

15 19. Procédé d'équilibrage lors d'une décharge, à l'arrêt ou en fonctionnement du véhicule automobile, d'un dispositif de stockage d'énergie comportant un ensemble (2) de cellules de stockage d'énergie connectées en série, le procédé comportant les étapes suivantes :

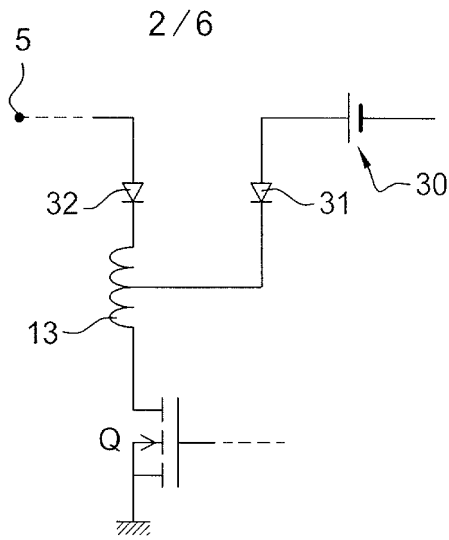
- permettre un équilibrage des cellules (Ci) lors d'une décharge de celles-ci, en faisant circuler un ou plusieurs courants d'équilibrage
- 20 dans une ou plusieurs cellules de l'ensemble (2),
- contrôler le ou les courants d'équilibrage, notamment pour provoquer le déclenchement de l'équilibrage, au moins en fonction d'une information externe indépendante de l'ensemble des cellules de
- 25 stockage d'énergie et/ ou d'une information associée à l'une au moins des cellules.

20. Procédé selon la revendication précédente, Dr1 étant la durée du signal de réveil de l'équilibrage, Dr2 étant la durée entre deux signaux de réveil de l'équilibrage, Dr3 étant la durée d'une phase d'équilibrage, Dr4 étant

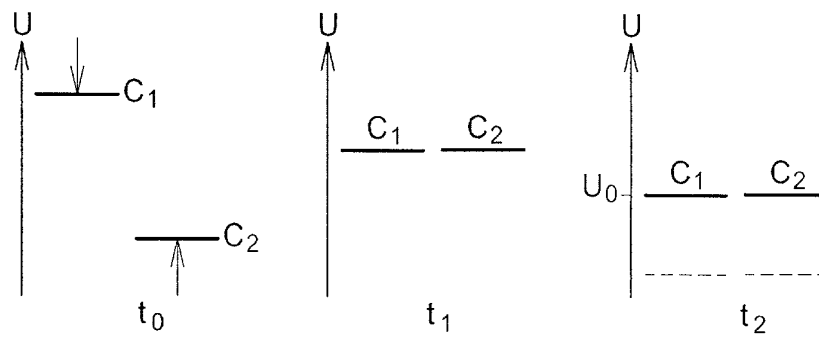
30 la durée entre deux déclenchements successifs de l'équilibrage, caractérisé par le fait que l'optimisation des rapports (Dr1/Dr2) et (Dr3/Dr4) et de

l'intensité ( $I_p$ ) est choisie de manière à, d'une part, minimiser l'auto-décharge de l'ensemble de cellules ( $C_i$ ) pour optimiser le taux de disponibilité de l'ensemble de cellules ( $C_i$ ) en fonction du profil d'utilisation et de son état de vieillissement, et d'autre part, avoir une image de l'état de santé de l'ensemble de cellules ( $C_i$ ) qui peut être utilisée dans une stratégie prédictive de fin de vie de l'ensemble de cellules ( $C_i$ ).

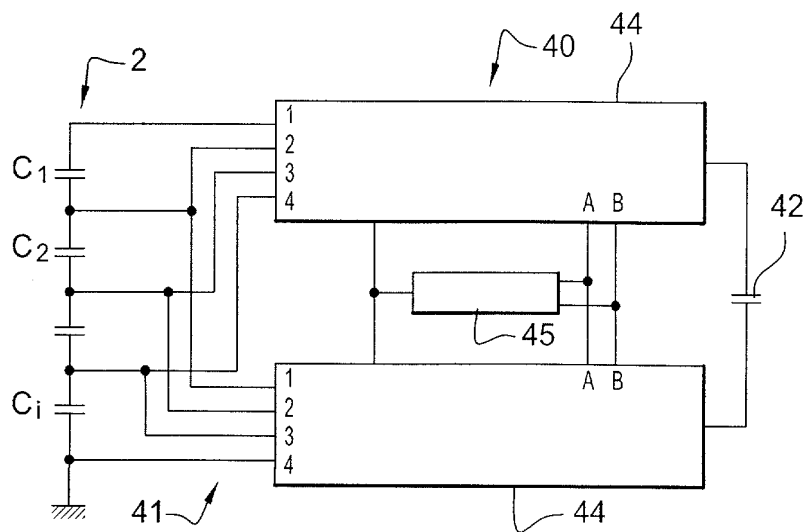




**Fig. 3**



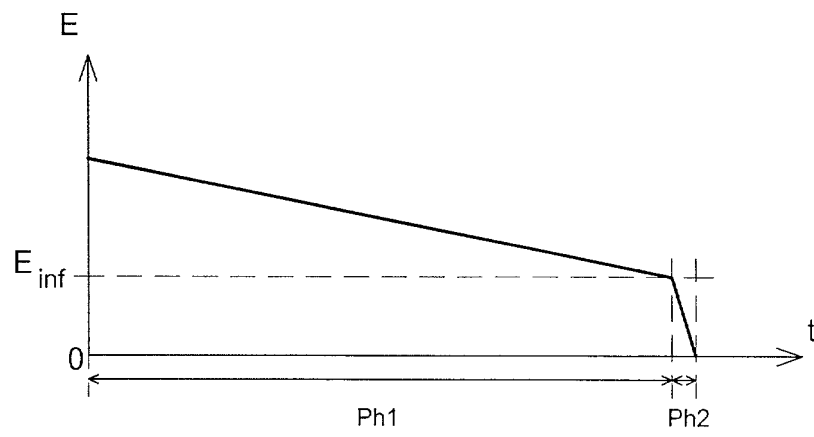
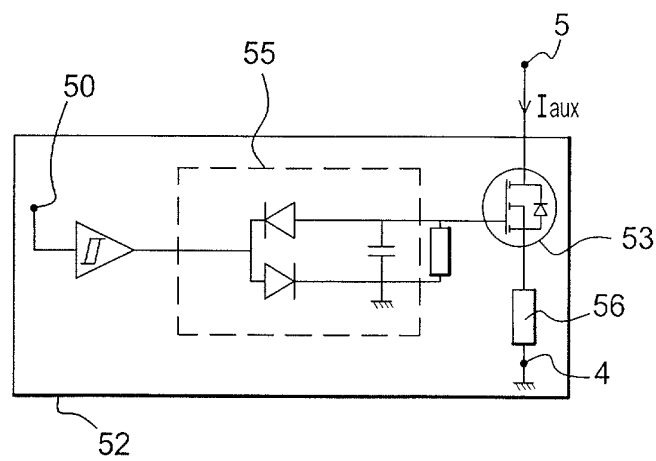
**Fig. 4**

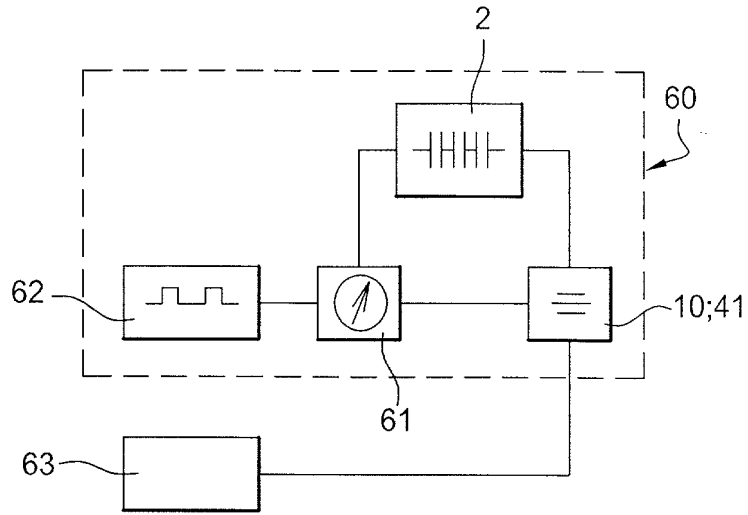


**Fig. 5**

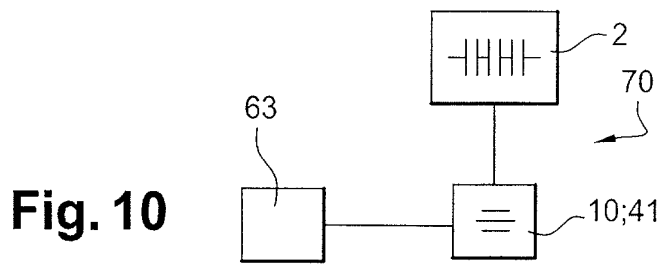


4/6

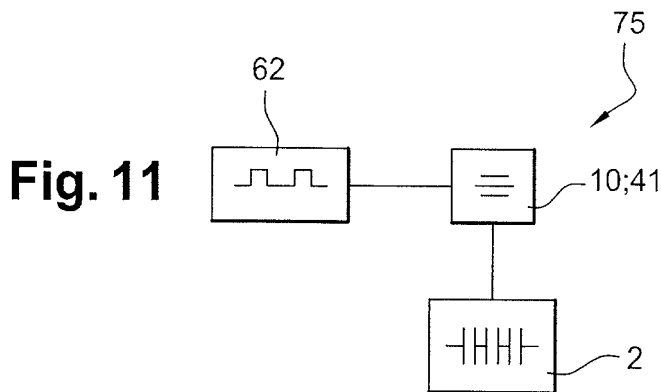
**Fig. 7****Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**

6 / 6

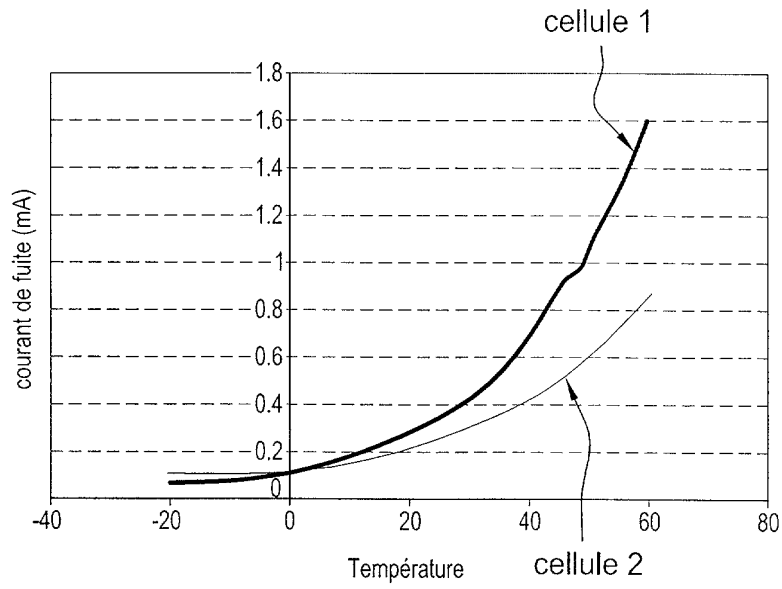


Fig. 12

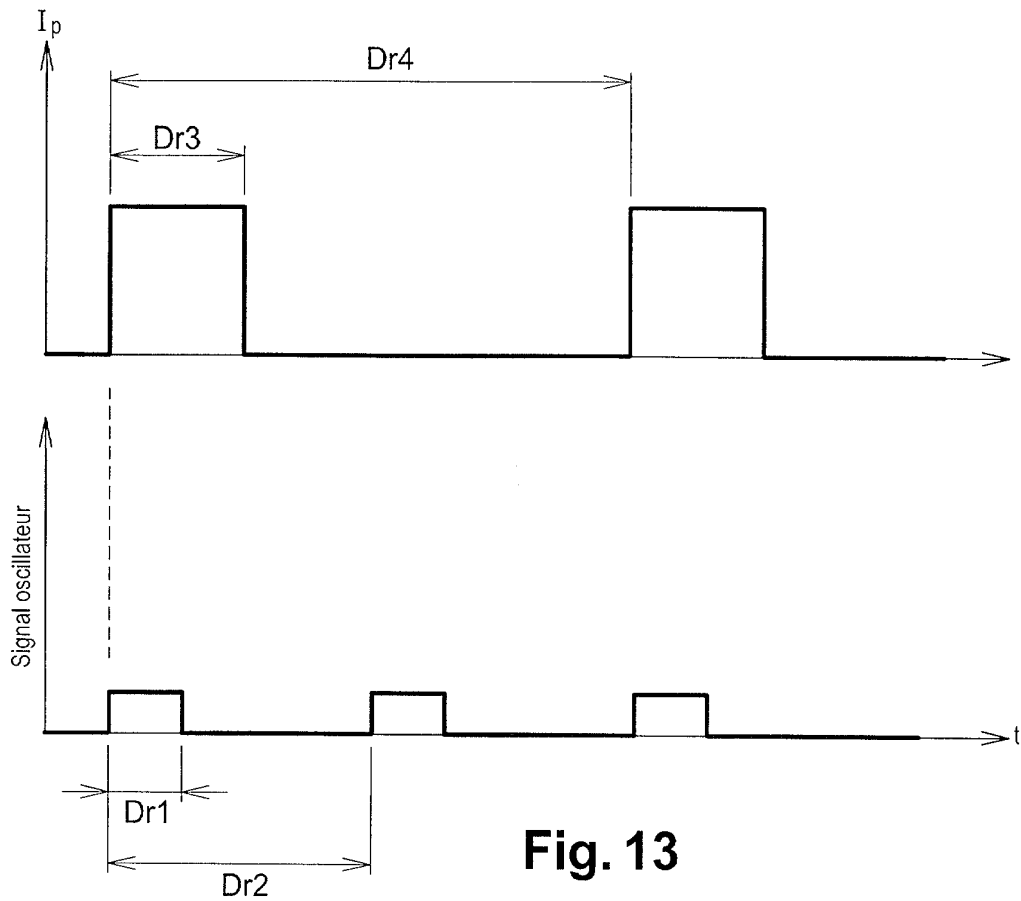


Fig. 13



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 704705  
FR 0850761

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
X	US 2006/119319 A1 (SAKURAI MASATO [JP] ET AL) 8 juin 2006 (2006-06-08)  * alinéas [0012] - [0016], [0027] - [0075]; figures 1,4-6 * -----	1-3,5,6, 9-12,18, 19	H02J7/00
X	US 6 624 612 B1 (LUNDQUIST DAVID [US]) 23 septembre 2003 (2003-09-23) * abrégé; figures 1-4,7 * * colonne 2, ligne 50 - colonne 6, ligne 27 * -----	1-3,5,19	
X	US 5 869 950 A (HOFFMAN JR DAVID WILLIAM [US] ET AL) 9 février 1999 (1999-02-09) * revendications 1-9; figures 1-6 * * colonne 17, ligne 13 - ligne 54 * -----	1,2,6,19	
X	US 2006/214636 A1 (ARAI YOUICHI [JP] ET AL) 28 septembre 2006 (2006-09-28) * abrégé; figures 1-3 * * alinéas [0026] - [0056] * -----	1,2,5,6, 19	
X	US 6 771 045 B1 (KELLER JESSE P [US]) 3 août 2004 (2004-08-03) * abrégé * * colonne 2, ligne 56 - colonne 7, ligne 32; figures 1-5 * -----	1,2,5,19	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02J H01M
X	US 6 150 795 A (KUTKUT NASSER H [US] ET AL) 21 novembre 2000 (2000-11-21) * le document en entier * -----	1-3,13, 19	
X	US 5 814 970 A (SCHMIDT HERIBERT [DE]) 29 septembre 1998 (1998-09-29) * le document en entier * -----	1,2,5,6, 19	
-/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 septembre 2008		Lorenzo Feijoo, S	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 5



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 704705  
FR 0850761

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		
A	US 5 644 212 A (TAKAHASHI TSUTOMU [JP]) 1 juillet 1997 (1997-07-01) * colonne 2, ligne 44 - colonne 5, ligne 14 *		
A	----- US 5 594 320 A (PACHOLOK DAVID R [US] ET AL) 14 janvier 1997 (1997-01-14) * le document en entier *		
A	----- US 2002/190692 A1 (MARTEN VICTOR [US]) 19 décembre 2002 (2002-12-19) * alinéas [0030] - [0038], [0040], [0053]; figures 2,3 *		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		24 septembre 2008	Lorenzo Feijoo, S
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ..... & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 5

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0850761 FA 704705**

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 24-09-2008

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
US 2006119319 A1	08-06-2006	EP 1670113 A2 JP 2006166615 A	14-06-2006 22-06-2006
US 6624612 B1	23-09-2003	AUCUN	
US 5869950 A	09-02-1999	CA 2252164 A1 EP 1970244 A2 EP 0913292 A2 JP 2000014031 A MX PA98009104 A NO 985042 A	30-04-1999 17-09-2008 06-05-1999 14-01-2000 29-10-2004 03-05-1999
US 2006214636 A1	28-09-2006	DE 102006002414 A1 JP 2006246646 A	14-09-2006 14-09-2006
US 6771045 B1	03-08-2004	AUCUN	
US 6150795 A	21-11-2000	AU 2469001 A CA 2390551 A1 EP 1230723 A1 JP 2003513605 T TW 512568 B WO 0133691 A1	14-05-2001 10-05-2001 14-08-2002 08-04-2003 01-12-2002 10-05-2001
US 5814970 A	29-09-1998	DE 4427077 C1 WO 9604564 A1 EP 0772785 A1 ES 2141943 T3	21-03-1996 15-02-1996 14-05-1997 01-04-2000
US 5644212 A	01-07-1997	DE 19541959 A1 JP 8140209 A	15-05-1996 31-05-1996
US 5594320 A	14-01-1997	CA 2157823 A1 DE 19533543 A1 FR 2724502 A1 GB 2293060 A	10-03-1996 14-03-1996 15-03-1996 13-03-1996
US 2002190692 A1	19-12-2002	AUCUN	