



**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

— avec revendications modifiées (art. 19.1)

### Procédé de charge optimal d'un accumulateur électrochimique

L'invention concerne un procédé de charge d'un accumulateur électrochimique. Elle concerne aussi tout dispositif ou système intégrant  
5 un accumulateur électrochimique dont la gestion est basée sur un tel procédé de charge.

Pour maîtriser le fonctionnement de tout appareil ou système intégrant au moins un accumulateur électrochimique, il est essentiel de connaître et  
10 maîtriser les performances de cet accumulateur, pour notamment gérer ses phases de charge et décharge et au final optimiser le fonctionnement de l'appareil ou du système.

Pour cela, le constructeur d'un accumulateur préconise en général un  
15 régime de charge lent dans des conditions dites nominales, qui permet de charger l'accumulateur au maximum et sans le détériorer. Ce régime de charge est plus précisément défini par les conditions électriques, c'est-à-dire les valeurs de courant et de tension, qui sont appliquées aux bornes d'un accumulateur pendant une certaine durée pour le charger. Ces  
20 conditions électriques sont définies par un algorithme qui dépend de la technologie électrochimique considérée.

A titre d'exemple, la figure 1 représente les conditions électriques préconisées pour charger un accumulateur basé sur une technologie  
25 lithium ion de type  $\text{LiFePO}_4$ . Les courbes 1, 2 représentent respectivement l'évolution du courant et de la tension de charge en fonction du temps. L'algorithme de charge ainsi illustré, appelé algorithme IU, comprend une phase I durant laquelle le courant de charge est constant alors que la tension augmente, et une phase U, qui débute à partir d'une certaine  
30 valeur seuil  $U_{\text{seuil}}$  de la tension, et durant laquelle la tension est maintenue

constante à cette valeur de seuil  $U_{\text{seuil}}$ . Durant cette dernière phase U, le courant tend vers une valeur nulle. En-dessous d'une certaine valeur  $I_{\text{seuil}}$ , fixée par le constructeur, la charge de l'accumulateur est considérée complète. La durée totale de charge est donc la somme de la durée  $t_I$  de la phase I et de la durée  $t_U$  de la phase U. Dans la pratique, c'est surtout la valeur du courant de charge de la phase I qui détermine la durée globale de charge.

Ce régime de charge, tel que défini par un constructeur d'accumulateurs électrochimiques, est souvent considéré trop lent pour un grand nombre d'applications. Pour pallier à cet inconvénient, il est alors connu de mettre en œuvre des charges plus rapides, à un régime plus élevé. Ces solutions plus rapides présentent alors l'inconvénient d'un rendement de charge réduit, voire d'induire un vieillissement prématuré de l'accumulateur.

Ainsi, il existe un besoin de définir une solution optimale de charge d'un accumulateur électrochimique, qui permette d'atteindre un bon compromis entre le temps de charge et le rendement de charge.

A cet effet, l'invention repose sur un procédé de charge d'un accumulateur électrochimique, comprenant une étape de détermination de l'état initial de l'accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique en optimisant le produit d'un gain en temps de charge par un gain en énergie en fonction de l'état initial de l'accumulateur électrochimique.

L'étape de détermination de l'état initial de l'accumulateur électrochimique peut comprendre le calcul de son état de charge initial ( $SOC_0$ ) ou de son état d'énergie initial ( $SOE_0$ ).

L'étape de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique peut comprendre la maximisation du produit  $G_t(I_{ch}) \times G_{wh}(I_{ch})$  où

- 5  $G_t(I_{ch})$  est le gain en temps de charge, qui se calcule comme le rapport entre le temps de charge gagné pour un régime de charge considéré ( $I_{ch}$ ) par rapport à un temps de charge lent de référence, sur le temps de charge de ce régime lent, et où

- 10  $G_{wh}(I_{ch})$  est le gain énergétique, qui se définit comme le rapport entre la diminution d'énergie injectée dans l'accumulateur au régime de charge considéré ( $I_{ch}$ ) par rapport à l'énergie injectée à un régime lent de référence, sur l'énergie injectée dans l'accumulateur au régime lent.

- 15 Le procédé de charge d'un accumulateur électrochimique peut de plus comprendre une étape de charge de l'accumulateur électrochimique comprenant une période de charge à courant constant ( $I_{ch}$ ) dont la valeur est déterminée pour maximiser le produit d'un gain en temps de charge par un gain en énergie.

- 20 L'étape de charge peut comprendre une période de charge à courant constant jusqu'à une valeur seuil de la tension puis une période de charge à tension constante à cette valeur seuil.

- 25 Le procédé de charge peut comprendre une phase de calibration de l'accumulateur électrochimique, permettant de mémoriser son temps de charge en fonction de différents régimes de charge pour différentes valeurs d'état initial et l'étape de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique peut comprendre un calcul à partir des données mémorisées lors de la phase de calibration.

La phase de calibration de l'accumulateur électrochimique peut comprendre la réalisation de  $n \times m$  phases de charges pour  $n$  régimes de charge différents et  $m$  états de charge initiaux de l'accumulateur électrochimique, et  $n$  peut être compris entre 5 et 10 inclus et/ou  $m$  peut être compris entre 4 et 8 inclus.

La première phase de calibration de l'accumulateur électrochimique peut comprendre l'itération des étapes E1 à E4 suivantes pour chacune des  $n$  régimes de charge ( $I_{chi}$ ), soit pour  $i$  variant de 1 à  $n$ , et des  $m$  états de charge initiaux ( $SOC_{0j}$ ), soit pour  $j$  variant de 1 à  $m$  :

E1 : chargement à pleine charge de l'accumulateur dans les conditions nominales ;

E2 : décharge de l'accumulateur dans des conditions nominales, jusqu'à un état de charge de l'accumulateur électrochimique à la valeur  $SOC_{0j}$  recherchée ;

E3 : pleine charge de l'accumulateur à un régime de charge ( $I_{chi}$ ) ;

E4 : décharge complète de l'accumulateur dans des conditions nominales.

L'étape de pleine charge E3 de l'accumulateur à un régime de charge ( $I_{chi}$ ) peut comprendre les sous-étapes suivantes :

E33 : mesure et mémorisation du temps total de charge ( $t_{chij}$ ) obtenu ;

E34 : mesure et mémorisation de la quantité totale ( $A_{chij}$ ) d'ampères-heure injectés pour cette charge et/ou de l'énergie ( $W_{hij}$ ) injectée dans l'accumulateur.

La phase de calibration de l'accumulateur électrochimique peut aussi comprendre une itération de plusieurs phases de charge pour des températures différentes.

L'invention porte aussi sur un dispositif de charge d'un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé de charge tel que décrit précédemment.

- 5 L'invention porte aussi sur un système comprenant un dispositif alimenté par un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de charge de cet accumulateur tel que décrit ci-dessus.

10 Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode d'exécution particulier fait à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

15 La figure 1 représente l'évolution du courant et de la tension de charge en fonction du temps selon un algorithme de charge IU d'un accumulateur électrochimique de l'état de la technique.

20 La figure 2 illustre quelques courbes représentant la durée de charge d'un accumulateur en fonction du régime de charge, pour différents états de charges initiaux, selon le mode de réalisation de l'invention.

25 La figure 3 représente le gain de temps en fonction du gain en énergie, pour différentes valeurs d'état de charge initiale  $SOC_0$  selon le mode de réalisation de l'invention.

La figure 4 représente le produit du gain de temps en fonction du gain en énergie en fonction du gain en énergie, pour différentes valeurs d'état de charge initiale  $SOC_0$  selon le mode de réalisation de l'invention.

La figure 5 représente un algorithme du procédé de charge selon le mode de réalisation de l'invention.

Selon le mode de réalisation, l'invention repose sur un procédé de charge d'un accumulateur électrochimique, dont l'algorithme est illustré sur la figure 5, qui comprend une première phase de calibration de cet accumulateur électrochimique ou d'un accumulateur représentatif de la technologie électrochimique utilisée.

10 Cette première phase de calibration consiste à déterminer le temps de charge nécessaire pour la charge complète d'un accumulateur et l'efficacité de ladite charge, à partir de plusieurs états initiaux de l'accumulateur et à partir de plusieurs régimes de charge. Cette calibration permet ainsi de définir un tableau de valeurs ou abaque, qui servira de  
15 référence à l'optimisation de la charge d'un accumulateur, qui sera explicitée par la suite.

Selon le mode de réalisation, la calibration est obtenue pour plusieurs régimes de charge d'un accumulateur, c'est-à-dire pour plusieurs conditions électriques I, U. Pour cela, il est par exemple possible de définir  
20 plusieurs valeurs de courants de charge  $I_{ch}$  dans le cas d'utilisation d'un algorithme IU tel que présenté en référence avec la figure 1. En remarque, ce même principe reste valable pour tout algorithme de charge d'un accumulateur électrochimique, quel que soit l'algorithme électrique utilisé.  
25 Pour simplifier, nous considérerons l'algorithme IU par la suite.

Ces différentes valeurs de régimes de charge incluent le régime nominal, c'est-à-dire la valeur préconisée par le constructeur, et la performance de la charge est réellement testée pour chacun de ces régimes de charge.  
30 Un nombre n de valeurs différentes de courants de charge compris entre 5

et 10 représente un bon compromis. Ces n valeurs peuvent être choisies, uniformément ou non réparties, sur une plage d'utilisation de l'accumulateur, et/ou pour de forts ou faibles régimes.

- 5 Ensuite, la calibration est aussi effectuée pour différents états de charge initiaux  $SOC_0$  de l'accumulateur. En remarque, l'état de charge de l'accumulateur, appelé par sa dénomination anglo-saxonne « State Of Charge », et couramment plus simplement SOC, représente la capacité disponible de l'accumulateur sur une échelle de 0 à 1, les valeurs de 0 et
- 10 1 représentant respectivement les états totalement déchargé et chargé de l'accumulateur. Cette calibration est effectuée sur m valeurs d'état de charge, m étant avantageusement compris entre 4 et 8.

En remarque, l'état d'énergie, dénommé « State Of Energy » SOE, défini

15 comme le rapport entre l'énergie  $E_{d/PN}$  disponible dans l'hypothèse d'une décharge d'énergie dans les conditions nominales de l'accumulateur et l'énergie nominale  $E_N$ , donc défini par la formule  $SOE = E_{d/PN} / E_N$ , peut être substitué au paramètre SOC mentionné ci-dessus. Cette valeur de SOE est de même comprise entre 0 et 1, la valeur égale à 1

20 correspondant à un état d'énergie de l'accumulateur totalement chargé et la valeur égale à 0 comme un état totalement déchargé.

La phase de calibration repose donc sur la réalisation de n x m phases de charge d'un accumulateur électrochimique en faisant varier le régime et

25 l'état de charge initial de l'accumulateur, tel que décrit ci-dessus. Ces n x m conditions de charge sont choisies de sorte de ne pas entraîner de dégradation ou vieillissement anormal de l'accumulateur. Elles restent dans des plages de valeurs considérées comme acceptables par l'accumulateur. Pour ces différents cycles de charge, la température

30 ambiante reste constante, de préférence comprise entre 20 et 25 °C.

Pour un accumulateur électrochimique aqueux, l'appoint en eau est régulièrement fait pour conserver sa performance durant toute la phase de calibration.

- 5 Selon le mode d'exécution de l'invention, cette phase de calibration comprend finalement les étapes suivantes, répétées successivement pour chacune des  $n$  valeurs de  $I_{chi}$  (soit pour  $i$  variant de 1 à  $n$ ) et des  $m$  valeurs  $SOC_{0j}$  (soit pour  $j$  variant de 1 à  $m$ ) :
- 10 E1 : chargement à pleine charge de l'accumulateur dans les conditions nominales, soit pour un régime de charge comprenant une phase à courant constant  $I_{chn}$ , à la valeur nominale, puis une phase à tension constante  $U_{seuil}$ , tel que représenté sur figure 1 ;
- 15 E2 : décharge dans des conditions nominales, soit pour un courant de décharge  $I_{dch}$  égal à la valeur nominale  $I_{dchn}$ . En remarque, cette dernière est définie dans une plage de décharge recommandée par le constructeur, et de la manière la plus reproductible possible pour obtenir une calibration la plus fiable possible. Par exemple, le régime de
- 20 décharge permettant d'atteindre la décharge complète en 1H est acceptable pour la technologie Lithium-ion. Cette décharge est poursuivie jusqu'à ce que la quantité d'ampères/heure restitués (Ah) soit égale à  $(1-SOC_{0j}) \times C_n$ , où  $C_n$  représente la capacité nominale de l'accumulateur, soit le nombre total d'Ah restitués lors d'une décharge
- 25 totale dans les conditions nominales. Une telle décharge permet de positionner l'accumulateur électrochimique dans un état de charge à la valeur  $SOC_{0j}$  recherchée ;
- E3 : pleine charge de l'accumulateur à un régime  $i$ , défini par un courant
- 30 de charge  $I_{ch} = I_{chi}$ . Cette étape comprend les sous-étapes suivantes :

E31 : charge en phase I à courant constant  $I_{chi}$  jusqu'à la valeur seuil  $U_{seuil}$  de la tension ;

E32 : charge en phase U à tension constante à la valeur  $U_{seuil}$  jusqu'à ce que le courant passe sous sa valeur seuil  $I_{seuil}$  ;

- 5 En remarque, ces deux sous-étapes E31 et E32 seront adaptées à tout autre algorithme de charge selon la technologie d'accumulateur calibrée. Ensuite, en parallèle des deux étapes E31 et E32, les sous-étapes suivantes sont réalisées:

10 E33 : mesure et mémorisation du temps total de charge  $t_{chij}$  obtenu à partir des conditions de régime  $I_{chi}$  et d'état de charge initial  $SOC_{0j}$  ;

E34 : mesure et mémorisation de la quantité totale  $A_{chij}$  d'ampères-heure injectés pour cette charge et/ou de l'énergie  $W_{hij}$  injectée dans l'accumulateur, à partir des conditions de régime  $I_{chi}$  et d'état de charge initial  $SOC_{0j}$ .

15

E4 : nouvelle décharge totale dans les conditions nominales de la batterie.

20 Une pause est effectuée entre ces différentes étapes E1-E4, d'une durée de relaxation suffisante, par exemple entre 10 et 60 minutes.

25 Selon une variante de réalisation, la calibration est aussi effectuée en faisant varier la température. Pour cela, p valeurs de température sont choisies, dans une plage allant par exemple de 0 à 40 °C. Les étapes E1 à E4 précédentes sont ensuite ré-itérées pour les n x m x p valeurs considérées, dans un tableau à trois entrées au lieu de deux.

30 Lorsque cette calibration est faite, il est possible de déduire des lois entre toutes les valeurs utilisées, notamment entre la durée de charge, l'état de charge initial et le régime de charge de l'accumulateur

électrochimique. Il est tout simplement possible d'extrapoler les valeurs non directement mesurées par les étapes d'itération explicitées précédemment à partir des mesures réelles effectuées. La phase de calibration peut comprendre ainsi une dernière étape E5 de  
5 détermination de toutes les valeurs à partir des  $n \times m$  (ou  $n \times m \times p$ ) mesures réelles obtenues. Les résultats de cette phase de calibration sont mémorisés pour être exploités.

La figure 2 illustre à titre d'exemple quelques courbes représentant la  
10 durée de charge d'un accumulateur en fonction du régime de charge, pour différents états de charges initiaux. Plus précisément, les courbes 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 correspondent respectivement à un état de charge initial de 0 %, 20%, 40%, 60%, 80%, 90% et 95%.

15 En variante, la calibration décrite ci-dessus peut être remplacée par un calcul théorique, sur la base par exemple d'une modélisation physique de l'accumulateur, ou par tout autre procédé permettant de fournir en sortie les valeurs du tableau mentionné précédemment.

20 Ensuite, le procédé de charge d'un accumulateur électrochimique comprend une seconde phase de charge, comprenant la détermination des conditions de charge d'un certain accumulateur, qui repose sur la recherche d'un compromis optimal entre la réduction du temps de charge et son rendement ou augmentation de l'énergie de charge  
25 injectée.

Selon le mode de réalisation, les deux grandeurs suivantes sont considérées pour mesurer les deux critères énoncés ci-dessus :

$G_t(I_{ch})$  : il s'agit d'un gain de temps, qui se calcule comme le rapport entre le temps de charge  $t_{ch}$  gagné pour un régime de charge  $I_{ch}$  par rapport à un temps de charge lent (régime lent  $I_l$ ), sur le temps de charge de ce régime lent.

5

Ce gain se définit donc par la formule suivante :

$$G_t(I_{ch}) = (t_{ch}(I_{ch}) - t_{ch}(I_l)) / t_{ch}(I_l)$$

$G_{wh}(I_{ch})$  : il s'agit du gain énergétique, qui se définit comme le rapport  
10 entre la diminution d'énergie injectée dans l'accumulateur au régime de charge rapide  $I_{ch}$  par rapport à celle injectée à un régime lent  $I_l$  de référence, sur l'énergie injectée dans l'accumulateur au régime lent.

Ce gain se définit donc par la formule suivante :

15  $G_{wh}(I_{ch}) = (W_h(I_{ch}) - W_h(I_l)) / W_h(I_l)$

En remarque, les gains précédents ont été utilisés à titre d'exemple mais il existe d'autres possibilités de définir des grandeurs permettant de représenter de manière équivalente le gain en temps et le gain en  
20 énergie. Nous entendrons donc par ces termes de gains toutes grandeurs au sens large qui représentent respectivement une sensibilité au temps de charge d'un accumulateur électrochimique et une sensibilité au rendement énergétique de la charge d'un accumulateur électrochimique.

25

La figure 3 représente le gain de temps en fonction du gain en énergie, pour différentes valeurs d'état de charge initiale  $SOC_0$ . Plus précisément, les courbes 21, 22, 23, 24, 25 représentent respectivement ces courbes pour des valeurs de 0%, 20 %, 40%, 60%,  
30 et 80% d'état de charge initiale. Elles montrent bien que pour un gain de

temps nul, le rendement énergétique est maximal, et que lorsque le gain de temps augmente, le rendement énergétique diminue, jusqu'à tendre vers 0 pour un gain de temps entre 75 et 90 %. En remarque, le tracer de ces courbes est rendu possible grâce aux données de calibration obtenues en première phase, comme explicité précédemment.

Selon le mode de réalisation, le compromis optimal des conditions de charge de l'accumulateur électrochimique est défini en considérant le produit  $G_t(I_{ch}) \times G_{wh}(I_{ch})$  entre les deux gains définis ci-dessus et en maximisant ce produit. Ainsi, le procédé comprend une étape de recherche du régime de charge (ici le courant de charge  $I_{ch}$ ) qui permet de maximiser ce produit.

La figure 4 représente ce produit en fonction du gain en énergie, pour différentes valeurs d'état de charge initiale  $SOC_0$ . Plus précisément, les courbes 31, 32, 33, 34, 35 représentent respectivement ces courbes pour des valeurs de 0%, 20 %, 40%, 60%, et 80% d'état de charge initiale. Les points 41, 42, 43, 44, 45 représentent les situations optimales.

Ainsi, le procédé de charge d'un accumulateur électrochimique comprend une étape E10 de détermination de l'état de charge  $SOC_0$  de l'accumulateur, ou une valeur équivalente comme un état d'énergie  $SOE_0$ . Il comprend ainsi généralement une étape E10 de détermination de l'état initial de l'accumulateur électrochimique. La mise en œuvre de cette étape permet par exemple de déterminer quelle courbe parmi les courbes 31 à 35 de la figure 4 est pertinente au vu de l'état de l'accumulateur qu'on souhaite charger.

Ensuite, il comprend une étape E11 de recherche du régime de charge optimal, qui maximise le produit des gains explicités ci-dessus. Sa mise en œuvre possible consiste à choisir le point maximal 41 à 45 de la courbe identifiée 31 à 35 ci-dessus. Ce point permet de remonter à la  
5 valeur du courant  $I_{ch}$  du régime de charge correspondant, grâce aux données de calibration. Ensuite, la charge en tant que telle est réalisée dans une étape E12, à partir de l'algorithme IU habituel, en utilisant la valeur de courant déterminée  $I_{ch}$  pour la phase I de cette charge, la seconde phase U restant habituelle, jusqu'à la fin de la charge selon  
10 tout critère prédéfini.

Naturellement, l'identification du produit maximal entre les deux gains considérés peut se faire en variante par tout autre moyen de calcul mathématique que l'utilisation des courbes de la figure 4.

15

De plus, ce principe est applicable pour tout algorithme de charge prédéfini, comme les algorithmes à courant constant généralement utilisés pour les accumulateurs de type NiMH, ou les algorithmes de type IUi. Il est aussi applicable à tout autre algorithme. Le concept de  
20 l'invention est ainsi adapté à tout accumulateur électrochimique, quelle que soit sa technologie électrochimique utilisée, comme au lithium, au nickel, ou au plomb.

L'invention porte aussi sur un dispositif de charge d'un tel accumulateur électrochimique, qui met en œuvre le procédé de charge décrit ci-dessus.

25

Elle porte aussi sur un système comprenant un dispositif alimenté par un accumulateur électrochimique et un dispositif de charge de cet  
30 accumulateur, qui mettent en œuvre le procédé de charge décrit ci-

dessus. Pour cela, le système peut utiliser des moyens logiciels et/ou matériels (software et/ou hardware), comprenant par exemple une mémoire intégrant les données de calibration définies par la phase de calibration décrite précédemment, et un calculateur pour connaître  
5 précisément l'état de l'accumulateur, en tant réel ou non, et pour mettre en œuvre les calculs précédents.

Revendications

1. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique, comprenant une étape (E10) de détermination de l'état initial de l'accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend une étape (E11) de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique en optimisant le produit d'un gain en temps de charge par un gain en énergie en fonction de l'état initial de l'accumulateur électrochimique.
2. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape (E10) de détermination de l'état initial de l'accumulateur électrochimique comprend le calcul de son état de charge initial ( $SOC_0$ ) ou de son état d'énergie initial ( $SOE_0$ ).
3. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape (E11) de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique comprend la maximisation du produit  $G_t(I_{ch}) \times G_{wh}(I_{ch})$  où
- $G_t(I_{ch})$  est le gain en temps de charge, qui se calcule comme le rapport entre le temps de charge gagné pour un régime de charge considéré ( $I_{ch}$ ) par rapport à un temps de charge lent de référence, sur le temps de charge de ce régime lent, et où
- $G_{wh}(I_{ch})$  est le gain énergétique, qui se définit comme le rapport entre la diminution d'énergie injectée dans l'accumulateur au régime de charge considéré ( $I_{ch}$ ) par rapport à l'énergie injectée à un régime lent de référence, sur l'énergie injectée dans l'accumulateur au régime lent.
4. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une étape

(E12) de charge de l'accumulateur électrochimique comprenant une période de charge à courant constant ( $I_{ch}$ ) dont la valeur est déterminée pour maximiser le produit d'un gain en temps de charge par un gain en énergie.

5

5. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de charge (E12) comprend une période de charge à courant constant jusqu'à une valeur seuil de la tension puis une période de charge à tension constante à cette valeur seuil.

10

6. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de calibration de l'accumulateur électrochimique, permettant de mémoriser son temps de charge en fonction de différents régimes de charge pour différentes valeurs d'état initial et en ce que l'étape (E11) de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique comprend un calcul à partir des données mémorisées lors de la phase de calibration.

15

20

7. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la phase de calibration de l'accumulateur électrochimique comprend la réalisation de  $n \times m$  phases de charges pour  $n$  régimes de charge différents et  $m$  états de charge initiaux de l'accumulateur électrochimique.

25

8. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que  $n$  est compris entre 5 et 10 inclus et/ou  $m$  est compris entre 4 et 8 inclus.

30

9. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que la première phase de calibration de l'accumulateur électrochimique comprend l'itération des étapes E1 à E4 suivantes pour chacune des n régimes de charge ( $I_{chi}$ ),  
5 soit pour i variant de 1 à n, et des m états de charge initiaux ( $SOC_{0j}$ ), soit pour j variant de 1 à m :
- E1 : chargement à pleine charge de l'accumulateur dans les conditions nominales ;
- E2 : décharge de l'accumulateur dans des conditions nominales,  
10 jusqu'à un état de charge de l'accumulateur électrochimique à la valeur  $SOC_{0j}$  recherchée ;
- E3 : pleine charge de l'accumulateur à un régime de charge ( $I_{chi}$ ) ;
- E4 : décharge complète de l'accumulateur dans des conditions nominales.
- 15
10. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de pleine charge (E3) de l'accumulateur à un régime de charge ( $I_{chi}$ ) comprend les sous-étapes suivantes :
- 20 E33 : mesure et mémorisation du temps total de charge ( $t_{chij}$ ) obtenu ;
- E34 : mesure et mémorisation de la quantité totale ( $A_{chij}$ ) d'ampères-heure injectés pour cette charge et/ou de l'énergie ( $W_{hij}$ ) injectée dans l'accumulateur.
- 25
11. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que la phase de calibration de l'accumulateur électrochimique comprend aussi une itération de plusieurs phases de charge pour des températures différentes.

12. Dispositif de charge d'un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé de charge selon l'une des revendications précédentes.
- 5 13. Système comprenant un dispositif alimenté par un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de charge de cet accumulateur selon la revendication précédente.

**REVENDEICATIONS MODIFIÉES**  
**reçues par le Bureau international le 03 septembre 2012 (03.09.2012)**

1. Procédé de détermination des conditions de charge d'un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5           - réaliser une phase de calibration de l'accumulateur électrochimique, permettant de connaître son temps de charge en fonction de différents régimes de charge pour différentes valeurs d'état initial de l'accumulateur électrochimique ;
- 10           - définir deux grandeurs appelées gain en temps et gain en énergie et représentant respectivement une sensibilité au temps de charge d'un accumulateur et une sensibilité au rendement énergétique ; et
- 15           - calculer (E11), pour un état initial de l'accumulateur électrochimique, un régime de charge de l'accumulateur électrochimique qui maximise le produit du gain en temps et du gain en énergie définis préalablement.

2. Procédé de détermination des conditions de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la phase de calibration de l'accumulateur électrochimique comprend la réalisation de  $n \times m$  phases de charges pour  $n$  régimes de charge différents et  $m$  états de charge initiaux de l'accumulateur électrochimique.

3. Procédé de détermination des conditions de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que  $n$  est compris entre 5 et 10 inclus et/ou  $m$  est compris entre 4 et 8 inclus.

4. Procédé de détermination des conditions de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication 2 ou 3, caractérisé

en ce que la première phase de calibration de l'accumulateur électrochimique comprend l'itération des étapes E1 à E4 suivantes pour chacune des  $n$  régimes de charge ( $I_{chi}$ ), soit pour  $i$  variant de 1 à  $n$ , et des  $m$  états de charge initiaux ( $SOC_{0j}$ ), soit pour  $j$  variant de 1 à  $m$  :

5 E1 : chargement à pleine charge de l'accumulateur dans les conditions nominales ;

E2 : décharge de l'accumulateur dans des conditions nominales, jusqu'à un état de charge de l'accumulateur électrochimique à la valeur  $SOC_{0j}$  recherchée ;

10 E3 : pleine charge de l'accumulateur à un régime de charge ( $I_{chi}$ ) ;

E4 : décharge complète de l'accumulateur dans des conditions nominales.

5. Procédé de détermination des conditions de charge d'un  
15 accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de pleine charge (E3) de l'accumulateur à un régime de charge ( $I_{chi}$ ) comprend les sous-étapes suivantes :

E33 : mesure et mémorisation du temps total de charge ( $t_{chij}$ ) obtenu ;

20 E34 : mesure et mémorisation de la quantité totale ( $A_{chij}$ ) d'ampères-heure injectés pour cette charge et/ou de l'énergie ( $W_{hij}$ ) injectée dans l'accumulateur.

6. Procédé de détermination des conditions de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé  
25 en ce que la phase de calibration de l'accumulateur électrochimique comprend aussi une itération de plusieurs phases de charge pour des températures différentes.

7. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique comprenant les  
30 étapes suivantes :

- déterminer (E10) l'état initial de l'accumulateur électrochimique ;
  - rechercher un régime de charge optimum déterminé par le procédé selon l'une des revendications précédentes pour un état initial de l'accumulateur correspondant à celui déterminé préalablement ; et
  - charger l'accumulateur électrochimique avec le régime de charge défini à l'étape précédente.
- 5
- 10 8. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape (E10) de détermination de l'état initial de l'accumulateur électrochimique comprend le calcul de son état de charge initial (SOC<sub>0</sub>) ou de son état d'énergie initial (SOE<sub>0</sub>).
- 15
9. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que l'étape (E11) de détermination du régime de charge de l'accumulateur électrochimique comprend la maximisation du produit  $G_t(I_{ch}) \times G_{wh}(I_{ch})$  où
- 20  $G_t(I_{ch})$  est le gain en temps de charge, qui se calcule comme le rapport entre le temps de charge gagné pour un régime de charge considéré ( $I_{ch}$ ) par rapport à un temps de charge lent de référence, sur le temps de charge de ce régime lent, et où
- 25  $G_{wh}(I_{ch})$  est le gain énergétique, qui se définit comme le rapport entre la diminution d'énergie injectée dans l'accumulateur au régime de charge considéré ( $I_{ch}$ ) par rapport à l'énergie injectée à un régime lent de référence, sur l'énergie injectée dans l'accumulateur au régime lent.
- 30 10. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce qu'il comprend une étape (E12) de

charge de l'accumulateur électrochimique comprenant une période de charge à courant constant (I<sub>ch</sub>) dont la valeur est déterminée pour maximiser le produit d'un gain en temps de charge par un gain en énergie.

- 5 11. Procédé de charge d'un accumulateur électrochimique selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'étape de charge (E12) comprend une période de charge à courant constant jusqu'à une valeur seuil de la tension puis une période de charge à tension constante à cette valeur seuil.
- 10 12. Dispositif de charge d'un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre un procédé de charge selon l'une des revendications 7 à 11.
- 15 13. Système comprenant un dispositif alimenté par un accumulateur électrochimique, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de charge de cet accumulateur selon la revendication précédente.

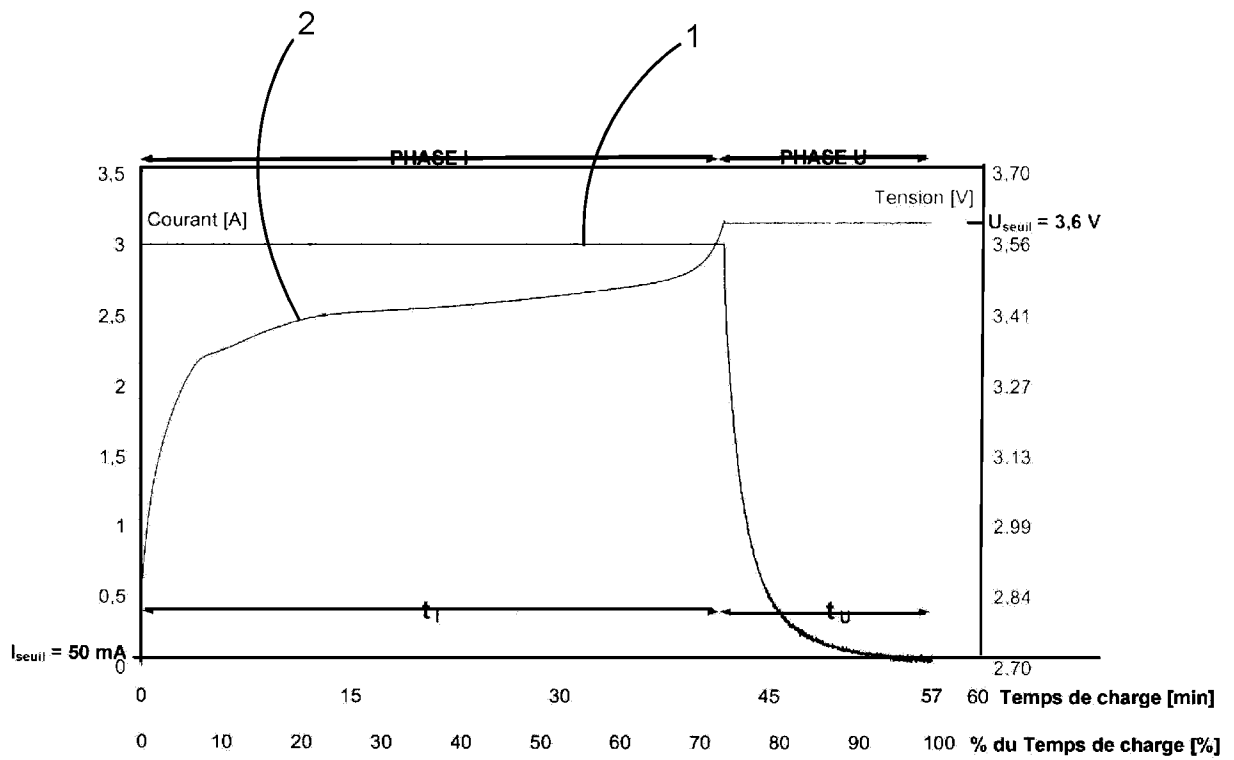


FIG.1

Durée de charge  
t<sub>ch</sub> [h]

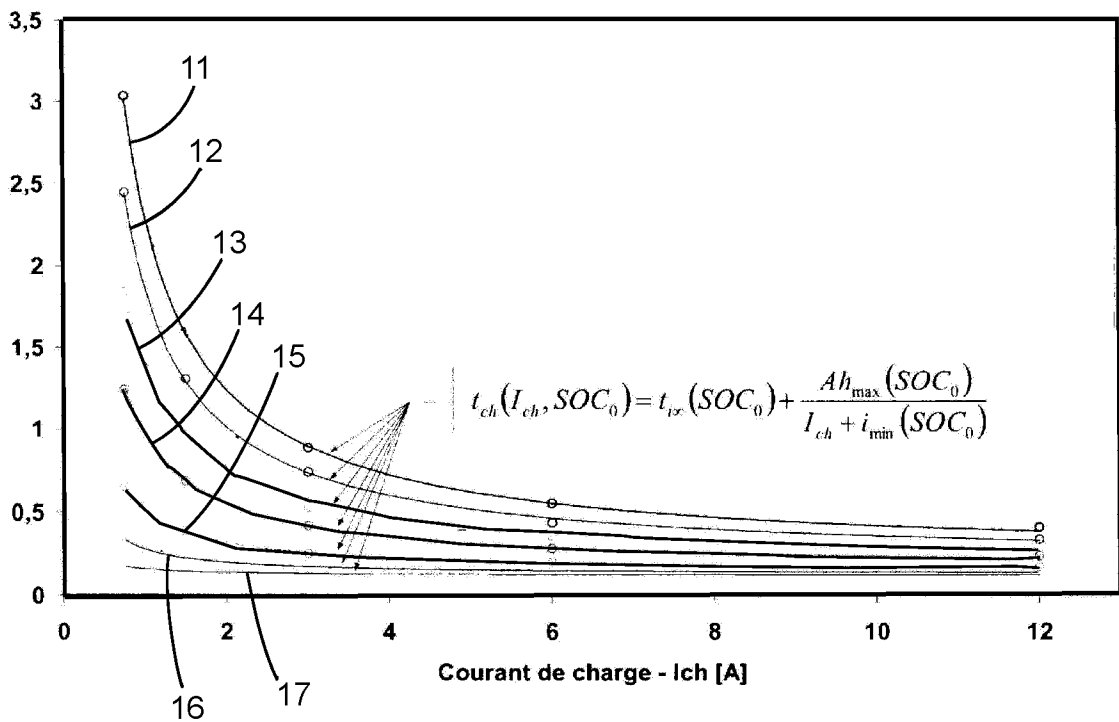


FIG.2

2/3

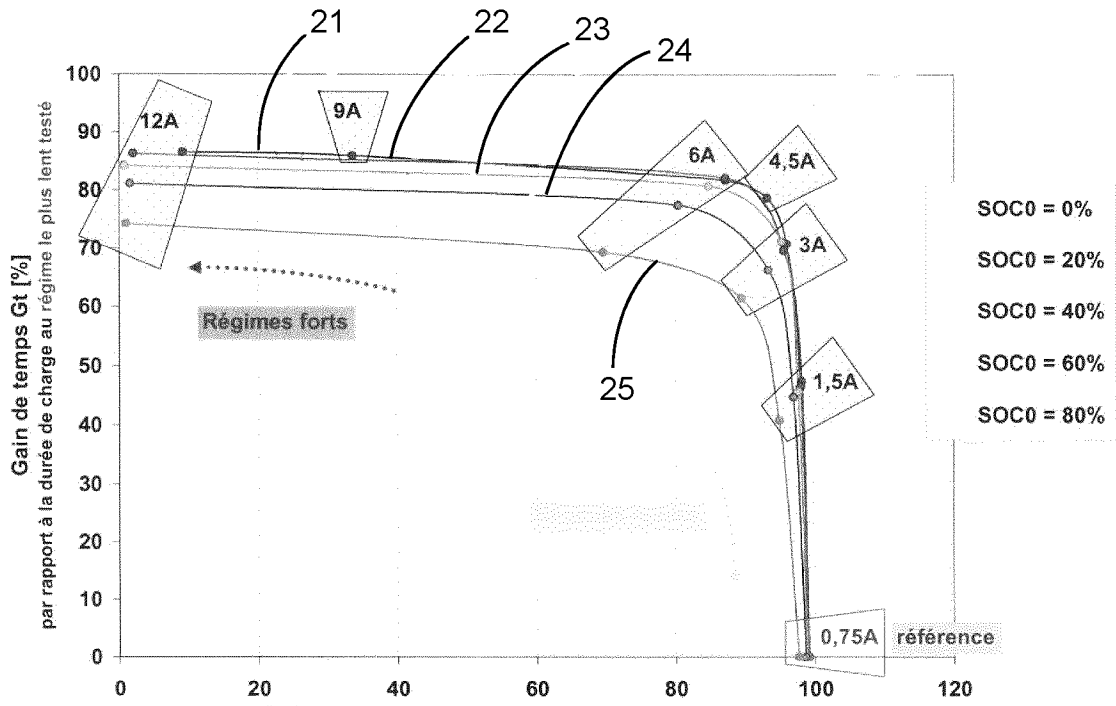


FIG. 3

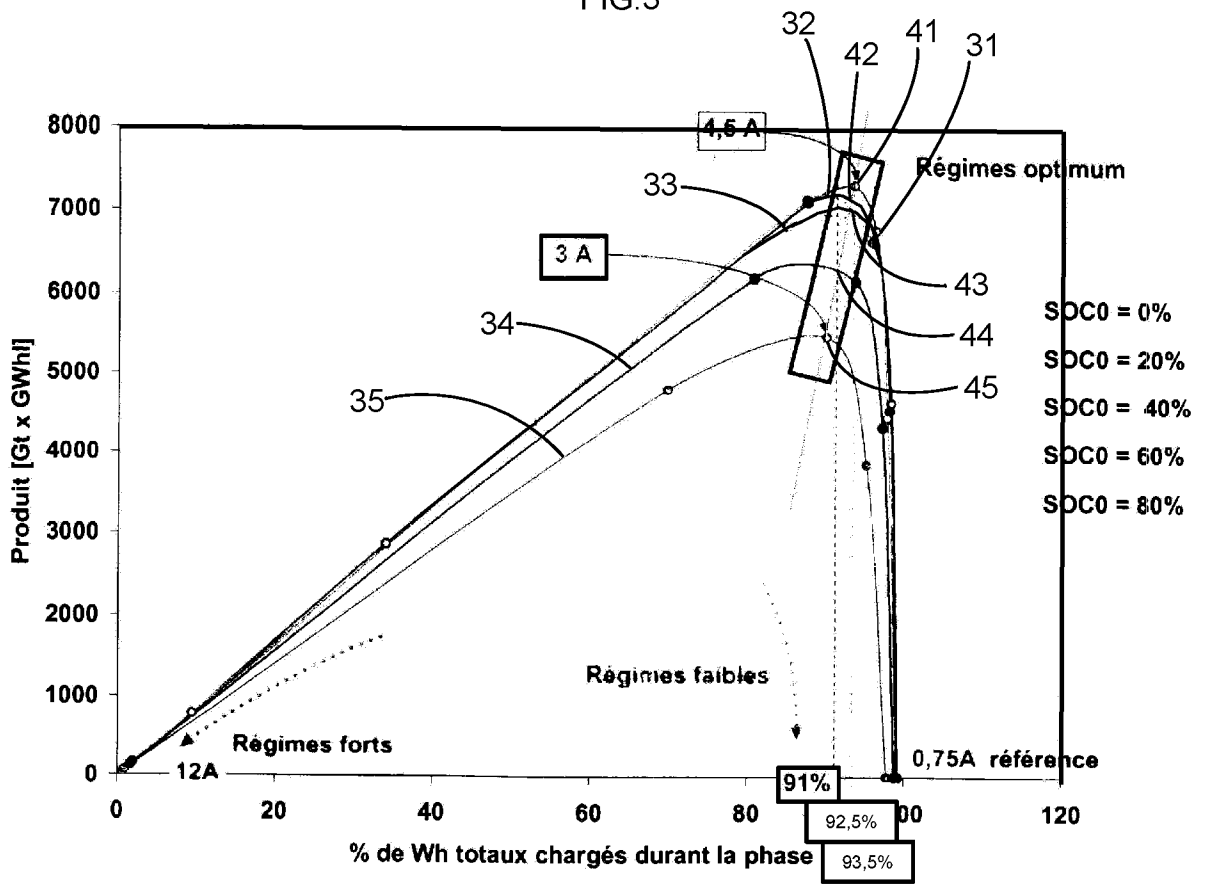


FIG. 4

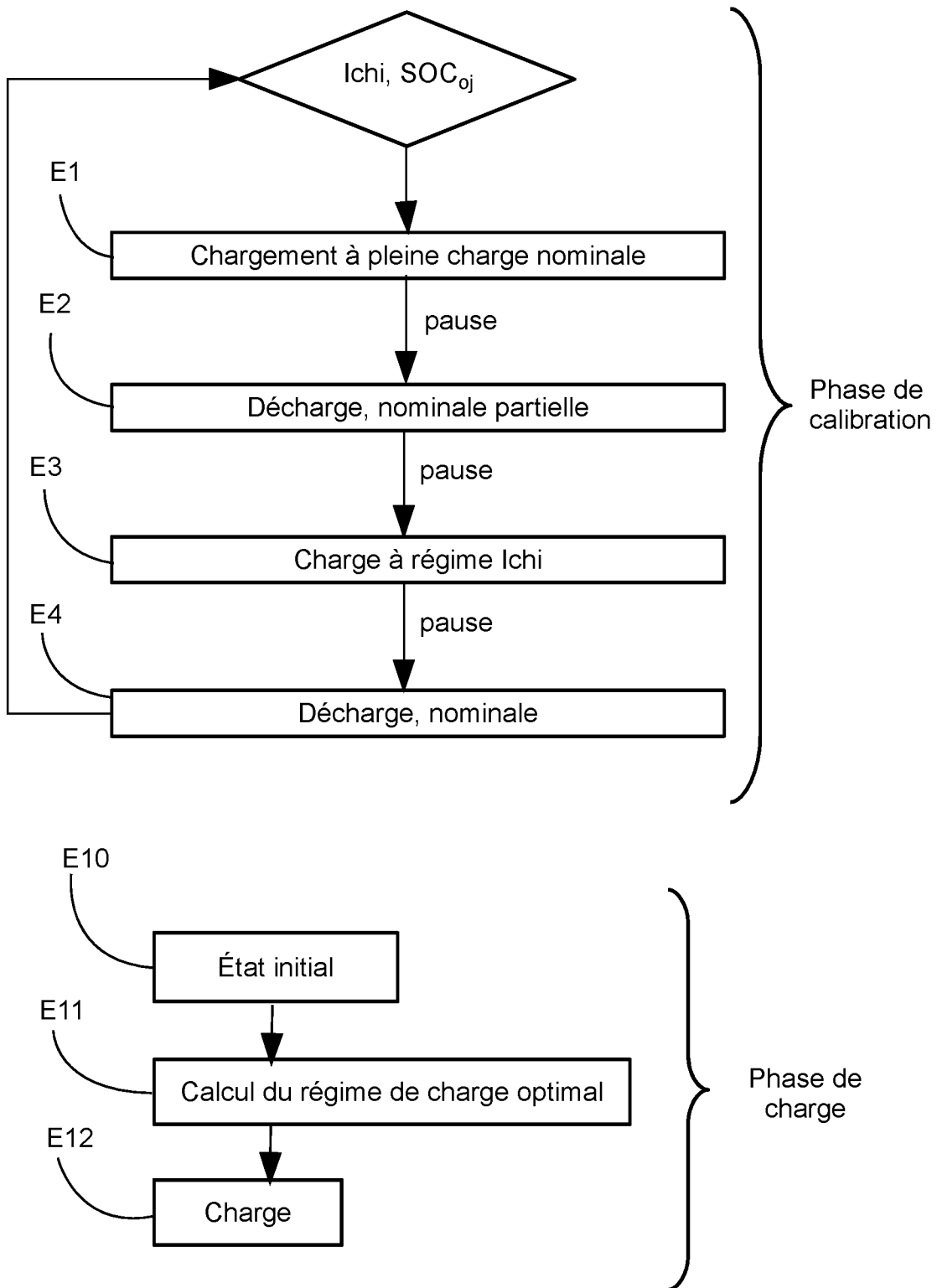


FIG.5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/056735

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. H01M10/44  
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 528 574 B1 (ADKINS KENNETH C [US] ET AL) 5 May 2009 (2009-05-05) the whole document	1-13
X	FR 2 803 105 A1 (SANYO ELECTRIC CO [JP]) 29 June 2001 (2001-06-29) abstract; claims 1-10; figure 4	1-13
X	US 2009/295338 A1 (HAWAWINI SHADI [US] ET AL) 3 December 2009 (2009-12-03) paragraphs [0004], [0005], [0016] - [0018], [0029]; claims 1-7; figures 2,4,5	1,2,5, 12,13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 June 2012

Date of mailing of the international search report

04/07/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Maître, Jérôme

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/056735

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7528574	B1	05-05-2009	NONE
-----			
FR 2803105	A1	29-06-2001	CN 1302092 A 04-07-2001
			DE 10065402 A1 09-08-2001
			FR 2803105 A1 29-06-2001
			GB 2358299 A 18-07-2001
			JP 2001186683 A 06-07-2001
			KR 20010060225 A 06-07-2001
			TW 475283 B 01-02-2002
			US 2001006338 A1 05-07-2001
-----			
US 2009295338	A1	03-12-2009	NONE
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/056735

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01M10/44 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01M		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 7 528 574 B1 (ADKINS KENNETH C [US] ET AL) 5 mai 2009 (2009-05-05) le document en entier -----	1-13
X	FR 2 803 105 A1 (SANYO ELECTRIC CO [JP]) 29 juin 2001 (2001-06-29) abrégé; revendications 1-10; figure 4 -----	1-13
X	US 2009/295338 A1 (HAWAWINI SHADI [US] ET AL) 3 décembre 2009 (2009-12-03) alinéas [0004], [0005], [0016] - [0018], [0029]; revendications 1-7; figures 2,4,5 -----	1,2,5, 12,13
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  27 juin 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  04/07/2012
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Maître, Jérôme

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2012/056735

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 7528574	B1	05-05-2009	AUCUN
FR 2803105	A1	29-06-2001	CN 1302092 A 04-07-2001 DE 10065402 A1 09-08-2001 FR 2803105 A1 29-06-2001 GB 2358299 A 18-07-2001 JP 2001186683 A 06-07-2001 KR 20010060225 A 06-07-2001 TW 475283 B 01-02-2002 US 2001006338 A1 05-07-2001
US 2009295338	A1	03-12-2009	AUCUN