

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 925 768

21) N° d'enregistrement national : 07 60248

51) Int Cl⁸ : H 01 M 10/28 (2006.01)

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 21.12.07.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.06.09 Bulletin 09/26.

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) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement public à caractère industriel et commercial — FR.

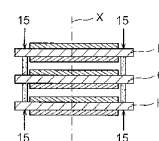
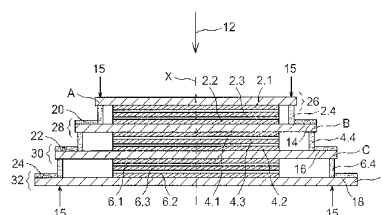
72) Inventeur(s) : CHAMI MARIANNE, MARTINET SEBASTIEN et MOURZAGH DJAMEL.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : BREVALEX.

54) BATTERIE MULTIPOLAIRE A ETANCHEITE INTERPLAQUE AMELIOREE.

57) Batterie bipolaire comportant trois cellules électrochimiques empilées selon un axe longitudinal (X), chaque cellule étant composée d'une anode, d'une cathode et d'un électrolyte disposé entre l'anode et la cathode, une plaque collectrice (B, C) de courant reliant électriquement une anode d'une cellule et une cathode d'une cellule adjacente, une plaque collectrice de courant sur l'anode (A) d'une cellule située à une première extrémité longitudinale de l'empilement, une plaque collectrice (D) de courant sur la cathode située à une deuxième extrémité longitudinale de l'empilement, une paroi latérale (2.4, 4.4, 6.4) étanche à l'électrolyte entourant chaque cellule entre chaque paire de plaques collectrices (A, B, C, D) successives, dans laquelle les parois latérales (2.4, 4.4, 6.4) de deux cellules adjacentes sont décalées transversalement l'une par rapport à l'autre par rapport à l'axe (X), de telle sorte qu'elles ne se superposent pas.



FR 2 925 768 - A1



**BATTERIE MULTIPOLAIRE A ETANCHEITE INTERPLAQUE
AMELIOREE**

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTERIEUR

La présente invention se rapporte à une batterie bipolaire dont les propriétés d'étanchéité vis-à-vis de l'électrolyte sont améliorées et à un procédé de réalisation d'une telle batterie.

10 Il existe des accumulateurs lithium-ion utilisant le couple oxyde de cobalt lithié LiCoO_2 pour l'électrode positive (anode) et le graphite pour l'électrode négative (cathode). Ces accumulateurs offrent une tension nominale de l'ordre de 3,6 V, alors
15 que la plupart des accumulateurs de type Ni-Cd, Ni-MH, etc. offre une tension nominale de l'ordre de 1,5V. En outre, ces accumulateurs offrent une densité d'énergie très élevée d'environ 300 à 400 Wh.l^{-1} et d'environ 160 à 200 Wh.kg^{-1} , une faible auto-décharge et une durée de
20 vie élevée, de l'ordre de 500 cycles, voire 800 cycles.

Cependant, les accumulateurs lithium-ion actuels dans la configuration connue n'offrent pas un bon comportement en puissance, principalement à cause du graphite utilisé à l'électrode négative.

25 Il a alors été proposé de remplacer ce dernier par l'oxyde de titane ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) dans une cellule Li-ion de type monopolaire. Cependant, cet accumulateur ne présente qu'une tension nominale de l'ordre de 2,5 V, et par conséquent la densité
30 d'énergie de la batterie est diminuée.

Afin de réaliser une batterie conservant une densité d'énergie comparable à celle des accumulateurs Li-ion classiques, on prévoit de réaliser une batterie comportant une pluralité de cellules en série, ce qui permet d'augmenter la tension du système global.

Chaque cellule comporte une anode, une cathode et un électrolyte.

Pour cela, on structure la batterie sous la forme d'une batterie bipolaire, i.e. une batterie présentant des collecteurs de courant permettant une connexion entre une anode d'une cellule et une cathode d'une cellule adjacente. Cette structure permet de réduire la résistance électrique de l'ensemble par rapport à une batterie composée d'une pluralité de cellules monopolaires reliées en série par des connecteurs extérieurs.

Cette structure bipolaire permet également de limiter les masses et les volumes inutiles.

Par conséquent, une batterie bipolaire est formée d'un empilement de cellules selon un axe longitudinal entre lesquelles sont intercalés des plaques collectrices.

Une étanchéité est réalisée au niveau de chaque cellule afin de confiner l'électrolyte qui est généralement liquide. Cette étanchéité est obtenue en réalisant une paroi reliant deux plaques conductrices et entourant chaque cellule.

Cette étanchéité a une grande importance puisqu'une circulation d'électrolyte entre deux cellules due à une fuite peut provoquer l'apparition de

courants ioniques ou de ponts ioniques, permettant la circulation des ions Li^+ , ce qui entraîne alors un dysfonctionnement général de la batterie.

Cette paroi est par exemple réalisée au
5 moyen d'une colle ou d'un matériau polymère thermoactivable, la colle ou le polymère étant résistant à l'électrolyte. La réalisation de telles parois est par exemple décrit dans le document
10 US 5 595 839. Afin d'activer le polymère, des moyens de chauffage viennent en contact avec les extrémités longitudinales de l'empilement.

Ce procédé est efficace dans le cas d'un nombre réduit de cellules empilées, par exemple deux. Or, dans le cas d'un nombre conséquent de cellules, par
15 exemple supérieur ou égal à trois, ce qui est nécessaire pour obtenir la densité d'énergie requise, ce procédé a un inconvénient majeur.

En effet, le chauffage du polymère, destiné à former les parois des cellules intermédiaires entre
20 les deux cellules disposées au niveau des extrémités longitudinales de l'empilement, est obtenu par conduction. Par conséquent, pour obtenir un échauffement suffisant du polymère des cellules intermédiaires, un temps de chauffage important est
25 requis. Or ce temps de chauffage est trop long pour le polymère des cellules d'extrémité. Cela crée alors une disparité entre les cellules d'extrémité et les cellules intermédiaires, en effet les cellules d'extrémité ont des parois moins hautes que celles des
30 cellules intermédiaires, puisque celles-ci ont été chauffées plus longtemps. Par conséquent la hauteur des

cellules d'extrémité est plus faible que celle des cellules d'extrémité, la résistance interne de la batterie est donc augmentée.

Il a été proposé, par exemple dans le document US 2004/0091771, d'utiliser plusieurs polymères ayant des températures de fusion différentes, leur température de fusion décroissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne des extrémités de l'empilement. Or ce procédé de sellage nécessite d'une part, la mise en œuvre de plusieurs polymères, ce qui demande une attention toute particulière lors de réalisation des étanchéités dans la mise en place des différents types de polymères, et un contrôle particulièrement précis de la température. Or, il arrive de manière fréquente, que certains polymères utilisés pour former des parois au centre de l'empilement fluent provoquant une fuite d'électrolyte.

Ce document propose également d'utiliser un électrolyte de type gel, ce qui permet d'éviter l'écoulement en cas de rupture d'étanchéité. Or, de manière générale, un électrolyte sous forme de gel offre de moins bonnes performances qu'un électrolyte liquide.

C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir une batterie bipolaire offrant une haute tension nominale et une forte densité d'énergie, dans laquelle les électrolytes, de préférence liquides, des différentes cellules sont isolés de manière sûre évitant un dysfonctionnement prématuré de la batterie.

C'est également un but de la présente invention d'offrir un procédé de réalisation simple

d'une batterie bipolaire à haute tension nominale et à forte densité d'énergie, permettant d'assurer un confinement de l'électrolyte dans les différentes cellules.

5 **EXPOSÉ DE L'INVENTION**

Les buts précédemment énoncés sont atteints par une batterie bipolaire formée d'un empilement de cellules dont la structure permet un chauffage réparti au niveau de chaque cellule, et évitant un apport trop important de chaleur aux cellules d'extrémité.

Pour cela, il est prévu libérer une zone d'au moins une plaque collectrice de chaque cellule au droit du matériau destiné à former la paroi.

Il a été constaté, de manière surprenante, que le fait de libérer une telle zone permettait d'obtenir un chauffage efficace des parois intermédiaires sans requérir une surchauffe des parois d'extrémité.

Dans certaines réalisations, ces zones libres permettent à un moyen de chauffage de venir en contact avec chaque plaque collectrice au droit de ce matériau, pour réaliser un chauffage individuel de chaque matériau.

En d'autres termes, les joints interposés entre les plaques interconnectrices sont décalés transversalement afin que deux joints ne se trouvent pas au droit l'un de l'autre selon l'axe d'empilement.

Les zones libres des plaques collectrices ainsi ménagées permettent d'assembler des empilements intermédiaires. Par exemple, on prévoit de réaliser des

ensembles de deux cellules, puis on assemble ces ensembles, une cellule est alors délimitée entre les deux ensembles, en appliquant le moyen de chauffage sure l'une des zones libres d'une des plaques collectrices d'extrémité de l'un des ensembles. Ce
5 procédé d'assemblage ne provoque pas de nouveau le chauffage d'un joint paroi déjà solidarisé aux plaques collectrices associées.

Dans un procédé de réalisation particulier,
10 le moyen de chauffage accède directement à la zone à chauffer de chaque plaque, et chauffe un joint sans chauffer l'autre joint. On réalise donc l'étanchéité de chaque cellule de manière séparée. Soit, de manière séparée dans le temps, en utilisant le même moyen de
15 chauffage pour toute les cellules, celui-ci venant donc successivement en contact avec les plaques collectrices, soit de manière séparée dans la mise en œuvre des moyens, en prévoyant une pluralité de moyens de chauffage dédiés chacun à une cellule, toutes ou
20 partie des étanchéités étant alors réalisées simultanément.

Ainsi on évite une surchauffe d'une partie du matériau destinée à former les parois des cellules d'extrémité. Le procédé de réalisation est simple
25 puisqu'il ne nécessite pas la mise en œuvre de plusieurs polymères, en outre la température de chauffage peut être conservée identique pour toutes les cellules.

La présente invention a alors
30 principalement pour objet une batterie bipolaire comportant au moins trois cellules électrochimiques

empilées selon un axe longitudinal, chaque cellule étant composée d'une anode, d'une cathode et d'un électrolyte disposé entre l'anode et la cathode, une plaque collectrice de courant reliant électriquement
5 une anode d'une cellule et une cathode d'une cellule adjacente, une plaque collectrice de courant sur la cathode d'une cellule située à une première extrémité longitudinale de l'empilement, une plaque collectrice de courant sur l'anode située à une deuxième extrémité
10 longitudinale de l'empilement, une paroi latérale étanche à l'électrolyte entourant chaque cellule entre chaque paire de plaques collectrices successives, chaque paire de plaques collectrices formant avec une paroi latérale un compartiment étanche pour chaque
15 cellule, dans laquelle les parois latérales de deux cellules adjacentes sont décalées transversalement l'une par rapport à l'autre par rapport à l'axe X, de telle sorte qu'elles ne se superposent pas.

Les parois peuvent avantageusement être
20 situées au droit des bords extérieurs d'une des plaques collectrices qu'elle relie, ce qui permet d'éviter les contacts en bords de plaques.

Avantageusement, les extrémités des plaques collectrices sont recouvertes d'une couche formant une
25 barrière supplémentaire à l'écoulement de l'électrolyte.

Dans un exemple de réalisation, les parois latérales successives sont de section croissante dans un sens donné, les plaques collectrices successives
30 ayant une surface croissante dans ledit sens donné.

Dans un autre exemple de réalisation, la batterie comporte une succession de premiers sous-ensembles comportant une succession de plaques collectrices de surface croissante et de deuxièmes sous-ensembles comportant une succession de plaques collectrices de surface décroissante, ces premiers et deuxièmes sous ensembles se succédant longitudinalement de manière alternée.

Dans un autre exemple de réalisation, la batterie comporte des parois de plus grande section et des parois de plus petite section, lesdites parois de plus grande section et lesdites parois de plus petite section se succédant alternativement, et des plaques collectrices de plus grande section et des plaques collectrices de plus petite section, les plaques collectrices de plus grande section et les plaques collectrices de plus petite section se succédant alternativement.

Les parois sont par exemple en polymère thermoactivable, du type époxy, ou en colle du type polyacrylique, polyuréthane.

La couche déposée sur la périphérie des plaques interconnectrices est, par exemple une colle du type polyacrylique, polyuréthane.

Avantageusement, les anodes sont en LiFePO_4 , et les cathodes sont en $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.

La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une batterie bipolaire comportant au moins trois cellules, comportant les étapes :

a) empilement selon un axe longitudinal d'une succession de plaques collectrices de surfaces variables, entre chaque paire de plaques collectrices étant disposés une anode, un électrolyte, une cathode
5 dans cet ordre selon l'axe longitudinal et une paroi latérale entourant l'anode, l'électrolyte et la cathode,

b) apport de chaleur par application d'un moyen de chauffage sur la périphérie extérieure libre
10 des deux plaques collectrices d'extrémité de l'empilement, au moins au droit des parois latérales d'extrémité de l'empilement, pour solidariser chaque paroi latérale avec lesdites plaques collectrices qui lui sont juxtaposées.

15 Dans un exemple particulier, lors de l'étape b), un apport de chaleur a également lieu sur la périphérie extérieure libre des plaques collectrices intermédiaires de l'empilement au moins au droit d'une paroi latérale pour solidariser ladite paroi latérale
20 avec ladite plaque collectrice et une plaque collectrice suivante.

Lors de l'étape b), l'application d'un chauffage aux plaques intermédiaires peut avoir lieu
25 simultanément pour solidariser toutes les parois latérales aux plaques collectrices correspondantes simultanément, l'application d'un chauffage aux plaques intermédiaires peut avoir lieu successivement pour chaque paroi latérale.

De manière avantageuse, préalablement à
30 l'étape a), une étape a0) de réalisation d'un ensemble d'une plaque collectrice et d'une anode, d'un ensemble

d'une plaque collectrice et d'une cathode et d'ensembles de plaques collectrices avec une anode sur une face et une cathode sur une autre face est prévue.

Suite à l'étape a0) et avant l'étape a), on
5 peut prévoir prévu une étape de découpe des plaques collectrices à la surface requise.

Les plaques collectrices sont, par exemple découpées de manière à avoir des plaques collectrices de surface décroissante.

10 L'étape b) est avantageusement effectuée en premier au niveau des plaques de plus petites surfaces.

Le procédé de fabrication selon l'invention peut également comporter une étape suivant l'étape b) de dépôt d'une couche de matériau résistant à
15 l'électrolyte sur la périphérie extérieure libre de chaque plaque collectrice et en contact avec les parois latérales.

La présente invention a également pour objet un dispositif de chauffage destiné à la mise en
20 œuvre du procédé selon la présente invention, comportant une surface chauffante apte à venir s'appliquer sur toute la périphérie extérieure de chaque plaque collectrice simultanément ou successivement.

25 Le dispositif peut comporter une pluralité de surfaces disposées en gradins destinées chacune à venir s'appliquer simultanément sur une périphérie extérieure d'une plaque, ou une surface de taille modifiable pour pouvoir s'adapter à toutes les
30 périphérie extérieures d'un empilement.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre et des dessins en annexe sur lesquels :

5 - la figure 1 est une vue en coupe longitudinale d'un premier exemple de réalisation d'un empilement de cellules d'une batterie bipolaire selon la présente invention,

 - la figure 2 est une vue en coupe
10 longitudinale d'un deuxième exemple de réalisation d'un empilement de cellules d'une batterie bipolaire selon la présente invention,

 - les figures 2A et 2B sont des représentations dans des étapes intermédiaires de
15 réalisation de l'empilement de la figure 2,

 - la figure 3 est une vue en coupe longitudinale d'un troisième exemple de réalisation d'un empilement de cellules d'une batterie bipolaire selon la présente invention,

20 - la figure 4 est une représentation graphique d'une courbe de cyclage d'une batterie selon la présente invention, représentant l'évolution de la tension et de l'intensité en fonction du temps pendants trois cycles de charge/décharge.

25 EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Sur la figure 1, on peut voir un premier exemple de réalisation d'un empilement de cellules pour batterie bipolaire selon la présente invention.

Nous appellerons cellule dans la présente
30 description un ensemble comportant une anode 2.1 en

matériau électriquement conducteur, une cathode 2.2 en matériau électriquement conducteur et un électrolyte 2.3 disposé entre l'anode et la cathode.

Dans toute la description, nous
5 considérerons le cas d'un empilement de cellules de forme rectangulaire. Cet empilement présente un axe longitudinal X. Mais un empilement ayant une section circulaire ou ovale ou de toute autre forme ne sort pas du cadre de la présente invention.

10 De manière avantageuse, l'électrolyte est liquide et est contenu dans un matériau microporeux diélectrique avec lequel sont en contact l'anode et la cathode.

Sur la figure 1, on peut voir un empilement
15 d'une pluralité de cellules 2, 4, 6 reliées électriquement en série. Dans l'exemple représenté, seules trois cellules sont empilées.

La cellule 2 est formée d'une anode 2.1 en matériau électriquement conducteur, une cathode 2.2 en
20 matériau électriquement conducteur et un électrolyte 2.3 disposé entre l'anode et la cathode.

Chaque anode 2.1 est portée par une plaque collectrice de courant A, cette dernière étant donc en contact électrique avec l'anode 2.1, et chaque cathode
25 2.2 est portée par une plaque collectrice de courant B, cette dernière étant en contact électrique avec la cathode 2.2.

La cellule 4 est formée d'une anode 4.1 en matériau électriquement conducteur, une cathode 4.2 en
30 matériau électriquement conducteur et un électrolyte 4.3 disposé entre l'anode et la cathode.

L'anode 4.1 est portée par la plaque collectrice B sur une face opposée à celle recevant la cathode 2.2.

5 La cathode 4.2 est portée par une plaque collectrice C et est en contact électrique avec celle-ci.

La cellule 6 est formée d'une anode 6.1 en matériau électriquement conducteur, une cathode 6.2 en matériau électriquement conducteur et un électrolyte
10 6.3 disposé entre l'anode et la cathode.

L'anode 6.1 est portée par la plaque collectrice C sur une face opposée à celle recevant la cathode 4.2.

15 La cathode 6.2 est portée par une plaque collectrice D.

Les plaques collectrice B et C assurent la connexion électrique en série des cellules 2, 4, 6.

Les anodes sont par exemple en LiFePO_4 , et les cathodes sont par exemple en $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.

20 Les plaques collectrices A, B, C, D sont avantageusement en aluminium, ce qui permet de réduire la masse de la batterie de manière importante, en effet la densité de l'aluminium est trois fois inférieure à celle du cuivre. Mais il est bien entendu que des
25 collecteurs en cuivre ou tout autre matériau conducteur électrique ne sortent pas du cadre de la présente invention.

Chaque cellule 2, 4, 6 est entourée d'une paroi 2.4, 4.4, 6.4 assurant le confinement de
30 l'électrolyte 2.3, 4.3, 6.3 dans la cellule et évitant une circulation d'électrolyte entre les cellules. Dans

l'exemple décrit, chaque paroi entoure la cellule, et a donc la forme d'un rectangle évidé.

Ces parois sont par exemple à base d'un polymère thermoactivable de type époxy, ou d'une colle, de type acrylique ou polyuréthane.

Selon la présente invention, les parois sont telles que deux parois successives ne sont pas superposées selon l'axe X.

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, les parois ayant une section générale rectangulaire évidée en son centre.

Les parois forment en fait des joints, dont la forme générale est celle d'un cadre rectangulaire entourant la cellule.

On prévoit que la paroi d'une cellule aval selon le sens indiqué par la flèche 12 ait des dimensions intérieures supérieures à celles de la paroi amont. Plus particulièrement, on prévoit que la longueur et la largeur de l'évidement de la paroi aval soient supérieures à la longueur et à la largeur extérieure de la paroi amont.

Ainsi, la paroi 2.4 et la paroi 4.4 ne sont pas superposées en regardant selon la flèche 12.

De même, les parois 4.4 et 6.4 ne sont pas superposées.

Par ailleurs, dans l'exemple représenté, les plaques conductrices A, B, C ont également une surface croissante selon la flèche 12.

Les dimensions extérieures de chaque paroi 2.4, 4.4, 6.4 sont avantageusement telles qu'elles soient sensiblement égales à celles de la plaque

collectrice de plus petit diamètre parmi les deux plaques collectrices entre lesquelles elle s'étend. Des épaulements 14, 16, 18 sont donc définis sur la périphérie extérieure des plaques de plus grande surface de chaque cellule.

Cette réalisation en degrés évite la déformation des bords de plaques et par conséquent les risques de court-circuit.

Ainsi, l'empilement représenté sur la figure 1 a sensiblement la forme d'une pyramide à degrés.

Les parois 4.2, 6.2, sont situées au dessous des épaulements 14, 16 sur la figure 1 ; il est alors possible de venir appliquer un moyen de chauffage sur chaque épaulement 14, 16 pour chauffer le matériau constituant la paroi, et assurer sa solidarisation aux deux plaques collectrices.

Ainsi, l'opération de confinement de l'électrolyte a lieu au niveau de chaque cellule et non seulement au niveau des extrémités longitudinales de l'empilement.

De manière avantageuse, on prévoit d'utiliser des électrodes de même taille pour toutes les cellules, ce qui permet de simplifier la fabrication, et d'en réduire les coûts.

On prévoit de fixer une électrode sur une plaque collectrice, puis de découper la plaque collectrice à la dimension souhaitée. Ainsi, on n'utilise qu'une seule taille initiale de plaque collectrice et une seule taille d'électrode.

Grâce à la structure de l'empilement selon la présente invention, les épaulements 14, 16 forment par ailleurs une barrière supplémentaire en cas de fuite au niveau des parois 2.4, 4.4. En effet, en cas de fuite, l'électrolyte devrait parcourir l'épaulement, ce qui réduit encore le risque de circulation d'électrolyte d'une cellule à l'autre.

De manière avantageuse, on prévoit de recouvrir entièrement les épaulements 14, 16, 18 avec des couches 20, 22, 24 respectivement en matériau résistant à l'électrolyte, par exemple de type colle, comme un polyacrylique ou un polyuréthane.

Les couches 20, 22, 24 sont en contact par leur périphérie intérieure avec la face extérieure des parois 2.4, 4.4, 6.4.

En cas de fuite entre les parois 2.4, 4.4, 6.4 et la plaque collectrice inférieure B, C, D, la couche 20, 22, 24 forme un obstacle supplémentaire à l'écoulement de l'électrolyte.

Dans l'exemple représenté, la plaque D est de dimensions supérieures à celles de la plaque C, et délimitent un épaulement. Cependant, on pourrait prévoir que les plaques C et D soient de même taille. Par contre, ce rebord permet avantageusement l'application d'une couche de colle, afin d'augmenter encore le niveau d'étanchéité.

On peut prévoir d'augmenter le nombre de cellules empilées pour atteindre la tension et la densité d'énergie requise, la surface des plaques collectrices croissant dans une direction donnée de l'empilement.

Nous allons maintenant expliquer le procédé de fabrication d'un tel empilement.

Par exemple, en premier lieu des ensembles formés par une plaque collectrice et une électrode sont réalisés et des ensembles avec des électrodes sur les deux faces d'une plaque collectrice.

Ainsi on forme pour réaliser l'empilement de la figure 1 :

- un ensemble 26 comportant la plaque collectrice A et l'anode 2.1,
- un ensemble 28 comportant la plaque collectrice B, la cathode 2.2 et l'anode 4.1,
- un ensemble 30 comportant la plaque collectrice C, la cathode 4.2 et l'anode 6.1,
- un ensemble 32 comportant la plaque collectrice D et la cathode 6.2.

Par exemple, les plaques ont à ce stade de réalisation toutes la même surface.

Ensuite, les plaques collectrices, A, B, C, D sont découpées de sorte que les surfaces des plaques A, B, C et D soient croissantes dans cet ordre.

Ensuite, on empile les ensembles 32, 30, 28, 26 dans cet ordre en interposant l'électrolyte entre l'anode et la cathode de chaque cellule.

Pour cela, on dispose en premier l'ensemble 32.

Puis on dépose la paroi 6.4 sur la plaque collectrice C autour de la cathode 6.2, la paroi se présente sous la forme d'un rectangle évidé réalisé dans un film, par exemple polymère. Avantageusement, ce film a sensiblement l'épaisseur de la cellule, i.e.

l'épaisseur de l'empilement anode-électrolyte-cathode, afin d'éviter les distorsions géométriques.

L'électrolyte est ensuite disposé sur la cathode 6.2, on peut prévoir de disposer l'électrolyte avant la paroi 6.4.

L'ensemble 30 est ensuite déposé sur l'ensemble 32 et la paroi 6.4. Puis on dépose la paroi 4.4 et l'électrolyte, l'ensemble 28, la paroi 2.4 et l'électrolyte et enfin l'ensemble 26.

Ensuite, on réalise le scellement des parois sur les plaques collectrices avec lesquelles elles sont en contact.

Pour cela, et grâce à la configuration particulière de l'invention, en chauffant les plaques collectrices d'extrémité A et B de l'empilement, on obtient une répartition uniforme de la température au niveau des parois 2.4, 4.4 et 6.4. En particulier, la paroi 4.4 est suffisamment chauffée pour se solidariser aux plaques collectrices B et C, sans qu'une quantité de chaleur excessive soit apportée aux parois 2.4 et 6.4. Le scellement s'effectue alors sans déformation.

Ce procédé de réalisations s'applique à un empilement de plus de trois cellules, mais est particulièrement avantageux dans le cas d'un empilement de trois cellules.

Le moyen de chauffage est, par exemple formé par deux éléments destinés à venir en contact plan avec les plaques collectrices d'extrémité A et B au moins au droit des parois 2.4 et 6.4. Ces deux éléments ont, par exemple la forme de cadre correspondant à celui des parois. Avantagement, on

évite de chauffer la partie centrale de la cellule au droit des l'empilement anode-électrolyte-cathode.

Il est possible également de réaliser un scellement individuel, en prévoyant que le moyen de chauffage vienne en contact sur la périphérie de chaque plaque collectrice au droit de la paroi.

Pour cela, on prévoit d'appliquer le moyen de chauffage sur les plaques d'extrémité et les plaques collectrices intermédiaires, simultanément ou successivement.

Dans ce cas particulier, la quantité de chaleur apportée par le moyen de chauffage est transmise par conduction au matériau des parois 2.4, 4.4, 6.4 qui fond et se fixe aux plaques collectrices en refroidissant.

Le moyen de chauffage a, dans ce cas, de préférence une forme assurant un contact surfacique avec les épaulements et assurant un contact sur tout l'épaulement. Ainsi dans l'exemple représenté d'un empilement ayant une forme d'une pyramide à degrés, le moyen de chauffage comporte au moins une surface formée par un contour rectangulaire.

Pour la réalisation du procédé particulier ci-dessus, Le moyen de chauffage peut avoir une forme intérieure correspondant à la forme extérieure de l'empilement, c'est-à-dire avec une pluralité de gradins correspondant aux épaulements de l'empilement, ou celui-ci peut comporter une seule surface de chauffage qui est appliquée successivement sur chaque épaulement, dans ce cas cette surface est modifiable de

manière à pouvoir s'ajuster aux dimensions des épaulements.

Le scellement s'effectue généralement sans exercer un effort axial sur l'empilement. Mais on
5 pourrait prévoir d'appliquer un tel effort.

Ainsi, grâce à l'invention, chaque paroi est chauffée de manière suffisante pour la sceller aux deux plaques collectrices qu'elle relie, et ne subit pas de surchauffe inutile.

10 Enfin, de manière avantageuse, les couches 20, 22, 24 sont déposées sur les périphéries des plaques collectrices, réduisant encore les risques de fuite.

Dans cet exemple, les couches 20, 22, 24
15 recouvrent toute la périphérie extérieure des plaques collectrices, mais on pourrait prévoir de réaliser des couches qui ne couvrent que partiellement la périphérie extérieure des plaques. Cependant, comme nous le verrons dans l'exemple représenté sur la figure 3,
20 cette couverture totale permet d'éviter les risques de court-circuit entre plaques.

Dans le procédé décrit ci-dessus, on empile toutes les plaques, les électrolytes et les parois avant de réaliser le scellement. On pourrait cependant
25 effectuer le scellement au fur et à mesure de l'empilement des plaques. Dans ce cas, l'invention permet encore d'éviter un chauffage supplémentaire d'une paroi lorsque celle-ci a déjà été scellée lors d'une étape préalable.

30 Sur la figure 2, on peut voir un deuxième exemple de réalisation d'un empilement de cellules pour

une batterie bipolaire, dans lequel un motif est répété afin de limiter la section maximale des plaques collectrices. Dans l'exemple représenté, l'empilement comporte douze cellules et treize plaques interconnectrices désignées A à M de haut en bas.

L'empilement de la figure 2 est composé d'une succession de deux motifs identiques 26.

Le motif 26 comporte un empilement de six cellules reliées en série par des plaques collectrices A, B, C, D, E, f, G. Les parois reliant les plaques A et B, B et C, et C et D dans cet ordre sont de section croissante selon la flèche 12, et les parois reliant les plaques D et E, E et F, F et G sont, dans cet ordre, de section décroissante. Le motif 26 a donc sensiblement, vu de face, le contour d'un hexagone régulier. En outre, les plaques A, B, C et D sont de surface croissante dans cet ordre, et les plaques D, E, F et G sont de surface décroissante dans cet ordre.

Dans l'exemple représenté, les parois 106.4, et 108.4 sont alignées vu selon la flèche 12. Cependant, ces parois sont chacune associées à un épaulement différent, ainsi le matériau composant chacune de ces parois peut être chauffé séparément au niveau de l'épaulement associé.

La périphérie extérieure D1 de la plaque collectrice D qui est disposée au centre de l'empilement est recouverte sur ces deux faces d'une couche 28 pour améliorer l'étanchéité.

Grâce à cette configuration, il est ménagé pour chaque paroi, une zone sur une plaque conductrice avec laquelle peut venir en contact le moyen de

chauffage symbolisé par la flèche 15, en limitant l'encombrement transversale de l'empilement.

Nous allons maintenant décrire le procédé de réalisation de cet empilement.

5 Comme cela est représenté sur la figure 2A, on commence par réaliser l'empilement central formé par les plaques F, G et H. Ces trois plaques présentent des surfaces égales.

10 L'empilement est réalisé de manière similaire à celle décrite pour l'empilement de la figure 1, en interposant les parois découpées dans un film entre deux plaques collectrices.

15 Ensuite le moyen de chauffage est appliqué sur la périphérie extérieure des plaques F et G, symbolisé par les flèches 15.

20 On poursuit l'empilement des plaques vers le haut comme représenté sur la figure 2B, le scellement est réalisé en chauffant individuellement au niveau des extrémités périphériques libres des plaques collectrices A, B, C, D et E. comme pour l'empilement de la figure 1.

25 Lorsque la plaque collectrice A a été scellée, l'empilement partiel est retourné de sorte, que la plaque A forme l'extrémité inférieure de l'empilement. On poursuit ensuite l'empilement des plaques munies des électrodes et le scellement.

30 Sur la figure 3, on peut voir un autre exemple de réalisation d'un empilement selon la présente invention, comportant deux types de plaque collectrice de surface différente.

Ainsi l'empilement comporte des plaques A, de plus petite surface et des plaques B de plus grande surface alternées.

5 Dans cet exemple de réalisation, le scellement est effectué au fur et à mesure que les plaques collectrices sont empilés et non à la fin comme dans l'exemple de la figure 1.

Selon la présente invention, les parois de deux cellules successives ne sont pas superposées ce qui évite, lors du scellement de la deuxième paroi, de
10 chauffer à nouveau la première paroi scellée.

Les parois sont désignées par les références de 1002 à 1006.

Par exemple, on empile les plaques collectrices A1, B1 et de la paroi 1002. On effectue le scellement de cet assemblage en appliquant le moyen de chauffage sur l'une des plaques A1, B1 au droit de la
15 paroi 1002.

Ensuite on empile la plaque A2 et la paroi 20 1004, celle-ci n'étant pas au droit de la paroi 1002. Lors du scellement, le moyen de chauffage est appliqué sur la plaque A2 au droit de la paroi 1004 qui n'est pas au droit de la paroi 1002, celle-ci n'est donc pas soumise à nouveau à un échauffement ou alors seulement
25 à un échauffement réduit.

On poursuit l'empilement des plaques et de parois et le scellement au fur et à mesure.

Ensuite, on dépose la colle sur la périphérie extérieure libre des plaques afin de former
30 une deuxième barrière d'étanchéité.

Cette couche présente, en outre l'avantage d'assurer un isolement électrique entre deux plaques collectrices. En effet lors du scellement et vu les faibles épaisseurs des plaques, de l'ordre de 20 μm à 5 70 μm , leurs périphéries extérieures sont déformées et sont susceptibles de venir en contact l'une avec l'autre et de provoquer un court-circuit. Or, grâce à la présence de la couche de colle, ce court-circuit est évité même en cas de contact entre les plaques.

10 A titre d'exemple, nous pouvons donner les valeurs suivantes pour les dimensions d'un empilement de cellules selon la présente invention.

Les parois ont une hauteur d'environ 1 mm. La capacité de la batterie est proportionnelle à la 15 surface des électrodes. On peut donc envisager des plaques collectrices ayant une surface pouvant varier du cm^2 au m^2 .

Sur la figure 4, on peut voir un graphique représentant l'évolution de la tension U en Volt et de 20 l'intensité i en mA aux bornes de la batterie en fonction du temps en heure, appelé courbe de cyclage, afin de démontrer l'absence de courant ionique dans la batterie selon la présente invention, et donc une étanchéité des parois à l'électrolyte. La batterie, 25 selon la présente invention, utilisée dans ce cas comporte six cellules de taille croissant entre $22 \times 20 \text{ cm}^2$ à $16 \times 14 \text{ cm}^2$.

Cette courbe représente plusieurs cycles de charge et de décharge de la batterie.

30 Afin de vérifier si aucun courant ionique ne se produit dans l'assemblage durant le cyclage, on

relève les temps de charge et de décharge pour un même régime appliqué. Si ces derniers sont identiques, la batterie bipolaire fonctionne correctement, il n'y a donc pas de déplacement d'électrolyte d'une cellule à l'autre, l'étanchéité des compartiments est donc effective.

Comme on peut le constater, les temps t_1 , t_2 , t_3 de charge-décharge des trois cycles sont identiques, il s'agit du temps mesuré entre deux passages à une intensité nulle lors d'un même cycle. Par conséquent, le procédé de réalisation d'une batterie selon la présente invention permet d'éviter efficacement la présence de fuite et donc l'apparition de courant ionique.

Une batterie selon la présente invention peut comporter une pluralité d'empilements reliés en parallèle ou en série, afin d'atteindre la tension nominale et la densité d'énergie requises.

Nous n'avons pas décrit l'environnement de l'empilement, mais celui-ci est classique et connu de l'homme du métier.

La batterie selon la présente invention peut notamment être utilisée comme source d'énergie électrique dans un véhicule automobile électrique, permettant de ne plus recourir à des énergies fossiles.

REVENDICATIONS

1. Batterie bipolaire comportant au moins
trois cellules électrochimiques empilées selon un axe
5 longitudinal, chaque cellule étant composée d'une
anode, d'une cathode et d'un électrolyte disposé entre
l'anode et la cathode, une plaque collectrice (B, C) de
courant reliant électriquement une anode d'une cellule
et une cathode d'une cellule adjacente, une plaque
10 collectrice de courant sur l'anode (A) d'une cellule
située à une première extrémité longitudinale de
l'empilement, une plaque collectrice (D) de courant sur
la cathode située à une deuxième extrémité
longitudinale de l'empilement, une paroi latérale (2.4,
15 4.4, 6.4) étanche à l'électrolyte entourant chaque
cellule entre chaque paire de plaques collectrices (A,
B, C, D) successives, chaque paire de plaques
collectrices formant avec une paroi latérale (2.4, 4.4,
6.4) un compartiment étanche pour chaque cellule,
20 dans laquelle les parois latérales (2.4,
4.4, 6.4) de deux cellules adjacentes sont décalées
transversalement l'une par rapport à l'autre par
rapport à l'axe X, de telle sorte qu'elles ne se
superposent pas.

25

2. Batterie selon la revendication 1, dans
laquelle les parois (2.4, 4.4, 6.4) sont situées au
droit des bords extérieurs d'une des plaques
collectrices (A, B, C) qu'elle relie.

30

3. Batterie selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle les extrémités des plaques collectrices (B, C, D) sont recouvertes d'une couche (20, 22, 24) formant une barrière supplémentaire à l'écoulement de l'électrolyte.

4. Batterie bipolaire selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle les parois latérales (2.4, 4.4, 6.4) successives sont de section croissante dans un sens donné (12), les plaques collectrices (A, B, C, D) successives ayant une surface croissante dans ledit sens donné (12).

5. Batterie bipolaire selon l'une des revendications 1 à 3, comportant une succession de premiers sous-ensembles comportant une succession de plaques collectrices de surface croissante et de deuxièmes sous-ensembles comportant une succession de plaques collectrices de surface décroissante, ces premiers et deuxièmes sous ensembles se succédant longitudinalement de manière alternée.

6. Batterie bipolaire selon l'une des revendications 1 à 3, comportant des parois de plus grande section et des parois de plus petite section, lesdites parois de plus grande section et lesdites parois de plus petite section se succédant alternativement, et des plaques collectrices de plus grande section et des plaques collectrices de plus petite section, les plaques collectrices de plus grande

section et les plaques collectrices de plus petite section se succédant alternativement.

5 7. Batterie bipolaire selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle les parois (2.4, 4.4, 6.4) sont en polymère thermoactivable, du type époxy, ou en colle du type polyacrylique ou polyuréthane.

10 8. Batterie bipolaire selon la revendication 3, dans laquelle ladite couche (20, 22, 24) est une colle du type polyacrylique ou polyuréthane.

15 9. Batterie bipolaire selon l'une des revendications 1 à 8, dans laquelle les anodes sont en LiFePO_4 , et les cathodes sont en $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$.

20 10. Procédé de fabrication d'une batterie bipolaire comportant aux moins trois cellules, comportant les étapes :

25 a) empilement selon un axe longitudinal d'une succession de plaques collectrices de surfaces variables, entre chaque paire de plaques collectrices étant disposés une anode, un électrolyte, une cathode dans cet ordre selon l'axe longitudinal et une paroi latérale entourant l'anode, l'électrolyte et la cathode,

30 b) apport de chaleur par application d'un moyen de chauffage sur la périphérie extérieure libre des deux plaques collectrices d'extrémité de

l'empilement, au moins au droit des parois latérales d'extrémité de l'empilement, pour solidariser chaque paroi latérale avec lesdites plaques collectrices qui lui sont juxtaposées.

5

11. Procédé de fabrication d'une batterie bipolaire selon la revendication 10, dans lequel lors de l'étape b), un apport de chaleur a également lieu sur la périphérie extérieure libre des plaques collectrices intermédiaires de l'empilement au moins au droit d'une paroi latérale pour solidariser ladite paroi latérale avec ladite plaque collectrice et une plaque collectrice suivante.

12. Procédé de fabrication selon la revendication 11, dans lequel lors de l'étape b), l'application d'un chauffage aux plaques intermédiaires a lieu simultanément pour solidariser toutes les parois latérales aux plaques collectrices correspondantes simultanément.

13. Procédé de fabrication selon la revendication 11, dans lequel l'application d'un chauffage aux plaques intermédiaires a lieu successivement pour chaque paroi latérale.

14. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 10 à 13, dans lequel préalablement à l'étape a), une étape a0) de réalisation d'un ensemble d'une plaque collectrice et d'une anode, d'un ensemble d'une plaque collectrice et d'une cathode et

30

d'ensembles de plaques collectrices avec une anode sur une face et une cathode sur une autre face est prévue.

15. Procédé de fabrication selon la revendication 14, dans lequel, suite à l'étape a0) et avant l'étape a), il est prévu une étape de découpe des plaques collectrices à la surface requise.

16. Procédé de fabrication selon la revendication 14, dans lequel les plaques collectrices sont découpées de manière à avoir des plaques collectrices de surface décroissante.

17. Procédé de fabrication selon la revendication 13, dans lequel l'étape b) est effectuée en premier au niveau des plaques de plus petites surfaces.

18. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 10 à 17, comportant une étape suivant l'étape b) de dépôt d'une couche de matériau résistant à l'électrolyte sur la périphérie extérieure libre de chaque plaque collectrice et en contact avec les parois latérales.

19. Dispositif de chauffage destiné à la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications 10 à 17, comportant une surface chauffante apte à venir s'appliquer sur toute la périphérie extérieure de chaque plaque collectrice simultanément ou successivement.

20. Dispositif selon la revendication 19,
comportant une pluralité de surfaces disposées en
gradins destinées chacune à venir s'appliquer
simultanément sur une périphérie extérieure d'une
5 plaque.

21. Dispositif selon la revendication 19,
comportant une surface de taille modifiable pour
pouvoir s'adapter à toutes les périphéries extérieures
10 d'un empilement.

1 / 4

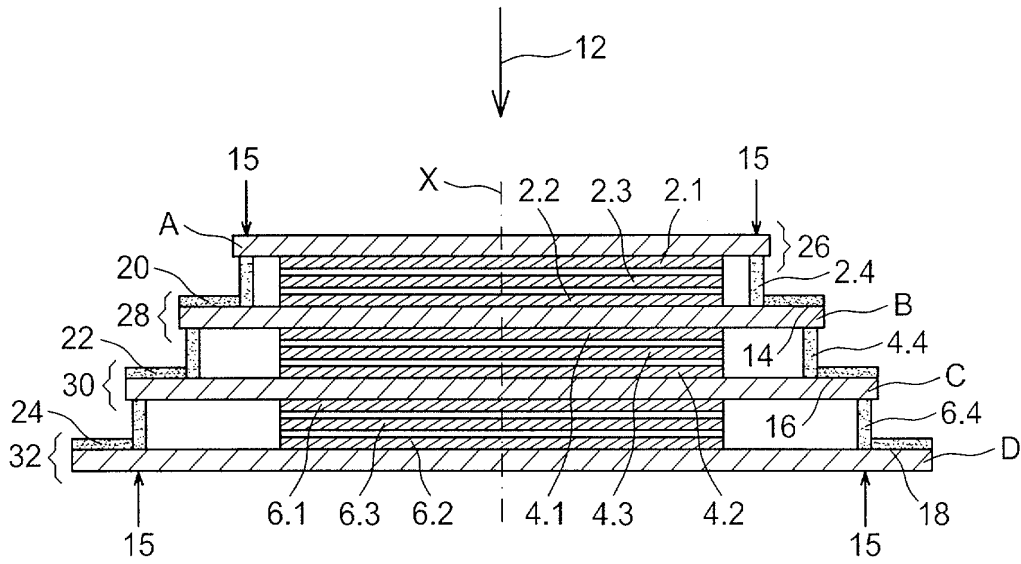


FIG. 1

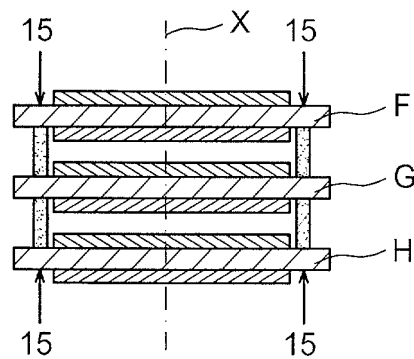


FIG. 2A

2 / 4

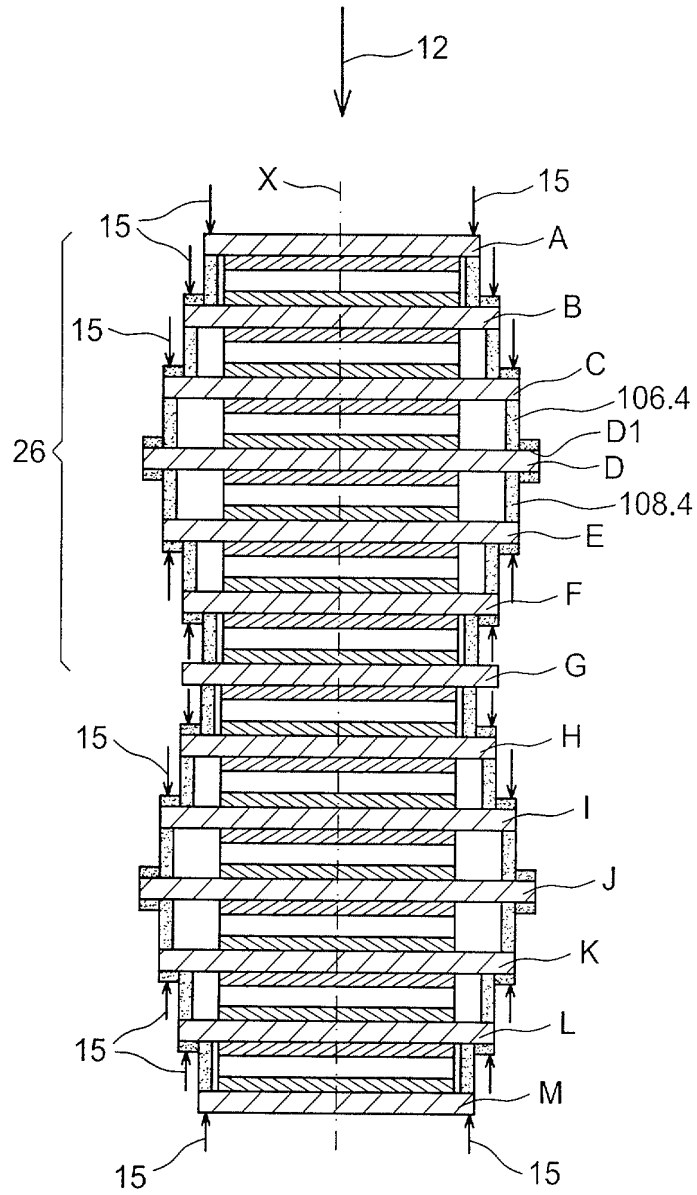


FIG. 2

3 / 4

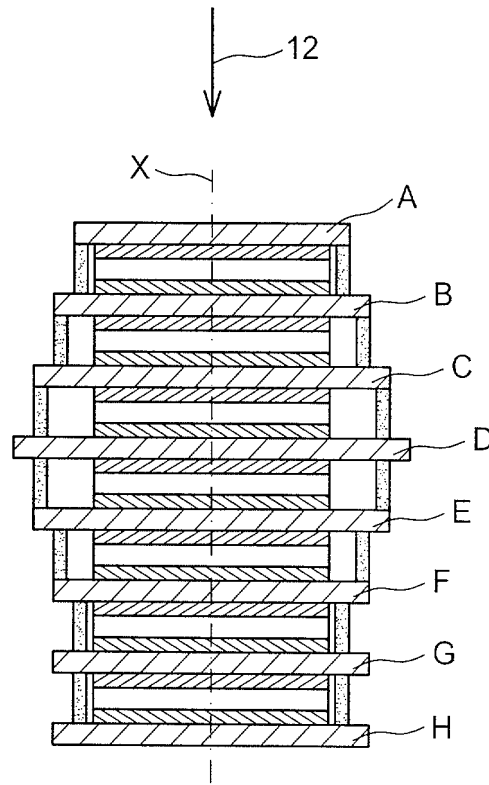


FIG. 2B

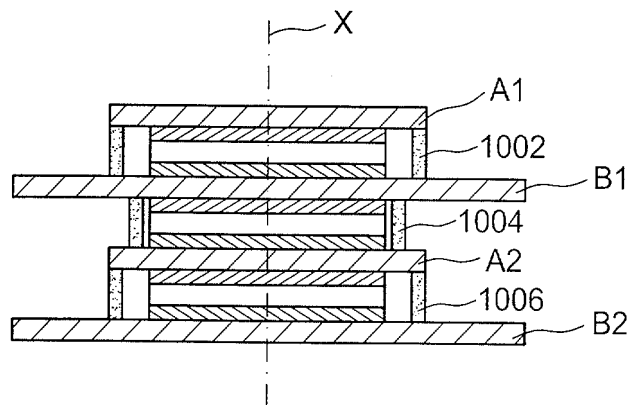


FIG. 3

4 / 4

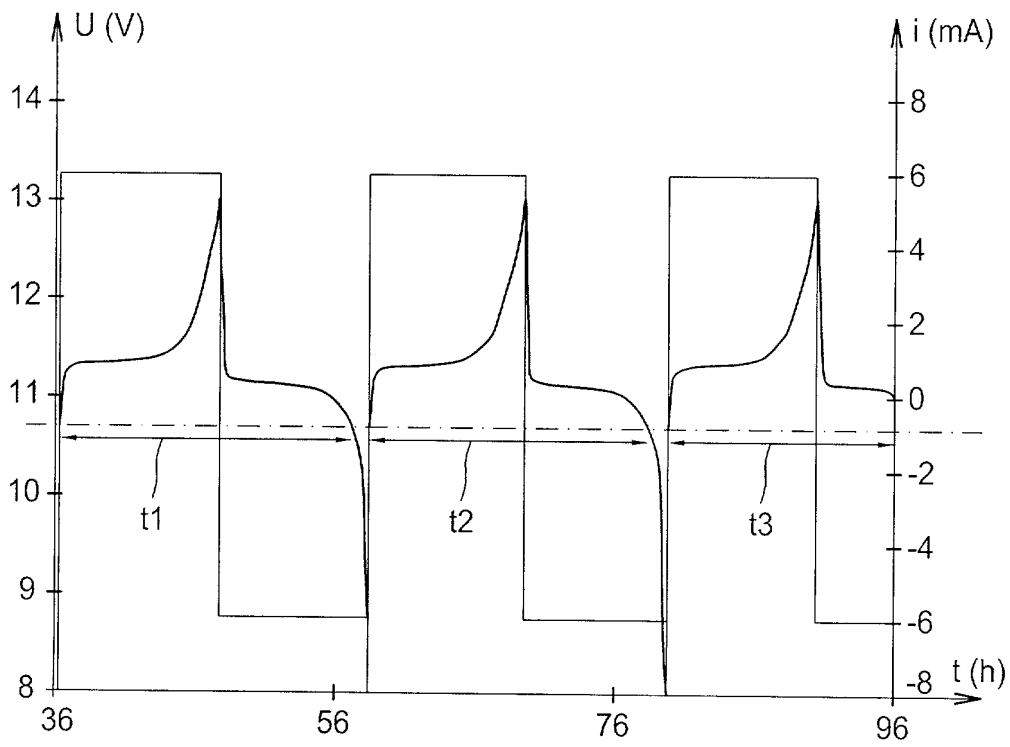


FIG. 4

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0760248 FA 702636**

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 29-08-2008

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
JP 2005310588 A	04-11-2005	AUCUN	
US 4204036 A	20-05-1980	AUCUN	
US 4125684 A	14-11-1978	AU 521905 B2 AU 3766878 A CA 1099336 A1 DE 2828818 A1 FR 2396422 A1 GB 2000628 A JP 1386822 C JP 54018041 A JP 61045354 B NL 7807054 A	06-05-1982 03-01-1980 14-04-1981 18-01-1979 26-01-1979 10-01-1979 14-07-1987 09-02-1979 07-10-1986 03-01-1979
JP 2006139994 A	01-06-2006	AUCUN	

**ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B**

Numéro de la demande

FA 702636
FR 0760248

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1-18

Batterie constituée de l'empilage d'une pluralité de cellules bipolaires. Les plaques collectrices appartenant aux cellules adjacentes sont reliées par des parois latérales qui ne se superposent pas dans la direction longitudinale de l'empilement.

2. revendications: 19-21

Dispositif de chauffage comprenant une surface chauffante.

La première invention a été recherchée.

La présente demande ne satisfait pas aux dispositions de l'article L.612-4 du CPI car elle concerne une pluralité d'inventions qui ne sont pas liées entre elles en formant un seul concept inventif général.

Le concept inventif général de la présente demande est formé par un empilage de cellules électrochimiques bipolaires dans lequel les bords des plaques collectrices qui se succèdent dans l'empilage sont reliés par des parois latérales qui ne se superposent pas dans la direction de l'axe longitudinal de la batterie. Cet arrangement des parois latérales permet de les chauffer individuellement, ce qui rend possible un meilleur contrôle de la température de chaque paroi. L'objet des revendications 1-18 comprend le concept inventif général illustré ci-dessus. La revendication 19 spécifie par contre un dispositif de chauffage comportant une surface chauffante, tandis que les revendications dépendantes 20 et 21 spécifient la forme de cette surface chauffante. Il n'y a aucune caractéristique technique du dispositif de chauffage défini dans les revendications 19-21 qui l'adapte au chauffage contrôlé des parois latérales de la batterie bipolaire et qui met en relation l'objet des revendications 19-21 avec l'objet des autres revendications de la présente demande. Pour cette raison l'objet des revendications 19-21 n'est pas considéré comme formant un seul concept inventif général avec l'objet des revendications 1-18. La présente demande n'est donc pas considérée comme étant conforme au critère d'unité de l'invention.