

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 115 162

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

20 10274

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 M 4/134** (2020.12), **H 01 M 4/139**, 10/052

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 08.10.20.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.04.22 Bulletin 22/15.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : **RENAULT s.a.s. Société par actions
simplifiée** — FR.

⑦② Inventeur(s) : LERAY David et TOURRET Thierry.

⑦③ Titulaire(s) : **RENAULT s.a.s. Société par actions sim-
plifiée**.

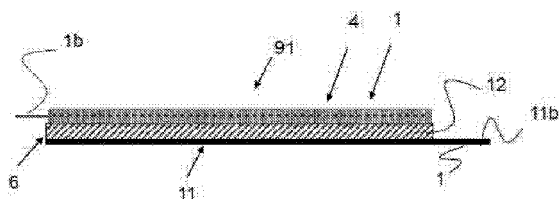
⑦④ Mandataire(s) : **NOVAIMO**.

⑤④ **Electrode pour cellule de batterie solide et procédé de fabrication d'une cellule de batterie utilisant une telle
électrode.**

⑤⑦ Electrode pour cellule de batterie solide et pro-
cédé de fabrication d'une cellule de batterie utilisant une
telle électrode.

Electrode (4) pour cellule de batterie (9) comprenant un
collecteur de courant (1) et une couche de lithium métal (2),
caractérisée en ce que le collecteur de courant (1) com-
prend une partie grillagée (1a), la partie grillagée (1a) étant
noyée dans l'épaisseur de la couche de lithium métal (2).

Figure pour l'abrégé : figure 2



FR 3 115 162 - A1



Description

Titre de l'invention : Electrode pour cellule de batterie solide et procédé de fabrication d'une cellule de batterie utilisant une telle électrode.

- [0001] Dans les prochaines années et décennies, des progrès technologiques substantiels sont attendus sur les batteries au lithium embarquées dans les véhicules électriques. En particulier, les batteries lithium tout solide (All Solid State Batterie dites « ASSB ») constitueront à moyen terme un saut technologique majeur par rapport aux batteries dites Li-ion équipant actuellement les véhicules électriques.
- [0002] La technologie ASSB met en œuvre un électrolyte entièrement solide assurant la conduction ionique des ions Li^+ , qui remplace l'électrolyte liquide habituellement utilisé dans les batteries Li-ion. Parmi ses multiples avantages, l'électrolyte tout solide permet l'utilisation d'une plus large gamme de matériaux actifs d'électrodes, notamment du lithium métallique (ou lithium métal) à l'électrode négative, ce qui lui confère une capacité massique et volumique inégalable.
- [0003] Concernant l'utilisation du lithium métallique à l'électrode négative, l'état de l'art actuel comprend l'utilisation d'un polymère sur lequel un excédent de lithium métal est déposé, le lithium métal faisant alors office de collecteur de courant. Cette solution présente néanmoins des inconvénients, parmi lesquels :
- la nécessité d'utiliser le lithium métal en excédent,
 - la réduction du rendement électrique du fait de défauts d'adhérence entre les deux constituants, le polymère et le lithium.
- [0004] Le brevet US20150037689A1 divulgue l'utilisation d'une mousse de cuivre permettant de former un collecteur de courant pour une électrode négative constituée de lithium métal. Les ions lithium pénétrant dans les pores de la mousse sont ainsi en contact avec le collecteur de courant en mousse de cuivre. Toutefois, l'épaisseur importante du collecteur de courant en mousse de cuivre réduit la densité d'énergie volumique d'une cellule de batterie utilisant cette technologie. De plus, le rendement électrique de la mousse est difficilement maîtrisable. Par ailleurs, le coût de production d'une telle mousse est très élevé.
- [0005] Le but de l'invention est de fournir un collecteur de courant pour cellule de batterie remédiant aux inconvénients ci-dessus et améliorant les collecteurs de courant connus de l'art antérieur. En particulier l'invention porte sur un collecteur de courant qui permette d'augmenter le rendement électrique tout en réduisant les coûts de production des collecteurs de courant équipant les batteries tout solides avec électrode négative en lithium métal. L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une cellule

de batterie utilisant un tel collecteur.

- [0006] A cet effet, l'invention porte sur une électrode pour cellule de batterie comprenant un collecteur de courant et une couche de lithium métal, le collecteur de courant comprenant une partie grillagée, la partie grillagée étant noyée dans l'épaisseur de la couche de lithium métal.
- [0007] Dans un mode de réalisation, le collecteur de courant comprend une extrémité pleine, l'extrémité pleine du collecteur de courant étant non recouverte par la couche de lithium métal, l'extrémité pleine étant destinée à être soudée à une borne.
- [0008] Dans un mode de réalisation, la partie grillagée du collecteur de courant comprend un ensemble de mailles carrées comprenant une partie creuse formant un carré vide et une bordure d'épaisseur constante encadrant ledit carré vide.
- [0009] Dans un mode de réalisation, la longueur du côté d'un carré vide est égale à l'épaisseur de la bordure qui l'encadre, par exemple entre 3 et 5mm.
- [0010] Dans un mode de réalisation, le collecteur de courant est en cuivre.
- [0011] L'invention porte également sur une couche active comprenant une première électrode selon l'invention et une deuxième électrode, la première électrode étant empilée sur la deuxième électrode, la deuxième électrode comprenant un matériau actif en polymère ou en céramique et un collecteur de courant.
- [0012] Dans un mode de réalisation, le collecteur de courant de la première électrode est en cuivre et/ou le collecteur de courant de la deuxième électrode est en aluminium.
- [0013] L'invention porte en outre sur une cellule de batterie comprenant un empilement de couches actives selon l'invention, une électrode additionnelle selon l'invention, et deux bornes, les premières électrodes de l'empilement de couches actives et l'électrode additionnelle étant reliées, notamment soudées, à une première borne, les deuxièmes électrodes de l'empilement de couches actives étant reliées, notamment soudées, à une deuxième borne.
- [0014] L'invention porte de plus sur une batterie solide comprenant au moins une cellule selon l'invention et/ou au moins une couche active selon l'invention et/ou au moins une électrode l'invention.
- [0015] L'invention porte de plus sur un véhicule comprenant au moins une batterie solide selon l'invention et/ou au moins une cellule selon l'invention et/ou au moins une couche active selon l'invention et/ou au moins une électrode selon l'invention.
- [0016] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une électrode selon l'invention, comprenant une action de compression par laminage de la partie grillagée du collecteur de courant entre deux feuilles de lithium métal.
- [0017] La pression exercée lors de ladite action de compression par laminage peut être comprise entre 30 et 50MPa inclus.
- [0018] L'action de compression par laminage peut être effectuée à froid.

- [0019] Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'un mode de réalisation particulier fait à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0020] [fig.1] La [fig.1] représente un mode de réalisation d'un véhicule selon l'invention, où une cellule de batterie selon l'invention est représentée en coupe transversale.
- [0021] [fig.2] La [fig.2] représente une coupe transversale d'un mode de réalisation d'une couche active comprenant une électrode négative selon l'invention.
- [0022] [fig.3] La [fig.3] représente une vue de dessus et une vue de profil d'un mode de réalisation d'une cellule de batterie selon l'invention.
- [0023] [fig.4] La [fig.4] représente une vue de dessus et une coupe longitudinale d'un mode de réalisation d'une électrode négative selon l'invention.
- [0024] [fig.5] La [fig.5] représente une vue de dessus d'un mode de réalisation d'un collecteur de courant selon l'invention.
- [0025] [fig.6] La [fig.6] représente des mailles d'un collecteur de courant selon l'invention.
- [0026] [fig.7] La [fig.7] représente une étape de laminage de la partie grillagée d'un collecteur de courant entre deux feuilles de lithium métal.
- [0027] [fig.8] La [fig.8] représente une électrode négative obtenue après l'étape de laminage d'un collecteur de courant entre deux feuilles de lithium.
- [0028] [fig.9] La [fig.9] représente une étape d'empilement d'une électrode négative sur une électrode positive.
- [0029] [fig.10] La [fig.10] représente une couche active obtenue après l'étape d'empilement d'une électrode négative sur une électrode positive.
- [0030] [fig.11] La [fig.11] représente une étape d'empilement d'un ensemble de couches actives et une étape de soudage de bornes aux extrémités des collecteurs de courant contenus dans l'empilement.
- [0031] [fig.12] La [fig.12] représente une cellule de batterie obtenue après les étapes d'empilement de couches actives et de soudage de bornes aux extrémités des collecteurs de courant.
- [0032] Un mode de réalisation d'un véhicule automobile 60 selon l'invention est décrit ci-après en référence à la [fig.1]. Le véhicule automobile 60 est un véhicule automobile électrique, notamment un véhicule de tourisme ou un véhicule utilitaire.
- [0033] Le véhicule automobile 60 est équipé d'une batterie solide ou batterie à électrolyte solide 50 selon l'invention.
- [0034] Une batterie solide est un type d'accumulateur électrique dans lequel un électrolyte solide est placé entre une électrode positive (correspondant à la cathode lorsque la batterie est en décharge) et une électrode négative (correspondant à l'anode lorsque la batterie est en décharge).
- [0035] La batterie solide 50 comprend une pluralité de cellules de batterie 9 selon

l'invention. Un mode de réalisation d'une cellule de batterie 9 est décrit ci-après en référence aux figures 1 à 6.

[0036] Chaque cellule de batterie 9 comprend un empilement d'un ensemble de couches actives 91, une cellule 9 étant représentée en coupe dans la [fig.1] et une couche active 91 étant plus particulièrement représentée dans la [fig.2].

[0037] Une couche active 91 comprend les éléments suivants :

- une électrode négative 4 selon l'invention, contenant un collecteur de courant 1 pour électrode négative,
- une électrode positive 6 contenant un matériau actif 12 de type polymère actif ou céramique et un collecteur de courant 11 pour électrode positive. Dans le mode de réalisation présenté, le polymère ou la céramique contenant le matériau actif de l'électrode positive contient également l'électrolyte solide de la couche active 91.

[0038] Un collecteur de courant est une pièce métallique dont la fonction est de conduire un flux d'électrons entre le matériau actif de l'électrode et une borne de la batterie.

De façon générale, les matières respectives des collecteurs de courant pour électrode positive et pour électrode négative peuvent être choisies en fonction du couple galvanique ou couple électrochimique qu'elles constituent ensemble. Le mode de réalisation présenté dans ce document peut mettre en œuvre le couple aluminium-cuivre, qui est le couple électrochimique le plus couramment utilisé actuellement, du fait de ses excellentes performances.

[0039] Dans le cadre de l'invention, le choix de réaliser le collecteur de courant de l'électrode négative en cuivre se justifie tout particulièrement par la stabilité du cuivre vis-à-vis du lithium, notamment par le fait que la charge de la batterie ne génèrera pas de réaction entre le cuivre et le lithium. Au contraire, un collecteur de courant de l'électrode négative en aluminium provoquerait la formation d'un alliage lithium aluminium lors de la charge. En outre, le choix de réaliser le collecteur de courant de l'électrode positive en aluminium se justifie par la légèreté de ce dernier et par son coût maîtrisé. De plus, l'aluminium ne réagit pas lors de la décharge.

[0040] Dans un mode de réalisation alternatif, les collecteurs de courant de l'invention pourraient mettre en œuvre tout autre couple électrochimique dont les performances correspondent aux besoins d'une cellule de batterie 9.

[0041] Dans la suite du document, on considère donc que l'électrode négative 4 est équipée d'un collecteur de courant en cuivre 1 et que l'électrode positive 12 est équipée d'un collecteur de courant en aluminium 11.

[0042] Dans un mode de réalisation, chaque cellule 9 comprend vingt couches actives 91 auxquelles est rajoutée une électrode négative 4. Selon ce mode de réalisation, une cellule 9 comprend ainsi vingt-et-une électrode négatives 4 et vingt électrodes positives 12. Ainsi, l'empilement commence et se termine par une électrode négative

4.

[0043] Dans ce mode de réalisation, la cellule comprend également deux bornes 8a et 8b.

[0044] Une première borne 8a est soudée aux vingt-et-une extrémités libres 1b des collecteurs de courant 1 pour électrode négative intégrés dans chacune des électrodes négatives 4. La borne 8a constitue ainsi la borne négative de la cellule 9.

[0045] Une deuxième borne 8b est soudée aux vingt extrémités libres 11a des collecteurs de courant 11 pour électrode positive associés à chacune des électrodes positives 12. La borne 8b constitue ainsi la borne positive de la cellule 9.

[0046] La cohésion mécanique de la cellule 9 peut être assurée par un système de ressorts maintenant en pression les multiples couches qui la composent.

[0047] A titre d'exemple de dimensions, la [fig.3] représente les dimensions d'une cellule de batterie selon un mode de réalisation. Dans ce mode de réalisation la longueur L1 de la cellule 9 sans les bornes se situe entre 150mm et 450 mm, sa largeur L2 se situe entre 50mm et 150 mm et sa hauteur L3 se situe entre 5 et 15mm.

[0048] La hauteur d'une cellule est fonction du nombre de couches actives 91 qui la composent. Dans un mode de réalisation alternatif, une cellule 9 pourrait comprendre plus de vingt couches actives 91, par exemple au moins vingt-cinq ou au moins trente. Dans une autre mode de réalisation, une cellule 9 pourrait comprendre moins de vingt couches actives, voire moins de dix couches actives.

[0049] La longueur ainsi que la largeur d'une cellule selon l'invention peuvent varier très fortement, selon l'usage. Ainsi ces mesures peuvent dépasser un mètre voire dépasser deux mètres. A l'inverse, une cellule destinée à un usage miniaturisé (par exemple une cellule pour pile de téléphone) pourra avoir des dimensions très réduites, de l'ordre de quelques millimètres, par exemple inférieures à 5 millimètres.

[0050] Chaque couche active 91 contenue dans la cellule 9 comprend une électrode négative 4 selon l'invention.

[0051] L'électrode négative 4 correspond à la borne négative d'une batterie. L'électrode positive 6 correspond à la borne positive d'une batterie

[0052] L'électrode négative 4, plus particulièrement représentée dans la [fig.4], s'étend globalement dans un plan et a une forme globalement rectangulaire. Le grand côté définit l'axe dit longitudinal et le petit côté définit l'axe dit latéral. Elle comprend une plaque de lithium métal 2 et le collecteur de courant 1. La plaque de lithium métal 2 est traversée dans son épaisseur, selon un plan de symétrie 21 de l'électrode négative 4, par le collecteur de courant 1 en cuivre. Le collecteur de courant 1 (plus particulièrement représenté dans les figures 4 et 5) est constitué d'une partie grillagée 1a, c'est-à-dire formant un grillage, dont les dimensions longitudinales et latérales sont sensiblement identiques aux dimensions de la plaque de lithium métal. Au sens de la présente invention, et conformément aux exemples de réalisation qui suivent, un grillage

désigne ici un agencement uniforme dans un plan de mailles identiques formées chacune par une partie creuse et une bordure pleine. La partie grillagée 1a traverse de part en part la plaque de lithium métal selon le plan de symétrie longitudinal 21 de la plaque de lithium. La partie grillagée 1a est prolongée en une de ses extrémités par une partie pleine 1b, qui dépasse donc du lithium métal entourant uniquement la partie grillagée.

[0053] Dans un mode de réalisation, l'épaisseur du collecteur de courant pour électrode négative 1 est comprise entre 8 et 30 micromètres, préférentiellement entre 8 et 20 micromètres, voire entre 8 et 15 micromètres.

[0054] Dans un mode de réalisation représenté dans la [fig.6], la partie grillagée 1a du collecteur en cuivre 1 est constituée de neuf mailles de taille égale comprenant chacune une partie creuse (1c) formant un carré vide et comprenant chacune une bordure pleine (1d) de largeur constante encadrant ledit carré vide, la longueur L4 du côté d'un carré vide étant égale à la largeur de la bordure pleine qui l'encadre. Dans ce mode de réalisation, la longueur L4 d'un carré vide se situe par exemple entre 3 et 8 mm ; avantageusement, la longueur L4 du côté d'un carré vide se situe entre 3 et 5 mm.

[0055] Autrement dit, dans ce mode de réalisation, un collecteur de courant 1 pour électrode négative fabriqué en cuivre pourra être décrit comme un quadrillage de conducteurs de cuivre s'étendant principalement dans un plan, avec un pas régulier, ce quadrillage étant constitué

- d'un premier ensemble de conducteurs de cuivre d'une largeur L5 parallèles entre eux, orientés selon une première direction, et espacés les uns par rapport aux autres d'une longueur L5, et

- d'un deuxième ensemble de conducteurs de cuivre de largeur L5 parallèles entre eux, orientés selon une deuxième direction perpendiculaire à la première direction, et espacés les uns par rapport aux autres d'une longueur L5.

[0056] Dans ce mode de réalisation, la largeur L5 est égale à la largeur d'un carré vide.

[0057] Dans des variantes de réalisation, la largeur L5 des conducteurs de cuivre est fixée à une valeur supérieure ou inférieure à l'espace séparant deux conducteurs parallèles et contigus. Autrement dit la largeur L5 est supérieure ou inférieure à la largeur d'un carré vide.

[0058] Dans une autre variante de réalisation, les première et deuxième directions des conducteurs ne sont pas perpendiculaires entre elles, les mailles du quadrillages formant alors des losanges.

[0059] D'autres variantes de réalisation peuvent être obtenues à partir des modes de réalisation précédemment décrits, en faisant varier

- la valeur de l'angle formé entre ladite première direction des conducteurs et l'axe longitudinal du collecteur de courant 1, et/ou

- la valeur de l'angle formé entre ladite deuxième direction des conducteurs et l'axe longitudinal du collecteur de courant 1.

[0060] Alternativement, d'autres formes de mailles peuvent être envisagées : par exemple triangulaires, rectangulaires, circulaires ou polygonales.

[0061] Dans le mode de réalisation présenté pour l'électrode négative 4, le lithium métal de la plaque 2 comble totalement les mailles de la partie grillagée 1a. Ainsi chaque conducteur de cuivre constituant la partie grillagée 1a du collecteur de courant est en contact avec le lithium sur toute sa surface. En d'autres termes la partie grillagée 1a est noyée dans le lithium. Il n'y a donc pas d'espace vide à l'intérieur de l'électrode négative 4.

[0062] Un mode d'exécution d'un procédé de fabrication d'une cellule de batterie 9 selon l'invention est décrit dans les figures 6 à 12.

[0063] Dans une première étape E1, la partie grillagée du collecteur de courant peut être réalisée à partir d'une plaque en cuivre dans laquelle seront créés les parties creuses 1c des mailles du grillage. Différentes techniques peuvent être employées pour créer les parties creuses 1c des mailles, selon la taille et la forme des mailles souhaitées, par exemple le découpage ou la perforation d'une plaque en cuivre. En variante, la partie grillagée 1a pourrait aussi être obtenue par un tressage de fils ou de filaments en cuivre.

[0064] Dans une deuxième étape E2 illustrée dans les figures 6 à 8, le collecteur en cuivre 1 est assemblé entre deux feuilles de lithium métal 2a, 2b pour former une électrode négative 4.

[0065] L'assemblage entre la partie grillagée et les deux feuilles de lithium 1a, 1b est réalisé par le passage de l'ensemble dans une calandre à froid. Bien qu'utilisant une calandre, la technique appliquée pour assembler la partie grillagée et les deux feuilles de lithium ne se résume pas à un simple calandrage. En effet, le passage de ces éléments dans la calandre entraîne non seulement un aplatissement de l'ensemble, mais également une fusion entre les éléments mis sous pression ensemble. Ladite fusion entre les éléments mis sous pression ensemble est caractérisée par le fait que les éléments sont mécaniquement indissociables l'un de l'autre à l'issue de ce procédé. Ainsi le procédé d'assemblage de ces éléments sera dénommé « laminage », ou « colaminage », ce dernier terme faisant référence au fait que plusieurs éléments, la partie grillagée et les feuilles de lithium, sont laminées ensemble. La pression nécessaire pour assurer une fusion entre les deux feuilles de lithium et/ou une bonne cohésion entre le lithium et le collecteur peut être comprise entre 30 et 50MPa, selon l'épaisseur de lithium souhaitée après colaminage. L'action de colaminage est préférentiellement effectuée à froid. Dans ce mode de réalisation, l'action de colaminage est effectuée à température ambiante, sans action de chauffage.

- [0066] Comme cela est représenté dans la [fig.8], à l'issue de la deuxième étape E2, les deux feuilles de lithium 2a, 2b ont fusionné en une plaque de lithium 2. La partie grillagée se retrouve de ce fait incluse dans la plaque de lithium 2 ainsi constituée. Autrement dit, à l'issue de l'étape de colaminage, on obtient une plaque de lithium 2 traversée par un collecteur de courant en cuivre 1 selon son plan de symétrie longitudinal 21 parallèle à sa grande face. Seule la partie pleine 1b du collecteur de courant émerge de la plaque de lithium, dans le prolongement de l'une de ses extrémités.
- [0067] Lors d'une troisième étape E3 illustrée dans les figures 9 et 10, une électrode négative 4 et une électrode positive 6 sont empilées pour former une couche active 91. L'électrode négative est posée sur l'électrode positive de sorte que :
- une face de la plaque de lithium 2 de l'électrode négative est en contact sur toute sa surface avec le polymère actif 12 de l'électrode positive 6,
 - l'extrémité 11a du collecteur 11 pour électrode positive est opposée à l'extrémité 1b (ou partie pleine 1b) du collecteur 1 pour électrode négative.
- [0068] Lors d'une quatrième étape E4 illustrée dans les figures 11 et 12, un ensemble de couches actives 91 réalisées selon la troisième étape E3 et une électrode négative 4 additionnelle réalisée selon la deuxième étape E2 sont empilées les unes sur les autres et assemblées à deux bornes 8a, 8b afin de réaliser une cellule de batterie 9 selon l'invention.
- [0069] Dans une première sous-étape E41, les couches actives 91 sont empilées les unes sur les autres de sorte que :
- le collecteur de courant 11 pour électrode positive d'une première couche 91 soit en contact avec la plaque de lithium 2 d'une deuxième couche 91 placée sous ladite première couche, et
 - toutes les extrémités 1b des collecteurs de courant 1 pour électrode négative soient disposées les unes au-dessus des autres.
- [0070] Le premier empilement ainsi réalisé lors de la sous-étape E41 présente en sa face supérieure une électrode négative 4 et en sa face inférieure une électrode positive 6.
- [0071] Dans une deuxième sous-étape E42, ledit premier empilement est ensuite empilé au-dessus de l'électrode négative 4 additionnelle, de sorte que l'extrémité 1b du collecteur de courant de l'électrode additionnelle se trouve du même côté que toutes les extrémités des collecteurs de courant 1b dudit premier empilement. A l'issue de la sous-étape E42 on obtient un deuxième empilement.
- [0072] Dans une troisième sous-étape E43, une première borne 8a est soudée aux extrémités pleines 1b de tous les collecteurs de courant pour électrode négative contenus dans l'ensemble de couches actives 91 et dans l'électrode négative additionnelle. De plus, une deuxième borne 8b est soudée aux extrémités de tous les collecteurs de courant pour électrode positive contenus dans l'ensemble de couches actives 91. Les soudures

peuvent être effectuées par ultrasons.

- [0073] Les caractéristiques de l'invention précédemment exposées permettent d'améliorer l'état de l'art selon plusieurs axes développés ci-après.
- [0074] Un premier axe d'amélioration concerne la diminution de la résistance électrique induite par l'interface entre le lithium métal et le collecteur de courant. Le procédé de colaminage tel que précédemment décrit garantit une forte cohésion mécanique et électrique entre le lithium métal et le collecteur de courant. Le lithium métal venant combler les mailles du collecteur de courant grillagé, le procédé permet d'éviter la présence d'air entre ces deux éléments, ce qui réduit la résistance électrique au passage du courant entre le lithium métal et le collecteur et optimise l'espace disponible.
- [0075] Un deuxième axe d'amélioration concerne l'homogénéité de la diffusion des électrons au niveau de l'électrode négative. En effet le collecteur au contact du lithium métal présente une structure très régulière, définie par la forme des mailles et le pas de la partie grillagée 1a. La répartition de la surface de contact entre le collecteur selon l'invention et le lithium métal est ainsi totalement maîtrisée, ce qui n'est pas le cas lorsque le collecteur est en mousse de cuivre, par exemple. En effet, dans le cas d'un collecteur en mousse de cuivre, les ions lithium entrent en contact avec le collecteur de courant en pénétrant dans les pores de la mousse. Or la répartition des pores dans la mousse de cuivre n'est pas aussi régulière que la répartition du cuivre mise en œuvre par un collecteur selon l'invention, à travers le pas fixe et la forme des mailles de la partie grillagée ainsi que sa disposition principalement dans un plan.
- [0076] Un troisième axe d'amélioration concerne le rendement électrique volumique d'une cellule de batterie solide selon l'invention. Le procédé de fabrication d'une électrode négative selon l'invention inclut une étape de laminage permettant de maîtriser l'épaisseur de l'électrode négative, et donc d'augmenter le rendement volumique de la cellule. Cette possibilité constitue une avancée par rapport à l'état de l'art, notamment par rapport aux cellules de batterie mettant en œuvre des collecteurs de courant en mousse de cuivre ; en effet, la mousse ne peut être colaminée sans perdre ses propriétés.
- [0077] Un quatrième axe d'amélioration concerne le coût de production d'une cellule de batterie solide selon l'invention. La solution technique mise en œuvre dans l'invention est plus économique que les solutions divulguées par l'état de l'art : notamment, la fabrication d'une électrode négative selon l'invention est moins coûteuse que la fabrication d'une électrode négative utilisant une mousse de cuivre.
- [0078] Un cinquième axe d'amélioration concerne le poids d'une cellule de batterie solide selon l'invention. En effet la solution technique proposée dans cette invention permet de réduire le poids d'une électrode négative en lithium métal, en particulier par comparaison avec une solution décrite dans l'art antérieur nécessitant de disposer du

Lithium métal en excédent pour constituer un collecteur de courant.

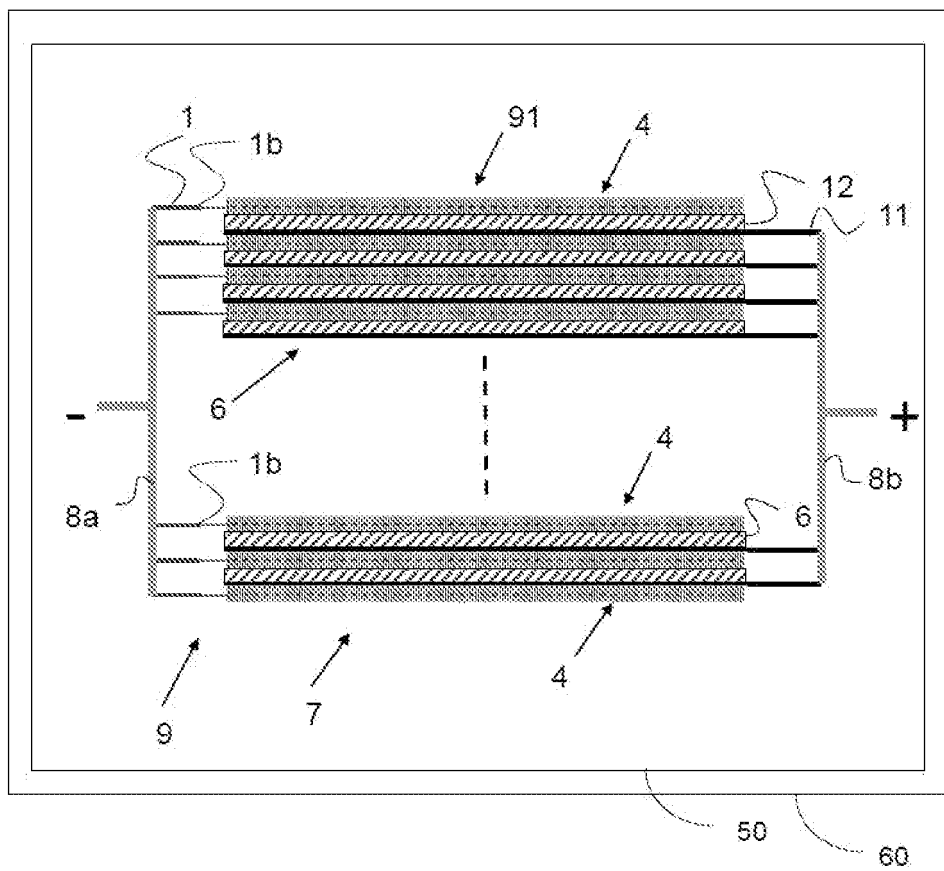
Revendications

- [Revendication 1] Electrode (4) pour cellule de batterie (9) comprenant un collecteur de courant (1) et une couche de lithium métal (2), caractérisée en ce que le collecteur de courant (1) comprend une partie grillagée (1a), la partie grillagée (1a) étant noyée dans l'épaisseur de la couche de lithium métal (2).
- [Revendication 2] Electrode (4) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le collecteur de courant (1) comprend une extrémité pleine (1b), l'extrémité pleine (1b) du collecteur de courant étant non recouverte par la couche de lithium métal (2), l'extrémité pleine étant destinée à être soudée à une borne (8a).
- [Revendication 3] Electrode (4) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la partie grillagée (1a) du collecteur de courant (1) comprend un ensemble de mailles carrées comprenant une partie creuse (1c) formant un carré vide et une bordure (1d) d'épaisseur constante encadrant ledit carré vide.
- [Revendication 4] Electrode (4) selon la revendication précédente, caractérisée en ce que la longueur du côté d'un carré vide est égale à l'épaisseur de la bordure qui l'encadre, par exemple entre 3 et 5mm.
- [Revendication 5] Electrode (4) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le collecteur de courant (1) est en cuivre.
- [Revendication 6] Couche active (91) comprenant une première électrode (4) selon l'une des revendications précédentes et une deuxième électrode (6), la première électrode (4) étant empilée sur la deuxième électrode (6), la deuxième électrode comprenant un matériau actif (12) en polymère ou en céramique et un collecteur de courant (11).
- [Revendication 7] Couche active (91) selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le collecteur de courant (1) de la première électrode (4) est en cuivre et/ou en ce que le collecteur de courant (11) de la deuxième électrode (6) est en aluminium.
- [Revendication 8] Cellule de batterie (9) caractérisée en ce qu'elle comprend un empilement de couches actives (91) selon l'une des revendications 6 ou 7, une électrode additionnelle (4) selon l'une des revendications 1 à 5, et deux bornes (8a, 8b), les premières électrodes dudit empilement de couches actives et ladite électrode additionnelle étant reliées, notamment soudées, à une première borne, les deuxièmes électrodes dudit empilement de couches actives étant reliées, notamment soudées, à une

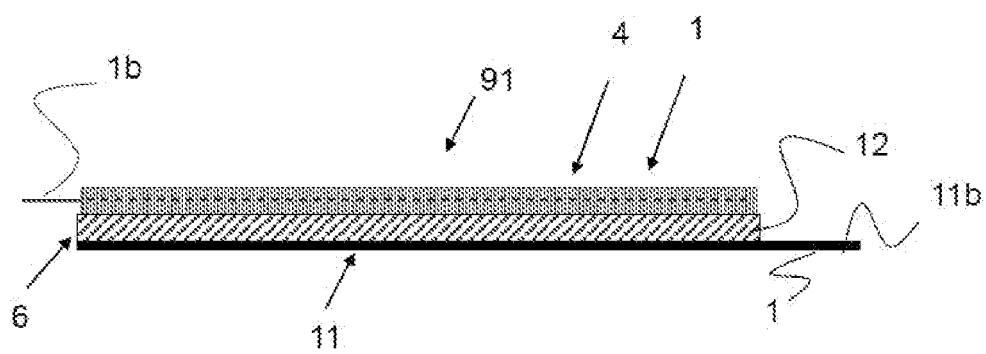
deuxième borne.

- [Revendication 9] Batterie solide (50) comprenant au moins une cellule (9) selon la revendication précédente et/ou au moins une couche active (91) selon l'une des revendications 6 ou 7 et/ou au moins une électrode (4) selon l'une des revendications 1 à 5.
- [Revendication 10] Véhicule (60) comprenant au moins une batterie solide (50) selon la revendication précédente et/ou au moins une cellule (9) selon la revendication 8 et/ou au moins une couche active (91) selon l'une des revendications 6 ou 7 et/ou au moins une électrode (4) selon l'une des revendications 1 à 5.
- [Revendication 11] Procédé de fabrication d'une électrode (4) selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant une action de compression par laminage de la partie grillagée (1a) du collecteur de courant (1) entre deux feuilles de lithium métal (2a, 2b).
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication précédente caractérisé en ce que la pression exercée lors de ladite action de compression par laminage est comprise entre 30 et 50MPa inclus.
- [Revendication 13] Procédé selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que ladite action de compression par laminage est effectuée à froid.

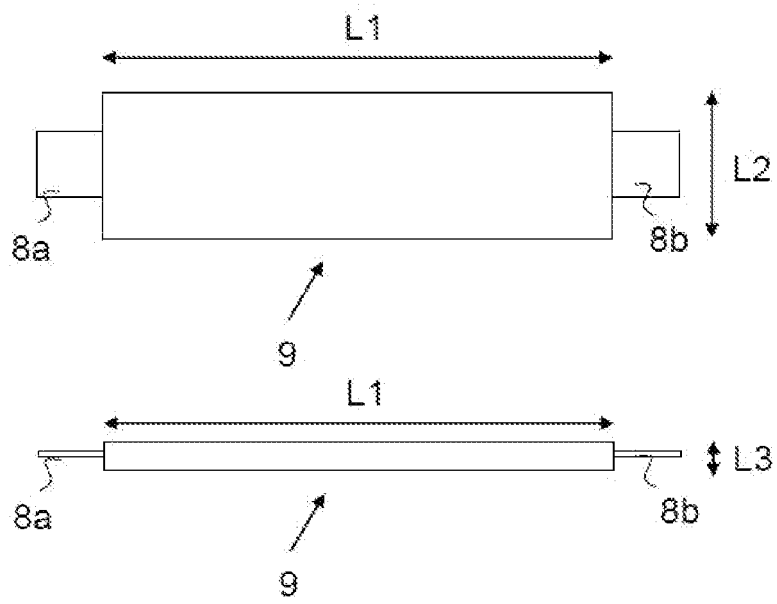
[Fig. 1]



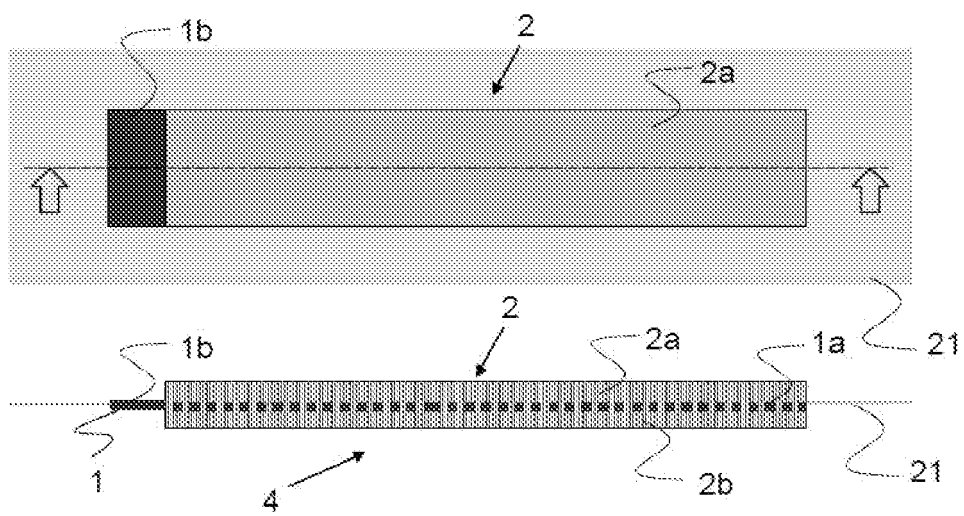
[Fig. 2]



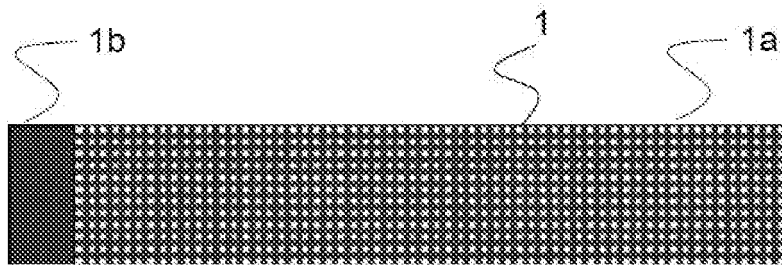
[Fig. 3]



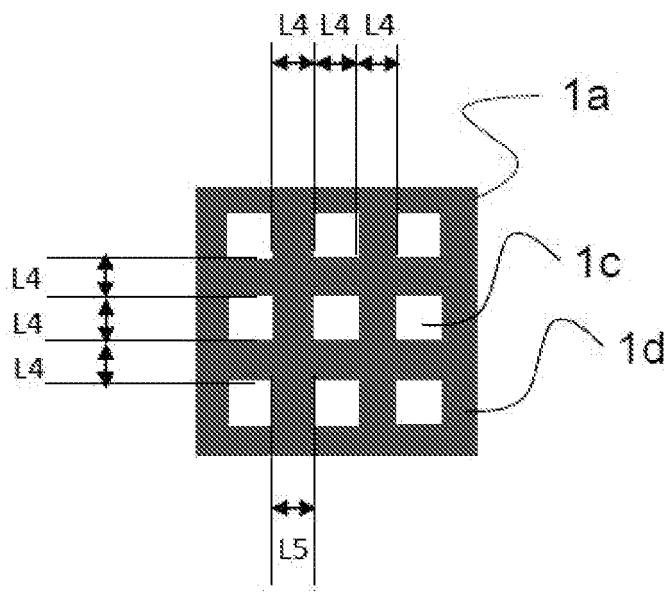
[Fig. 4]



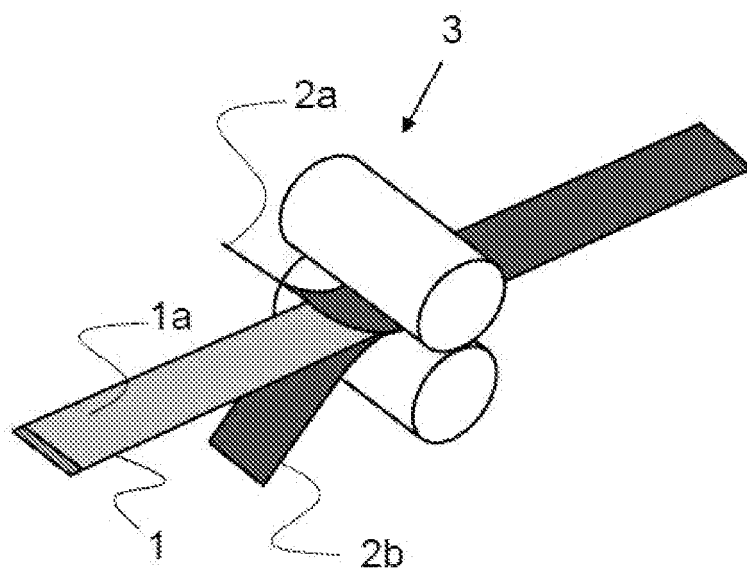
[Fig. 5]



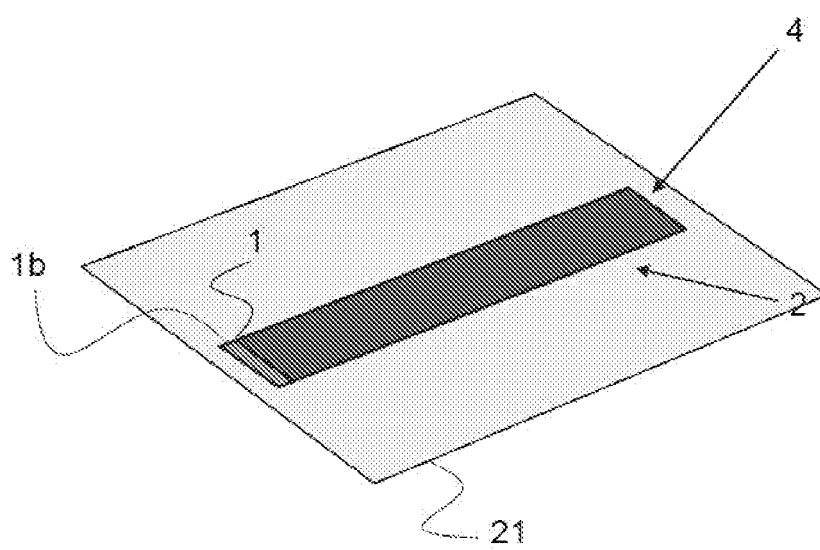
[Fig. 6]



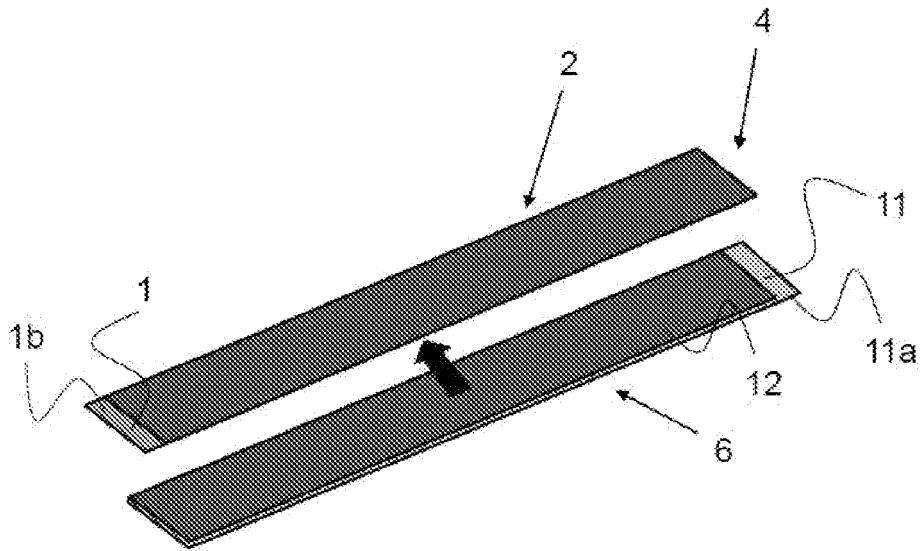
[Fig. 7]



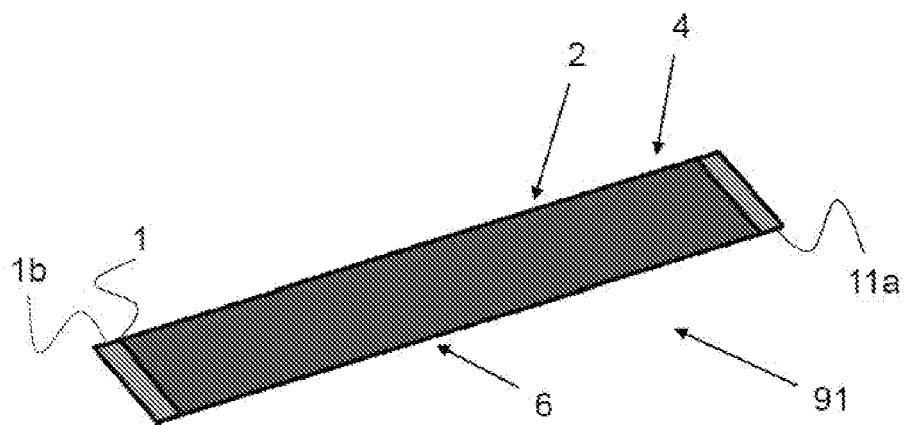
[Fig. 8]



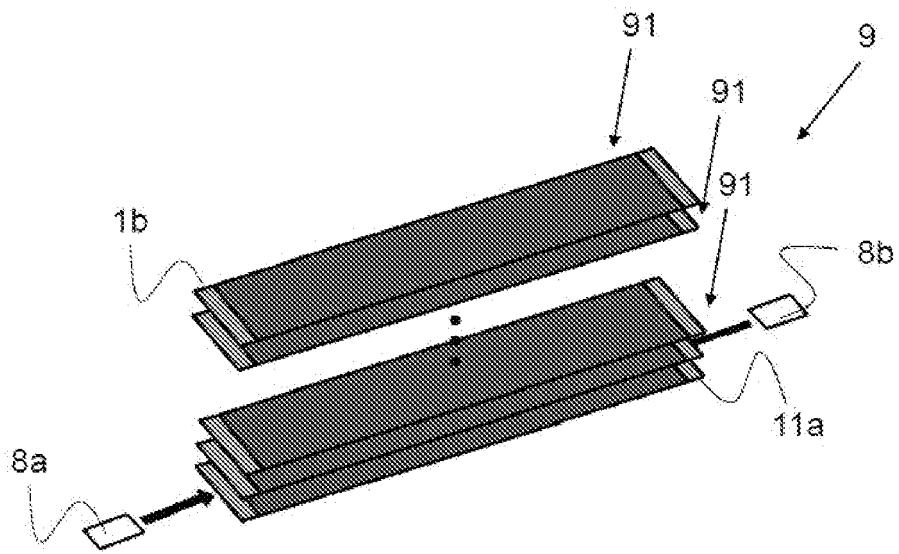
[Fig. 9]



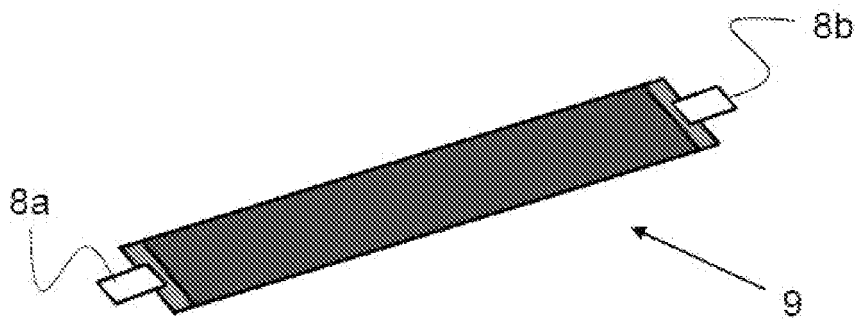
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 888435
FR 2010274

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2020/280063 A1 (TIRUVANNAMALAI ARUNKUMAR [US] ET AL) 3 septembre 2020 (2020-09-03) * alinéas [0143] - [0148], [0151], [0115], [0159] * * figures 16,17,20 *	1-11	H01M4/134 H01M4/1395 H01M10/0525
X	EP 3 713 005 A1 (UNIV TSINGHUA [CN]) 23 septembre 2020 (2020-09-23) * revendications 1-19 * * figure 5 *	1-5	
Y	EP 1 914 764 A1 (FUJI HEAVY IND LTD [JP]) 23 avril 2008 (2008-04-23) * alinéas [0003], [0095], [0096] * * figure 1 *	1-13	
Y	EP 2 040 320 A1 (FUJI HEAVY IND LTD [JP]) 25 mars 2009 (2009-03-25) * alinéas [0125] - [0134], [0194] *	1-13	
Y	CN 105 018 776 B (INST METAL RES CHINESE ACAD SC) 29 septembre 2017 (2017-09-29) * abrégé * * figure 1 *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01M
Y	FR 3 021 812 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 4 décembre 2015 (2015-12-04) * figures 7-11 * * revendications 1-21 *	1-13	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 juin 2021		Haering, Christian	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2010274 FA 888435**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **10-06-2021**
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 2020280063 A1	03-09-2020	CN 111640915 A US 2020280063 A1	08-09-2020 03-09-2020
EP 3713005 A1	23-09-2020	CN 108107092 A EP 3713005 A1 US 2020280051 A1 US 2021135322 A1 WO 2019096053 A1	01-06-2018 23-09-2020 03-09-2020 06-05-2021 23-05-2019
EP 1914764 A1	23-04-2008	CN 101165829 A EP 1914764 A1 JP 4857073 B2 JP 2008103596 A KR 20080035964 A US 2008094778 A1	23-04-2008 23-04-2008 18-01-2012 01-05-2008 24-04-2008 24-04-2008
EP 2040320 A1	25-03-2009	CN 101394002 A EP 2040320 A1 JP 5214199 B2 JP 2009070782 A KR 20090029624 A US 2009075161 A1	25-03-2009 25-03-2009 19-06-2013 02-04-2009 23-03-2009 19-03-2009
CN 105018776 B	29-09-2017	AUCUN	
FR 3021812 A1	04-12-2015	AUCUN	