

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un organe anodique pour une batterie à ions de lithium, ladite batterie comprenant au moins une cathode, au moins un électrolyte et au moins une
5 anode,
ladite anode comprenant :
- ledit organe anodique, comprenant une couche poreuse disposée sur un substrat, ladite couche poreuse présentant une porosité comprise entre 35% et 70% en volume, et
 - du lithium métallique chargé à l'intérieur des pores de ladite couche poreuse,
- 10 ledit procédé comprenant les étapes suivantes :
- (a) on approvisionne un substrat, et une suspension colloïdale comprenant des agrégats ou des agglomérats de nanoparticules monodisperses d'au moins un premier matériau isolant électriquement et conducteur des ions de lithium de diamètre primaire moyen D_{50} compris entre 5 nm et 100 nm, lesdits agrégats ou agglomérats présentant un
15 diamètre moyen inférieur à 500 nm,
 - (b) on dépose sur ladite surface dudit substrat une couche poreuse par un procédé sélectionné dans le groupe formé par l'électrophorèse, le procédé d'impression par jet d'encre, le raclage, la pulvérisation, l'impression flexographique, l'enduction au rouleau, l'enduction au rideau, l'enduction par slot-die et le procédé de trempage-retrait, à partir de
20 ladite suspension colloïdale approvisionnée à l'étape (a), sachant que ledit substrat peut être un substrat capable d'agir comme collecteur de courant électrique de la batterie ou un substrat intermédiaire,
 - (c) on sèche ladite couche poreuse obtenue à l'étape (b), de préférence sous un flux d'air, le cas échéant avant ou après avoir séparée ladite couche poreuse de son substrat
25 intermédiaire, puis, optionnellement on effectue un traitement thermique de la couche séchée.
2. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon la revendication 1, dans lequel ledit substrat est un substrat intermédiaire, et dans lequel on approvisionne aussi lors de
30 l'étape (a)
- o au moins une feuille électriquement conductrice pouvant servir de collecteur de courant de la batterie,
 - o une colle conductrice ou une suspension colloïdale comprenant des nanoparticules monodisperses d'au moins un second matériau conducteur des
35 ions de lithium de diamètre primaire moyen D_{50} compris entre 5 nm et 100 nm ;

- et après la séparation de ladite couche poreuse de son substrat intermédiaire, on effectue un traitement thermique de la couche poreuse, puis on dépose sur au moins une face, de préférence sur les deux faces, de ladite feuille électriquement conductrice, une couche mince de colle conductrice ou une couche mince de nanoparticules à partir de la
- 5 suspension colloïdale comprenant des nanoparticules monodisperses d'au moins un second matériau conducteur des ions de lithium, le second matériau conducteur des ions de lithium étant de préférence identique au premier matériau conducteur des ions de lithium ; puis on colle la couche poreuse sur ladite face, de préférence sur les deux faces de ladite feuille électriquement conductrice.
- 10
3. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel après l'étape (c) ou on dépose, de préférence par la technique de dépôt de couches atomiques ALD ou par voie chimique en solution CSD, lors d'une étape (d) une couche d'un matériau lithiophile sur et à l'intérieur des pores de la
- 15 couche poreuse.
4. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon la revendication 3, dans lequel le matériau lithiophile est choisi parmi le ZnO, Al, Si, CuO.
- 20 5. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le substrat métallique est choisi parmi les feuillards de cuivre, de nickel, les feuillards de molybdène, les feuillards d'alliage comprenant au moins du cuivre, ou du nickel, ou du chrome.
- 25 6. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre primaire desdites nanoparticules monodisperses est compris entre 10 nm et 50 nm, de préférence entre 10 nm et 30 nm.
- 30 7. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le diamètre moyen des pores de la couche poreuse est compris entre 2 nm et 500 nm, de préférence compris entre 2 nm et 80 nm, préférentiellement compris entre 6 nm et 50 nm et encore plus préférentiellement entre 8 nm et 30 nm.

8. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la couche poreuse présente une porosité d'environ 50 % en volume.

- 5 9. Procédé de fabrication d'un organe anodique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel ledit matériau conducteur des ions de lithium est sélectionné dans le groupe formé par :
- les phosphates lithiés, de préférence choisi parmi : les phosphates lithiés de type NaSICON, le Li_3PO_4 ; le LiPO_3 ; le $\text{Li}_3\text{Al}_{0,4}\text{Sc}_{1,6}(\text{PO}_4)_3$ appelés « LASP » ; le $\text{Li}_{1+x}\text{Zr}_{2-x}\text{Ca}_x(\text{PO}_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; le $\text{Li}_{1+2x}\text{Zr}_{2-x}\text{Ca}_x(\text{PO}_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$ tel que le $\text{Li}_{1,2}\text{Zr}_{1,9}\text{Ca}_{0,1}(\text{PO}_4)_3$ ou le $\text{Li}_{1,4}\text{Zr}_{1,8}\text{Ca}_{0,2}(\text{PO}_4)_3$; le $\text{LiZr}_2(\text{PO}_4)_3$; le $\text{Li}_{1+3x}\text{Zr}_2(\text{P}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_4)_3$ avec $1,8 < x < 2,3$; le $\text{Li}_{1+6x}\text{Zr}_2(\text{P}_{1-x}\text{B}_x\text{O}_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; le $\text{Li}_3(\text{Sc}_{2-x}\text{M}_x)(\text{PO}_4)_3$ avec $\text{M}=\text{Al}$ ou Y et $0 \leq x \leq 1$; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Sc})_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}, \text{Ga}$ ou un mélange des trois composés et $0 \leq x \leq 0,8$; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Ga}_{1-y}\text{Sc}_y)_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,8$; $0 \leq y \leq 1$ et $\text{M} = \text{Al}$ ou Y ou un mélange des deux composés ; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Ga})_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}$ ou un mélange des deux composés et $0 \leq x \leq 0,8$; le $\text{Li}_{3+y}(\text{Sc}_{2-x}\text{M}_x)\text{Q}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$ avec $\text{M} = \text{Al}$ et/ou Y et $\text{Q} = \text{Si}$ et/ou Se , $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1$; ou le $\text{Li}_{1+x+y}\text{M}_x\text{Sc}_{2-x}\text{Q}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}, \text{Ga}$ ou un mélange des trois composés et $\text{Q} = \text{Si}$ et/ou Se , $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1$; ou le $\text{Li}_{1+x+y+z}\text{M}_x(\text{Ga}_{1-y}\text{Sc}_y)_{2-x}\text{Q}_z\text{P}_{3-z}\text{O}_{12}$ avec $0 \leq x \leq 0,8$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 0,6$ avec $\text{M} = \text{Al}$ ou Y ou un mélange des deux composés et $\text{Q} = \text{Si}$ et/ou Se ; ou le $\text{Li}_{1+x}\text{Zr}_{2-x}\text{B}_x(\text{PO}_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; ou le $\text{Li}_{1+x}\text{Zr}_{2-x}\text{Ca}_x(\text{PO}_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; ou $\text{Li}_{1+x}\text{M}^3_x\text{M}_{2-x}\text{P}_3\text{O}_{12}$ avec $0 \leq x \leq 1$ et $\text{M}^3 = \text{Cr}, \text{V}, \text{Ca}, \text{B}, \text{Mg}, \text{Bi}$ et/ou Mo , $\text{M} = \text{Sc}, \text{Sn}, \text{Zr}, \text{Hf}, \text{Se}$ ou Si , ou un mélange de ces composés ;
 - les borates lithiés, de préférence choisi parmi : le $\text{Li}_3(\text{Sc}_{2-x}\text{M}_x)(\text{BO}_3)_3$ avec $\text{M}=\text{Al}$ ou Y et $0 \leq x \leq 1$; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Sc})_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}, \text{Ga}$ ou un mélange des trois composés et $0 \leq x \leq 0,8$; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Ga}_{1-y}\text{Sc}_y)_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,8$, $0 \leq y \leq 1$ et $\text{M} = \text{Al}$ ou Y ; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Ga})_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}$ ou un mélange des deux composés et $0 \leq x \leq 0,8$; le Li_3BO_3 , le $\text{Li}_3\text{BO}_3\text{-Li}_2\text{SO}_4$, le $\text{Li}_3\text{BO}_3\text{-Li}_2\text{SiO}_4$, le $\text{Li}_3\text{BO}_3\text{-Li}_2\text{SiO}_4\text{-Li}_2\text{SO}_4$; le $\text{Li}_3\text{Al}_{0,4}\text{Sc}_{1,6}(\text{BO}_3)_3$; le $\text{Li}_{1+x}\text{Zr}_{2-x}\text{Ca}_x(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; le $\text{Li}_{1+2x}\text{Zr}_{2-x}\text{Ca}_x(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$ tel que le $\text{Li}_{1,2}\text{Zr}_{1,9}\text{Ca}_{0,1}(\text{BO}_3)_3$ ou le $\text{Li}_{1,4}\text{Zr}_{1,8}\text{Ca}_{0,2}(\text{BO}_3)_3$; le $\text{LiZr}_2(\text{BO}_3)_3$; le $\text{Li}_{1+3x}\text{Zr}_2(\text{B}_{1-x}\text{Si}_x\text{O}_3)_3$ avec $1,8 < x < 2,3$; le $\text{Li}_{1+6x}\text{Zr}_2(\text{P}_{1-x}\text{B}_x\text{O}_4)_3$ avec $0 < x \leq 0,25$; le $\text{Li}_3(\text{Sc}_{2-x}\text{M}_x)(\text{BO}_3)_3$ avec $\text{M}=\text{Al}$ et/ou Y et $0 \leq x \leq 1$; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Sc})_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}, \text{Ga}$ ou un mélange de ces trois éléments et $0 \leq x \leq 0,8$; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Ga}_{1-y}\text{Sc}_y)_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,8$; $0 \leq y \leq 1$ et $\text{M} = \text{Al}$ et/ou Y ; le $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x(\text{Ga})_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $\text{M} = \text{Al}$ et/ou Y $0 \leq x \leq 0,8$; le $\text{Li}_{3+y}(\text{Sc}_{2-x}\text{M}_x)\text{Q}_y\text{B}_{3-y}\text{O}_9$ avec $\text{M} = \text{Al}$ et/ou Y et $\text{Q} = \text{Si}$ et/ou Se , $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1$; ou le $\text{Li}_{1+x+y}\text{M}_x\text{Sc}_{2-x}\text{Q}_y\text{B}_{3-y}\text{O}_9$ avec $\text{M} = \text{Al}, \text{Y}, \text{Ga}$ ou un mélange de ces trois éléments et $\text{Q} =$

- Si et/ou Se, $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1$; ou le $\text{Li}_{1+x+y+z}\text{M}_x(\text{Ga}_{1-y}\text{Sc}_y)_{2-x}\text{Q}_z\text{B}_{3-z}\text{O}_9$ avec $0 \leq x \leq 0,8$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 0,6$ avec $\text{M} = \text{Al}$ et/ou Y et $\text{Q} = \text{Si}$ et/ou Se ; ou le $\text{Li}_{1+x}\text{Zr}_{2-x}\text{B}_x(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; ou le $\text{Li}_{1+x}\text{Zr}_{2-x}\text{Ca}_x(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; ou $\text{Li}_{1+x}\text{M}^3_x\text{M}_{2-x}(\text{BO}_3)_3$ avec $0 \leq x \leq 1$ et $\text{M}^3 = \text{Cr}, \text{V}, \text{Ca}, \text{B}, \text{Mg}, \text{Bi}$ et/ou Mo , $\text{M} = \text{Sc}, \text{Sn}, \text{Zr}, \text{Hf}, \text{Se}$ ou Si , ou un mélange de ces éléments ;
- les oxynitrures, de préférence choisis parmi $\text{Li}_3\text{PO}_{4-x}\text{N}_{2x/3}$ et le $\text{Li}_3\text{BO}_{3-x}\text{N}_{2x/3}$ avec $0 < x < 3$;
 - les composés lithiés à base d'oxynitrure de lithium et de phosphore, appelés « LiPON », sous forme de $\text{Li}_x\text{PO}_y\text{N}_z$ avec $x \sim 2,8$ et $2y+3z \sim 7,8$ et $0,16 \leq z \leq 0,4$, et en particulier le $\text{Li}_{2,9}\text{PO}_{3,3}\text{N}_{0,46}$, mais également les composés $\text{Li}_w\text{PO}_x\text{N}_y\text{S}_z$ avec $2x+3y+2z = 5 = w$ ou les composés $\text{Li}_w\text{PO}_x\text{N}_y\text{S}_z$ avec $3,2 \leq x \leq 3,8$, $0,13 \leq y \leq 0,4$, $0 \leq z \leq 0,2$, $2,9 \leq w \leq 3,3$ ou les composés sous forme de $\text{Li}_t\text{P}_x\text{Al}_y\text{O}_u\text{N}_v\text{S}_w$ avec $5x+3y=5$, $2u+3v+2w=5+t$, $2,9 \leq t \leq 3,3$, $0,84 \leq x \leq 0,94$, $0,094 \leq y \leq 0,26$, $3,2 \leq u \leq 3,8$, $0,13 \leq v \leq 0,46$, $0 \leq w \leq 0,2$;
 - les matériaux à base d'oxynitrures de lithium de phosphore ou de bore, appelés respectivement « LiPON » et « LIBON », pouvant également contenir du silicium, du soufre, du zirconium, de l'aluminium, ou une combinaison d'aluminium, bore, soufre et/ou silicium, et du bore pour les matériaux à base d'oxynitrures de lithium de phosphore ;
 - les composés lithiés à base d'oxynitrure de lithium, de phosphore et de silicium appelés « LiSiPON », et en particulier le $\text{Li}_{1,9}\text{Si}_{0,26}\text{P}_{1,0}\text{O}_{1,1}\text{N}_{1,0}$;
 - les oxynitrures de lithium de types LiBON, LIBSO, LiSiPON, LiSON, thio-LiSiCON, LiPONB (ou B, P et S représentent respectivement le bore, le phosphore et le soufre) ;
 - les oxynitrures de lithium de type LIBSO tels que $(1-x)\text{LiBO}_2 - x\text{Li}_2\text{SO}_4$ avec $0,4 \leq x \leq 0,8$;
 - les silicates, de préférence choisis parmi $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, Li_2SiO_3 , $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_6$, LiAlSiO_4 , Li_4SiO_4 , $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$;
 - les électrolytes solides de type anti-pérovskite choisis parmi : Li_3OA avec A un halogénure ou un mélange d'halogénures, de préférence au moins un des éléments choisi parmi F, Cl, Br, I ou un mélange de deux ou trois ou quatre de ces éléments ; $\text{Li}_{(3-x)}\text{M}_{x/2}\text{OA}$ avec $0 < x \leq 3$, M un métal divalent, de préférence au moins un des éléments choisi parmi Mg, Ca, Ba, Sr ou un mélange de deux ou trois ou quatre de ces éléments, A un halogénure ou un mélange d'halogénures, de préférence au moins un des éléments choisi parmi F, Cl, Br, I ou un mélange de deux ou trois ou quatre de ces éléments ; $\text{Li}_{(3-x)}\text{M}^3_{x/3}\text{OA}$ avec $0 \leq x \leq 3$, M^3 un métal trivalent, A un halogénure ou un mélange d'halogénures, de préférence au moins un des éléments choisi parmi F, Cl, Br, I ou un

mélange de deux ou trois ou quatre de ces éléments ; ou $\text{LiCOX}_z\text{Y}_{(1-z)}$, avec X et Y des halogénures comme mentionnés ci-dessus en relation avec A, et $0 \leq z \leq 1$.

10. Procédé de fabrication d'une anode se trouvant à l'intérieur d'une batterie à ions de lithium, ladite batterie comprenant au moins une cathode, au moins un électrolyte et au moins une anode, ladite anode comprenant un organe anodique susceptible d'être fabriqué par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, ledit procédé de fabrication de l'anode étant caractérisé en ce que l'on charge les pores de ladite couche poreuse en lithium métallique lors de la première charge de la batterie.
- 10
11. Organe anodique pour une batterie à ions de lithium d'une capacité ne dépassant pas 1 mA h, susceptible d'être obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
- 15
12. Procédé de fabrication d'une batterie à ions de lithium non chargée, mettant en œuvre le procédé de fabrication d'un organe anodique selon l'une des revendications 1 à 9 et comprenant les étapes :
- (1) Préparation d'un organe anodique disposé sur un substrat, de préférence sur un substrat métallique, ou collé sur une feuille électriquement conductrice, ledit substrat ou ladite feuille électriquement conductrice pouvant servir de collecteur de courant de la batterie ;
 - (2) Préparation d'une cathode sur un substrat, qui peut être un substrat métallique pouvant servir de collecteur de courant de la batterie ;
 - (3) Dépôt d'une suspension colloïdale de particules d'électrolyte solide sur l'anode et/ou sur la cathode, suivi d'un séchage ;
 - (4) Empilement face-à-face de l'organe anodique et de la cathode, suivi d'un thermopressage.
- 20
- 25
13. Procédé de fabrication selon la revendication 12, comprenant les étapes :
- (i) Approvisionnement
 - d'une couche de cathode disposée sur un substrat capable de servir de collecteur de courant de la batterie, de préférence sur un substrat métallique ;
 - d'une suspension colloïdale comprenant des agrégats ou des agglomérats de nanoparticules monodisperses d'au moins un premier matériau isolant électriquement et conducteur des ions de lithium de diamètre primaire moyen D_{50} compris entre 5 nm et 100 nm, lesdits agrégats ou agglomérats présentant un diamètre moyen inférieur à 500 nm ;
- 30
- 35

- d'au moins un substrat ledit substrat pouvant être un substrat métallique capable de servir de collecteur de courant de la batterie ou être un substrat intermédiaire ;
 - lorsqu'un substrat intermédiaire est approvisionné, approvisionnement
 - d'au moins une feuille électriquement conductrice pouvant servir de collecteur de courant de la batterie,
 - d'une colle conductrice ou d'une suspension colloïdale comprenant des nanoparticules monodisperses d'au moins un second matériau conducteur des ions de lithium de diamètre primaire moyen D_{50} compris entre 5 nm et 100 nm ;
- 5
- 10 (ii) Dépôt d'au moins une couche poreuse, par électrophorèse, par le procédé d'impression par jet d'encre, par raclage, par pulvérisation, par impression flexographique, par enduction au rouleau, par enduction au rideau ou par dip-coating, à partir de ladite suspension colloïdale comprenant des agrégats ou des agglomérats de nanoparticules monodisperses du au moins premier matériau conducteur des ions de lithium sur ledit
- 15 substrat et/ou sur ladite couche de cathode ;
- (iii) Séchage de la couche ainsi obtenue à l'étape (ii), le cas échéant avant ou après avoir séparée la couche de son substrat intermédiaire, suivi optionnellement d'un traitement thermique, de préférence sous atmosphère oxydante, de la couche séchée obtenue;
- 20 a. et lorsqu'un substrat intermédiaire est employé, dépôt sur au moins une face, de préférence sur les deux faces, de ladite feuille électriquement conductrice, d'une couche mince de colle conductrice ou d'une couche mince de nanoparticules à partir de la suspension colloïdale comprenant des nanoparticules monodisperses d'au moins un second
- 25 matériau conducteur des ions de lithium le second matériau conducteur des ions de lithium étant de préférence identique au premier matériau conducteur des ions de lithium ;
- b. suivi du collage de la couche poreuse sur ladite face, de préférence sur les deux faces de ladite feuille électriquement conductrice ;
- 30 (iv) Optionnellement, déposition par la technique de dépôt de couches atomiques ALD d'une couche d'un matériau lithiophile sur et à l'intérieur des pores de la couche poreuse obtenue à l'étape (iii) ;
- (v) Optionnellement, déposition d'une couche d'électrolyte solide sur la couche de cathode et/ou sur la couche poreuse obtenue à l'étape (iii) et/ou l'étape (iv), ladite couche
- 35 d'électrolyte solide étant obtenue à partir de matériaux d'électrolyte ayant une conductivité électronique inférieures à 10^{-10} S/cm, de préférence inférieure à 10^{-11} S/cm, stables

électrochimiquement au contact du lithium métallique et au potentiel de fonctionnement des cathodes, ayant une conductivité ionique supérieure à 10^{-6} S/cm, préférentiellement supérieure à 10^{-5} S/cm ;

(vi) Séchage de la couche ainsi obtenue à l'étape (v) ;

5 (vii) Réalisation d'un empilement comprenant une succession alternée des couches de cathode et poreuse, de préférence décalées latéralement ;

(viii) Pressage à chaud de l'empilement obtenu à l'étape (vii) de manière à juxtaposer les films obtenus à l'étape (v) présents sur les couches d'anode et de cathode, et à obtenir un empilement assemblé.

10

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel l'étape de déposition d'une couche d'électrolyte solide est réalisée à partir d'une suspension de nanoparticules cœur-écorce comprenant des particules d'un matériau pouvant servir comme électrolyte, sur lesquelles se trouvent greffées une écorce en polymère, de préférence sélectionné dans
15 le groupe formé par le poly(éthylène oxyde) abrégé PEO, le poly(propylène oxyde) abrégé PPO, le polydiméthylsiloxane abrégé PDMS, le polyacrylonitrile PAN, le poly(méthyl méthacrylate de méthyl) abrégé PMMA, le poly(vinyl chloride) abrégé PVC, le poly(fluorure de vinylidène fluoride) abrégé PVDF, le poly(fluorure de vinylidène-co-hexafluoropropylène, le poly(acide acrylique) abrégé PAA .

20

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel le polymère de l'écorce des nanoparticules cœur-écorce est un polymère greffé comportant des groupements ioniques possédant des ions de lithium ou des groupements OH dont l'hydrogène a été, au moins en partie, de préférence totalement, substitué par du lithium.

25

16. Procédé de fabrication d'une batterie non chargée, selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans lequel après la dernière étape, on dépose successivement, de manière alternée, sur l'empilement assemblé, un système d'encapsulation qui comprend une première couche de polymère, suivi d'une deuxième couche isolante
30 inorganique, cette séquence pouvant être répétée plusieurs fois, sachant que ladite couche polymérique peut être choisie notamment parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines époxy, le polyamide et/ou un mélange de ceux-ci, et ladite couche inorganique peut être choisie notamment parmi les céramiques, les verres, les vitrocéramiques, qui sont avantageusement déposés par ALD ou HDPCVD.

35

17. Procédé de fabrication d'une batterie chargée, mettant en œuvre le procédé de fabrication d'une batterie non chargée selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, comprenant une étape additionnelle de chargement des pores de la couche poreuse en lithium métallique lors de la première charge de la batterie non chargée.

5

18. Anode pour une batterie à ions de lithium d'une capacité ne dépassant pas 1 mA h, susceptible d'être obtenue par le procédé selon la revendication 10, ladite anode comprenant une couche poreuse, présentant une porosité comprise entre 35 % et 70 % en volume, et de préférence entre 35 % et 55 % en volume, déposée sur un substrat
10 métallique, et du lithium métallique chargé à l'intérieur des pores de la couche poreuse, ladite anode se trouvant à l'intérieur d'une batterie à ions de lithium.

19. Batterie à ions de lithium non chargée avec une capacité ne dépassant pas 1 mA h, comprenant au moins un organe anodique selon la revendication 11.

15

20. Batterie à ions de lithium avec une capacité ne dépassant pas à 1 mA h, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une anode selon la revendication 18, de préférence avec une épaisseur d'anode supérieure à 20 µm.

20 21. Batterie à ions de lithium selon l'une des revendications 19 ou 20, caractérisée en ce qu'elle comprend un électrolyte solide constitué de nanoparticules d'un conducteur d'ions de lithium, qui peut être de type NASICON, lesdites nanoparticules étant enrobés d'une phase polymère d'une épaisseur inférieure à 150 nm, de préférence inférieure à 100 nm et encore plus préférentiellement inférieure à 50 nm, ladite phase polymère étant de
25 préférence sélectionnée dans le groupe formé par le poly(éthylène oxyde) abrégé PEO, le poly(propylène oxyde) abrégé PPO, le polydiméthylsiloxane abrégé PDMS, le polyacrylonitrile PAN, le poly(méthacrylate de méthyl) abrégé PMMA, le poly(vinyl chloride) abrégé PVC, le poly(fluorure de vinylidène) abrégé PVDF, le poly(acide acrylique) abrégé PAA, le poly(fluorure de vinylidène-co-hexafluoropropylène ;
30 l'épaisseur de cet électrolyte solide est de préférence inférieure à 20 µm, et encore plus préférentiellement inférieure à 10 µm.

22. Batterie à ions de lithium selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, caractérisée en ce qu'elle comprend une cathode comportant un réseau mésoporeux
35 continu en oxyde lithié mésoporeux, revêtu d'une nanocouche d'un matériau conducteur

électronique tel que le carbone, la mésoporosité de cette cathode étant de préférence comprise entre 25 % et 50 % en volume, et ladite cathode étant remplie d'une phase conductrice d'ions de lithium.