

REVENDICATIONS

1. Electrolyte en couche mince (13, 23) dans un dispositif électrochimique tel qu'une batterie à ions de lithium, ledit électrolyte comprenant une couche inorganique poreuse imprégnée d'une phase porteuse d'ions de lithium, caractérisé en ce que ladite couche inorganique poreuse présente un réseau interconnecté de pores ouverts.
2. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les pores ouverts de ladite couche inorganique poreuse présentent un diamètre moyen D_{50} inférieur à 100 nm, de préférence inférieur à 80 nm, préférentiellement compris entre 2 nm et 80 nm, et encore plus préférentiellement compris entre 2 nm et 50 nm, et un volume supérieur à 25 % du volume total dudit électrolyte en couche mince, et de préférence supérieur à 30 %.
3. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que les pores ouverts de ladite couche inorganique poreuse présentent un volume compris entre 30 % et 50 % du volume total dudit électrolyte en couche mince.
4. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite couche inorganique poreuse est exempte de liant organique.
5. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que son épaisseur est inférieure à 10 μm , de préférence comprise entre 3 μm et 6 μm , et préférentiellement comprise entre 2,5 μm et 4,5 μm .
6. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite couche inorganique poreuse comprend un matériau isolant électroniquement, de préférence choisi parmi l' Al_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , et/ou un matériau sélectionné dans le groupe formé par :
 - les grenats de formule $\text{Li}_d \text{A}^1_x \text{A}^2_y (\text{TO}_4)_z$ où
 - A^1 représente un cation de degré d'oxydation +II, de préférence Ca, Mg, Sr, Ba, Fe, Mn, Zn, Y, Gd ; et où

- A^2 représente un cation de degré d'oxydation +III, de préférence Al, Fe, Cr, Ga, Ti, La ; et où
- (TO_4) représente un anion dans lequel T est un atome de degré d'oxydation +IV, situé au centre d'un tétraèdre formé par les atomes d'oxygène, et dans lequel TO_4 représente avantageusement l'anion silicate ou zirconate, sachant que tout ou partie des éléments T d'un degré d'oxydation +IV peuvent être remplacés par des atomes d'un degré d'oxydation +III ou +V, tels que Al, Fe, As, V, Nb, In, Ta ;
- sachant que : d est compris entre 2 et 10, préférentiellement entre 3 et 9, et encore plus préférentiellement entre 4 et 8 ; x est être compris entre 2,6 et 3,4 (de préférence entre 2,8 et 3,2) ; y est compris entre 1,7 et 2,3 (de préférence entre 1,9 et 2,1) et z est compris entre 2,9 et 3,1 ;
- les grenats, de préférence choisi parmi : le $Li_7La_3Zr_2O_{12}$; le $Li_6La_2BaTa_2O_{12}$; le $Li_{5,5}La_3Nb_{1,75}In_{0,25}O_{12}$; le $Li_5La_3M_2O_{12}$ avec $M = Nb$ ou Ta ou un mélange des deux composés ; le $Li_{7-x}Ba_xLa_{3-x}M_2O_{12}$ avec $0 \leq x \leq 1$ et $M = Nb$ ou Ta ou un mélange des deux composés ; le $Li_{7-x}La_3Zr_{2-x}M_xO_{12}$ avec $0 \leq x \leq 2$ et $M = Al, Ga$ ou Ta ou un mélange de deux ou trois de ces composés ;
- les phosphates lithiés, de préférence choisi parmi : les phosphates lithiés de type NaSICON, le Li_3PO_4 ; le $LiPO_3$; le $Li_3Al_{0,4}Sc_{1,6}(PO_4)_3$ appelés « LASP » ; le $Li_{1,2}Zr_{1,9}Ca_{0,1}(PO_4)_3$; le $LiZr_2(PO_4)_3$; le $Li_{1+3x}Zr_2(P_{1-x}Si_xO_4)_3$ avec $1,8 < x < 2,3$; le $Li_{1+6x}Zr_2(P_{1-x}B_xO_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; le $Li_3(Sc_{2-x}M_x)(PO_4)_3$ avec $M=Al$ ou Y et $0 \leq x \leq 1$; le $Li_{1+x}M_x(Sc)_{2-x}(PO_4)_3$ avec $M = Al, Y, Ga$ ou un mélange des trois composés et $0 \leq x \leq 0,8$; le $Li_{1+x}M_x(Ga_{1-y}Sc_y)_{2-x}(PO_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,8$; $0 \leq y \leq 1$ et $M = Al$ ou Y ou un mélange des deux composés ; le $Li_{1+x}M_x(Ga)_{2-x}(PO_4)_3$ avec $M = Al, Y$ ou un mélange des deux composés et $0 \leq x \leq 0,8$; le $Li_{1+x}Al_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 1$ appelés « LATP » ; ou le $Li_{1+x}Al_xGe_{2-x}(PO_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 1$ appelés « LAGP » ; ou le $Li_{1+x+z}M_x(Ge_{1-y}Ti_y)_{2-x}Si_zP_{3-z}O_{12}$ avec $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1,0$ et $0 \leq z \leq 0,6$ et $M = Al, Ga$ ou Y ou un mélange de deux ou trois de ces composés ; le $Li_{3+y}(Sc_{2-x}M_x)Q_yP_{3-y}O_{12}$ avec $M = Al$ et/ou Y et $Q = Si$ et/ou Se , $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1$; ou le $Li_{1+x+y}M_xSc_{2-x}Q_yP_{3-y}O_{12}$ avec $M = Al, Y, Ga$ ou un mélange des trois composés et $Q = Si$ et/ou Se , $0 \leq x \leq 0,8$ et $0 \leq y \leq 1$; ou le $Li_{1+x+y+z}M_x(Ga_{1-y}Sc_y)_{2-x}Q_zP_{3-z}O_{12}$ avec $0 \leq x \leq 0,8$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 0,6$ avec $M = Al$ ou Y ou un mélange des deux composés et $Q = Si$ et/ou Se ; ou le $Li_{1+x}Zr_{2-x}B_x(PO_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; ou le $Li_{1+x}Zr_{2-x}Ca_x(PO_4)_3$ avec $0 \leq x \leq 0,25$; ou $Li_{1+x}M^3_xM_{2-x}P_3O_{12}$ avec $0 \leq x \leq 1$ et $M^3 = Cr, V, Ca, B, Mg, Bi$ et/ou Mo , $M = Sc, Sn, Zr, Hf, Se$ ou Si , ou un mélange de ces composés ;
- les borates lithiés, de préférence choisi parmi : le $Li_3(Sc_{2-x}M_x)(BO_3)_3$ avec $M=Al$ ou Y et $0 \leq x \leq 1$; le $Li_{1+x}M_x(Sc)_{2-x}(BO_3)_3$ avec $M = Al, Y, Ga$ 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 $\text{M} = \text{Al}$, 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 $\text{Li}_3\text{BO}_3\text{-Li}_2\text{SiO}_4\text{-Li}_2\text{SO}_4$;
- 5 ○ les oxynitrures, de préférence choisis parmi $\text{Li}_3\text{PO}_{4-x}\text{N}_{2x/3}$, $\text{Li}_4\text{SiO}_{4-x}\text{N}_{2x/3}$, $\text{Li}_4\text{GeO}_{4-x}\text{N}_{2x/3}$ avec $0 < x < 4$ ou $\text{Li}_3\text{BO}_{3-x}\text{N}_{2x/3}$ avec $0 < x < 3$;
- 10 ○ 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 $5x+3y=5$, $2u+3v+2w=5+t$, $2,9 \leq t \leq 3,3$, $0,84 \leq x \leq 0,94$, $0,094 \leq y \leq 0,26$, $3,2 \leq u \leq 3,8$, $0,13 \leq v \leq 0,46$, $0 \leq w \leq 0,2$;
- 15 ○ 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 ;
- 20 ○ les composé lithiés à base d'oxynitrure de lithium, de phosphore et de silicium appelés « LiSiPON », et en particulier le $\text{Li}_{1,9}\text{Si}_{0,28}\text{P}_{1,0}\text{O}_{1,1}\text{N}_{1,0}$;
- 25 ○ 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) ;
- 30 ○ les oxynitrures de lithium de type LiBSO tels que $(1-x)\text{LiBO}_2 - x\text{Li}_2\text{SO}_4$ avec $0,4 \leq x \leq 0,8$;
- 35 ○ les oxydes lithiés, de préférence choisis parmi le $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ ou le $\text{Li}_{5+x}\text{La}_3(\text{Zr}_x\text{A}_{2-x})\text{O}_{12}$ avec $\text{A} = \text{Sc}$, Y , Al , Ga et $1,4 \leq x \leq 2$ ou le $\text{Li}_{0,35}\text{La}_{0,55}\text{TiO}_3$ ou le $\text{Li}_{3x}\text{La}_{2/3-x}\text{TiO}_3$ avec $0 \leq x \leq 0,16$ (LLTO) ;
- 35 ○ 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 , $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$;
- 35 ○ les électrolytes solides de type anti-perovskite 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 ; $\text{Li}_{(3-x)}\text{M}^{\text{II}}_{x/3}\text{OA}$ 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 $LiCOX_zY_{(1-z)}$, avec X et Y des halogénures comme mentionnés ci-dessus en relation avec A, et $0 \leq z \leq 1$,

- 5 o les composés $La_{0,51}Li_{0,34}Ti_{2,94}$, $Li_{3,4}V_{0,4}Ge_{0,6}O_4$, $Li_2O-Nb_2O_5$, $LiAlGaSPO_4$;
 o les formulations à base de Li_2CO_3 , B_2O_3 , Li_2O , $Al(PO_3)_3LiF$, P_2S_3 , Li_2S , Li_3N , $Li_{14}Zn(GeO_4)_4$, $Li_{3,6}Ge_{0,6}V_{0,4}O_4$, $LiTi_2(PO_4)_3$, $Li_{3,25}Ge_{0,25}P_{0,25}S_4$, $Li_{1,3}Al_{0,3}Ti_{1,7}(PO_4)_3$, $Li_{1+x}Al_xM_{2-x}(PO_4)_3$ (où $M = Ge, Ti$, et/ou Hf , et où $0 < x < 1$), $Li_{1+x+y}Al_xTi_{2-x}Si_yP_{3-y}O_{12}$ (où $0 \leq x \leq 1$ et $0 \leq y \leq 1$).

10

7. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que lesdits pores sont imprégnés par une phase porteuse d'ions de lithium, telle qu'un solvant organique ou un mélange de solvants dans lequel est dissout au moins un sel de lithium, et/ou un polymère contenant au moins un sel de lithium, et/ou un liquide ionique ou un mélange de liquides ioniques, possiblement dilué(s) avec un solvant approprié, contenant au moins un sel de lithium.

15

8. Electrolyte en couche mince (13, 23) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que lesdits pores sont imprégnés par une phase porteuse d'ions de lithium comprenant au moins 50% massique d'au moins un liquide ionique.

20

9. Procédé de fabrication d'un électrolyte en couche mince (13, 23) déposée sur une électrode (12, 22), ladite couche étant de préférence exempte de liant organique et présentant de préférence une porosité, de préférence mésoporeuse, supérieure à 30% en volume, et encore plus préférentiellement comprise entre 30 % et 50% en volume, et ladite couche présentant des pores de diamètre moyen D_{50} inférieur à 100 nm, de préférence inférieur à 80 nm et préférentiellement inférieur à 50 nm, ledit procédé étant caractérisé en ce que :

25

- (a) on approvisionne une suspension colloïdale comprenant des agrégats ou des agglomérats de nanoparticules d'au moins un matériau inorganique, lesdits agrégats ou agglomérats présentant un diamètre moyen compris entre 80 nm et 300 nm (de préférence entre 100 nm à 200 nm),

35

- (b) on approvisionne une électrode (12, 22),
 (c) on dépose sur ladite électrode une couche inorganique poreuse par électrophorèse, par le procédé d'impression par jet d'encre, par raclage,

par enduction au rouleau, par enduction au rideau ou par dip-coating, à partir d'une suspension de particules de matériau inorganique obtenue à l'étape (a) ;

- 5 (d) on sèche ladite couche inorganique poreuse, de préférence sous un flux d'air pour obtenir une couche inorganique poreuse ;
- (e) on traite ladite couche inorganique poreuse par compression mécanique et/ou traitement thermique,
- (f) on imprègne ladite couche inorganique poreuse obtenue à l'étape (e) par une phase porteuse d'ions de lithium.

10

10. Procédé de fabrication d'un électrolyte en couche mince (13, 23) déposée sur une électrode, ladite couche étant de préférence exempte de liant organique et présentant de préférence une porosité, de préférence mésoporeuse, supérieure à 30% en volume, et encore plus préférentiellement comprise entre 30 % et 50% en volume, et ladite couche présentant des pores de diamètre moyen D_{50} inférieur à 100 nm, , de préférence inférieur à 80 nm, préférentiellement compris inférieur à 50 nm, ledit procédé étant caractérisé en ce que :

15

- (a1) on approvisionne une suspension colloïdale comportant des nanoparticules d'au moins un matériau inorganique P de diamètre primaire moyen D_{50} inférieur ou égal à 50 nm ;

20

- (a2) on déstabilise les nanoparticules présentes dans la dite suspension colloïdale de manière à former des agrégats ou des agglomérats de particules de diamètre moyen compris entre 80 nm et 300 nm, de préférence entre 100 nm et 200 nm, ladite déstabilisation se faisant de préférence par ajout d'un agent déstabilisant tel qu'un sel, de préférence du LiOH ;

25

- (b) on approvisionne une électrode;
- (c) on dépose sur ladite électrode une couche inorganique poreuse par électrophorèse, par le procédé d'impression par jet d'encre, par raclage, par enduction au rouleau, par enduction au rideau ou par dip-coating, à partir de ladite suspension colloïdale comprenant les agrégats ou les agglomérats de particules d'au moins un matériau inorganique obtenus à l'étape (a2) ;

30

- (d) on sèche la couche inorganique poreuse, de préférence sous un flux d'air pour obtenir une couche inorganique poreuse;

35

- (e) on traite ladite couche inorganique poreuse par compression mécanique et/ou traitement thermique,
- (f) on imprègne ladite couche inorganique poreuse obtenue à l'étape (e) par une phase porteuse d'ions de lithium.

5

11. Procédé selon les revendications 9 ou 10, dans lequel la couche inorganique poreuse obtenue à l'étape (c) a une épaisseur inférieure à 10 μm , de préférence inférieure à 8 μm , et encore plus préférentiellement comprise entre 1 μm et 6 μm .

10 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel la couche inorganique poreuse obtenue à l'étape (d) a une épaisseur inférieure à 10 μm , de préférence comprise entre 3 μm et 6 μm , et préférentiellement comprise entre 2,5 μm et 4,5 μm .

15 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dans lequel le diamètre primaire desdites nanoparticules est compris entre 10 nm et 50 nm, de préférence entre 10 nm et 30 nm.

20 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, dans lequel le diamètre moyen des pores est compris entre 2 nm et 50 nm, de préférence compris entre 6 nm et 30 nm et encore plus préférentiellement entre 8 nm et 20 nm.

25 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 14, dans lequel l'électrode est une électrode dense ou une électrode poreuse, de préférence une électrode mésoporeuse.

30 16. Utilisation d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 15 pour la fabrication d'électrolytes en couche mince, dans des dispositifs électroniques, électriques ou électrotechniques, et de préférence dans des dispositifs sélectionnés dans le groupe formé par : les batteries, les condensateurs, les supercondensateurs, les capacités, les résistances, les inductances, les transistors.

17. Procédé de fabrication d'une batterie en couches minces, mettant en œuvre le procédé selon l'une des revendications 9 à 15 et comprenant les étapes de :

35 -1- approvisionnement d'au moins deux substrats conducteurs (11, 21), préalablement recouvert d'une couche d'un matériau pouvant servir comme

anode et respectivement comme cathode (« couche d'anode » respectivement « couche de cathode »),

5 -2- approvisionnement d'une suspension colloïdale comprenant des agrégats ou des agglomérats de nanoparticules d'au moins un matériau inorganique, lesdits agrégats ou lesdits agglomérats présentant un diamètre moyen compris entre 80 nm et 300 nm (de préférence entre 100 nm à 200 nm),

10 -3- Déposition d'une couche inorganique poreuse par électrophorèse, par procédé d'impression par jet d'encre, par raclage, par enduction au rouleau, par enduction au rideau ou par dip-coating, à partir d'une suspension de particules agrégées de matériau inorganique obtenue à l'étape -2- sur la couche de cathode, respectivement d'anode obtenue à l'étape -1-,

15 -4- Séchage de la couche ainsi obtenue à l'étape -3-, de préférence sous un flux d'air,

-5- Empilement des couches de cathode et d'anode, de préférence décalé latéralement,

20 -6- Traitement de l'empilement des couches d'anode et de cathode obtenues à l'étape -5- par compression mécanique et/ou traitement thermique de manière à juxtaposer et assembler les couches inorganiques poreuses présentes sur les couches d'anode et de cathode,

25 -7- Imprégnation de la structure obtenue à l'étape -6- par une phase porteuse d'ions de lithium, de préférence par une phase porteuse d'ions de lithium comprenant au moins 50% massique d'au moins un liquide ionique conduisant à l'obtention d'un empilement assemblé, de préférence d'une batterie.

18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel la cathode est une électrode dense

30 ou une électrode dense revêtue par ALD d'une couche isolante électroniquement, de préférence d'une couche isolante électroniquement et conductrice ionique,

ou une électrode poreuse,

35 ou une électrode poreuse revêtue par ALD d'une couche isolante électroniquement, de préférence d'une couche isolante électroniquement et conductrice ionique,

ou, de préférence, une électrode mésoporeuse, ou une électrode mésoporeuse revêtue par ALD d'une couche isolante électroniquement, de préférence d'une couche isolante électroniquement et conductrice ionique,

5 et/ou dans lequel l'anode est une électrode dense,

ou une électrode dense revêtue par ALD d'une couche isolante électroniquement, de préférence d'une couche isolante électroniquement et conductrice ionique,

ou une électrode poreuse,

10 ou une électrode poreuse revêtue par ALD d'une couche isolante électroniquement, de préférence d'une couche isolante électroniquement et conductrice ionique,

ou, de préférence, une électrode mésoporeuse,

15 ou une électrode mésoporeuse revêtue par ALD d'une couche isolante électroniquement, de préférence d'une couche isolante électroniquement et conductrice ionique.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 18, dans lequel après l'étape -7- :

- 20 - on dépose successivement, de manière alternée, sur la batterie :
 - au moins une première couche de parylène et/ou polyimide sur ladite batterie,
 - au moins une deuxième couche composée d'une matière électriquement isolante par ALD (Atomic Layer Deposition) sur ladite première couche de parylène et/ou polyimide,
 - 25 ▪ et sur la succession alternée d'au moins une première et d'au moins une deuxième couche est déposée une couche permettant de protéger la batterie contre l'endommagement mécanique de la batterie, de préférence en silicone, en résine époxy ou en parylène, ou en polyimide formant ainsi, un système d'encapsulation de la
 - 30 batterie,
- on découpe selon deux plans de coupe, la batterie ainsi encapsulée pour mettre à nue sur chacun des plans de coupes des connexions anodiques et cathodiques de

la batterie, de sorte que le système d'encapsulation revêt quatre des six faces de ladite batterie, de préférence de manière continue,

- on dépose successivement, sur et autour, de ces connexions anodiques et cathodiques :

- 5
 - optionnellement, une première couche électroniquement conductrice, de préférence métallique, de préférence déposée par ALD,
 - une seconde couche à base de résine époxy chargée à l'argent, déposée sur la première couche électroniquement conductrice, et
 - 10
 - une troisième couche à base de nickel, déposée sur la deuxième couche, et
 - une quatrième couche à base d'étain ou de cuivre, déposée sur la troisième couche.

20. Procédé selon la revendication 17, dans lequel après l'étape -6- :

- 15
 - on dépose successivement, de manière alternée, sur l'empilement assemblé, un système d'encapsulation (30) formé par une succession de couches, à savoir une séquence, de préférence de z séquences, comprenant :
 - 20
 - une première couche de recouvrement, de préférence choisi parmi le parylène, le parylène de type F, le polyimide, les résines epoxy, le silicone, le polyamide et/ou un mélange de ceux-ci, déposée sur l'empilement assemblé,
 - une deuxième couche de recouvrement composée d'une matière électriquement isolante, déposée par dépôt de couches atomiques sur ladite première couche de recouvrement,
 - 25
 - cette séquence pouvant être répétée z fois avec $z \geq 1$,
 - on dépose une dernière couche de recouvrement sur cette succession de couches d'un matériau choisi parmi la résine époxy, le polyéthylène naphthalate (PEN), le polyimide, le polyamide, le polyuréthane, le silicone, la silice sol-gel ou la silice organique,
 - 30
 - on découpe selon deux plans de coupe, l'empilement assemblé ainsi encapsulé pour mettre à nue sur chacun des plans de coupes des connexions anodiques et cathodiques de l'empilement assemblé, de sorte que le système d'encapsulation revêt quatre des six faces dudit empilement assemblé, de préférence de manière continue, de manière à obtenir une batterie élémentaire,
 - 35 et après l'étape (7),

- on dépose successivement, sur et autour, de ces connexions anodiques et cathodiques (50) :
 - une première couche d'un matériau chargé en graphite, de préférence en résine époxy chargée de graphite,
 - 5 ▪ une deuxième couche comprenant du cuivre métallique obtenue à partir d'une encre chargée en nanoparticules de cuivre déposée sur la première couche,
 - on traite thermiquement les couches obtenues, de préférence par lampe flash infra-rouge, de manière à obtenir un recouvrement des connexions cathodique et anodique (50) par une couche de cuivre métallique,
 - 10 - éventuellement, on dépose successivement, sur et autour, de ce premier empilement des terminaisons, un deuxième empilement comprenant :
 - une première couche d'un alliage étain-zinc déposé, de préférence par trempage dans un bain d'étain-zinc en fusion, afin d'assurer l'étanchéité de la batterie à moindre coût, et
 - 15 ▪ une deuxième couche à base d'étain pur déposée par électrodéposition ou une deuxième couche comprenant un alliage à base d'argent, de palladium et de cuivre déposée sur cette première couche du deuxième empilement.
 - 20
21. Procédé selon la revendication 20, dans lequel les connexions anodiques et cathodiques se trouvent sur les côtés opposés de l'empilement.
22. Dispositif électrochimique comprenant au moins une couche mince d'électrolyte
- 25 selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, de préférence une batterie à ions de lithium ou un supercondensateur.