

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
29 juillet 2021 (29.07.2021)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2021/146815 A1

(51) Classification internationale des brevets :

C08G 75/30 (2006.01) H01G 11/48 (2013.01)
C08L 81/10 (2006.01) H01M 10/0565 (2010.01)
C25B 13/08 (2006.01) H01M 6/18 (2006.01)

Vareennes, Québec J3X 1Y6 (CA). **ARMAND, Michel** ; 8
rue Daguerre, 75014 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/CA2021/050071

(72) Inventeur : **HINTENNACH, Andreas** (décédé).

(22) Date de dépôt international :

22 janvier 2021 (22.01.2021)

(72) Inventeur : **ZAGHIB, Karim** ; 2006 Marcelle Ferron,
Longueuil, Québec J4N 1T8 (CA).

(25) Langue de dépôt :

français

(74) Mandataire : **ROBIC** ; 630, boulevard René-Lévesque
Ouest, 20e étage, Montréal, Québec H3B 1S6 (CA).

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

62/965,560 24 janvier 2020 (24.01.2020) US
62/977,521 17 février 2020 (17.02.2020) US
20206000.0 05 novembre 2020 (05.11.2020) EP

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

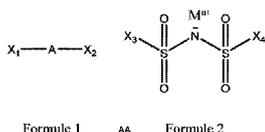
(71) Déposant : **HYDRO-QUÉBEC** [CA/CA] ; 75, René-Lé-
vesque Ouest, Montréal, Québec H2Z 1A4 (CA).

(72) Inventeurs : **DAIGLE, Jean-Christophe** ; 270 Cicot,
St-Bruno-de-Montarville, Québec J3V 1V7 (CA). **LA-
ROUCHE, Annie-Pier** ; 1524 rue des Oeillets, Sainte-Julie,
Québec J3E 1J3 (CA). **CHAREST, Patrick** ; 1662
rue Calixa-Lavallée, Sainte-Julie, Québec J3E 1P2 (CA).
GUERFI, Abdelbast ; 8655 Rivard, Brossard, Québec J4X
1W2 (CA). **DONTIGNY, Martin** ; 112 rue de la Prairie,

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),
européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES,
FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,

(54) Title: POLYMERS BASED ON IONIC MONOMERS, COMPOSITIONS COMPRISING SAME, METHODS FOR MANUFACTURING SAME, AND USE THEREOF IN ELECTROCHEMICAL APPLICATIONS

(54) Titre : POLYMÈRES À BASE DE MONOMÈRES IONIQUES, LES COMPOSITIONS LES COMPRENANT, LEURS PROCÉDÉS DE FABRICATION ET LEUR UTILISATION DANS DES APPLICATIONS ÉLECTROCHIMIQUES



(57) Abstract: The present technology relates to an ionic polymer comprising at least one repeat unit comprising the product of reaction between at least one compound comprising at least two functional groups and a metal bis(halosulfonyl)imide for use in electrochemical applications, notably in electrochemical accumulators such as batteries, electrochromic devices and supercapacitors. The present technology also relates to a polymer composition, a solid polymer electrolyte composition, a solid polymer electrolyte, an electrode material comprising said ionic polymer. The uses thereof in electrochemical cells and electrochemical accumulators and the methods for manufacturing same are also described.

(57) Abrégé : La présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition comprenant le produit de réaction entre au moins un composé comprenant au moins deux groupes fonctionnels et un bis(halosulfonyl)imidure de métal pour utilisation dans des applications électrochimiques, notamment dans les accumulateurs électrochimiques tels que les batteries, les dispositifs électrochromes et les supercondensateurs. La présente technologie concerne également une composition polymérique, une composition d'électrolyte polymère solide, un électrolyte polymère solide, un matériau d'électrode comprenant ledit polymère ionique. Leurs utilisations dans des cellules électrochimiques et des accumulateurs électrochimiques ainsi que leurs procédés de fabrication sont également décrits.



WO 2021/146815 A1

MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- en noir et blanc ; la demande internationale telle que déposée était en couleur ou en échelle de gris et est disponible sur PATENTSCOPE pour téléchargement.

**POLYMÈRES À BASE DE MONOMÈRES IONIQUES, LES COMPOSITIONS LES
COMPRENANT, LEURS PROCÉDÉS DE FABRICATION ET LEUR UTILISATION
DANS DES APPLICATIONS ÉLECTROCHIMIQUES**

DEMANDES RELIÉES

5 La présente demande revendique la priorité, sous la loi applicable, de la demande de brevet provisoire américaine N° 62/965,560 déposée le 24 janvier 2020, de la demande de brevet provisoire américaine N° 62/977,521 déposée le 17 février 2020 et de la demande de brevet européenne N° 20 206 000.0 déposée le 5 novembre 2020, le contenu desquelles est incorporé ici par référence dans leur intégralité et à toutes fins.

10 DOMAINE TECHNIQUE

La présente demande se rapporte au domaine des polymères et de leur utilisation dans des applications électrochimiques. Plus particulièrement, la présente demande se rapporte au domaine des électrolytes polymères solides, des compositions polymériques, des compositions d'électrolytes polymères solides, à leurs procédés de fabrication et à
15 leurs utilisations dans des cellules électrochimiques, dispositifs électrochromes, supercondensateurs, ou accumulateurs électrochimiques, notamment dans des batteries dites tout solide.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

Les électrolytes polymères solides sont des matériaux prometteurs pour de nombreuses
20 applications technologiques puisqu'ils permettent le développement de systèmes électrochimiques à l'état tout solide qui sont substantiellement plus sécuritaires, légers, flexibles et performants que leurs homologues basés sur l'utilisation d'électrolytes liquides.

Malgré leurs avantages significatifs, l'utilisation d'électrolytes polymères solides est
25 toujours limitée notamment en raison de leur stabilité électrochimique limitée, de leur faible nombre de transport et de leur conductivité ionique relativement basse. En effet, la fenêtre de stabilité électrochimique des électrolytes polymères solides conventionnels est toujours relativement limitée, les électrolytes polymères à l'état solide conventionnels ne supportant généralement pas une opération à haut voltage (≥ 4 V vs Li/Li⁺).

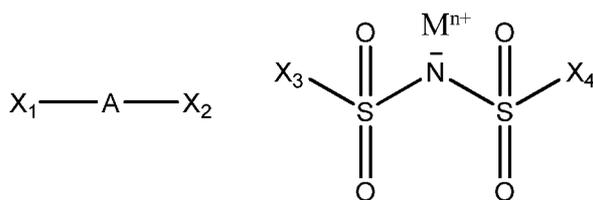
De plus, les électrolytes polymères solides conventionnels tels que ceux à base de poly(oxyde d'éthylène) (POE) font face à des problèmes de conductivité ionique à température ambiante. Par exemple, la conductivité ionique du POE est de l'ordre de 10^{-3} S.cm⁻¹ lorsque le polymère est à l'état fondu (Hallinan *et al.*, *Annual review of materials research* 43 (2013): 503-525). Cependant, le transport d'ions se produit principalement dans la phase amorphe et diminue dans la phase cristalline entraînant une diminution significative de la conductivité ionique des polymères à base de POE. En effet, la conductivité ionique d'un polymère à base de POE diminue substantiellement à des températures d'utilisation inférieures à son point de fusion (Armand, M. *Solid State Ionics* 9 (1983): 745-754). Le taux de réticulation des polymères à base de POE est également associé à des problèmes de stabilité électrochimique et de faible conductivité ionique, notamment en raison d'une mobilité segmentaire réduite.

Une approche courante pour résoudre le problème de faible conductivité ionique implique la modification de la structure du polymère afin de diminuer sa cristallinité, par exemple, en utilisant des polymères à base de PEO ramifiés ou séquencés comprenant des unités monomères abaissant la température de cristallisation, la température de transition vitreuse, ou en augmentant le nombre de transport ionique. Une autre stratégie employée pour résoudre ce problème implique l'incorporation de charges céramiques nanométriques telles que les nanoparticules de dioxyde de titane (TiO₂), d'alumine (Al₂O₃), de dioxyde de silicium (SiO₂) et d'aluminate de lithium (LiAlO₂) dans les polymères à base de POE afin d'en améliorer la tenue mécanique. Cependant, la présence de ces charges peut contribuer à une diminution des propriétés électrochimiques et/ou mécaniques du polymère.

Par conséquent, il existe un besoin pour le développement d'électrolytes polymères solides excluant un ou plusieurs des inconvénients des électrolytes polymères solides conventionnels.

SOMMAIRE

Selon un aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition comprenant le produit de la réaction entre au moins un composé de Formule 1 comprenant au moins deux groupements fonctionnels et un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 :



Formule 1

Formule 2

dans lesquelles,

A est un groupement organique substitué ou non substitué choisi parmi un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un C₁-C₁₀alkylèneoxyC₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié;

X₁ et X₂ sont des groupements fonctionnels indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un groupement hydroxyle, un groupement thiol et un groupement amine;

X₃ et X₄ sont des atomes d'halogène chacun indépendamment choisis parmi F, Cl, Br et I; et

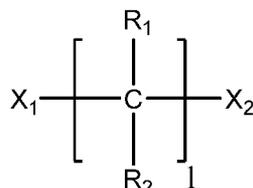
Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺.

Dans un mode de réalisation, le composé de Formule 1 est choisi parmi le glycérol, les alcane diols, le propane-1,3-diol, le butane-1,4-diol, le pentane-1,5-diol, l'hexane-1,6-diol, l'octane-1,8-diol, le propane-1,2-diol, le butane-1,2-diol, le butane-2,3-diol, le butane-1,3-diol, le pentane-1,2-diol, l'étohexadiol, le p-menthane-3,8-diol, le 2-méthylpentane-2,4-diol, la polycaprolactone diol, l'éthylène glycol, le diéthylène glycol, le triéthylène glycol, le tétraéthylène glycol, le pentaéthylène glycol, le polyéthylène glycol, le 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol, d'autres glycols et diols similaires, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

Dans un autre mode de réalisation, le composé de Formule 1 est choisi parmi les alcane diamines, le propane-1,3-diamine, le butane-1,4-diamine, le pentane-1,5-diamine, l'hexane-1,6-diamine, l'octane-1,8-diamine, le propane-1,2-diamine, le butane-1,2-diamine, le butane-2,3-diamine, le butane-1,3-diamine, le pentane-1,2-diamine, le 2,4-diamino-2-méthylpentane, l'éthylènediamine, le 1,8-diamino-3,6-dioxaoctane, le 1,11-

diamino-3,6,9-trioxaundécane, le 4,9-dioxa-1,12-dodécanediamine, le 1,14-diamino-3,6,9,12-tétraoxatétradécane, le poly(éthylène glycol) diamine, les produits commercialisés sous la marque JEFFAMINE® de la série D, ED ou EDR, d'autres diamines similaires, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

- 5 Dans un autre mode de réalisation, A est un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 3 :



Formule 3

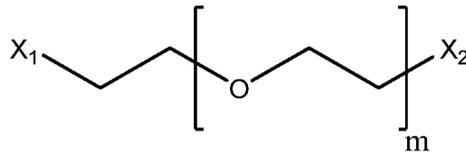
dans laquelle,

X₁ et X₂ sont tels qu'ici définis;

- 10 R₁ et R₂ sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome d'halogène choisi parmi F, Cl, Br et I, et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C₁-C₁₀alkyle, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-
15 acrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, et oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate; et

I est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 10.

- 20 Dans un autre mode de réalisation, A est un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 4 :



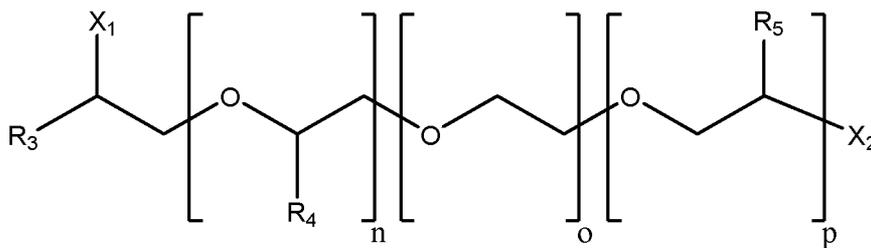
Formule 4

dans laquelle,

X_1 et X_2 sont tels qu'ici définis; et

m est un nombre compris entre 1 et 68.

- 5 Dans un autre mode de réalisation, A est un polyéther linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 5 :



Formule 5

dans laquelle,

X_1 et X_2 sont tels qu'ici définis;

- 10 R_3 , R_4 et R_5 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi les groupements C_1 - C_{10} alkyles;

n , o et p sont choisis de telle sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther soit compris entre environ 220 g/mol et environ 2 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses;

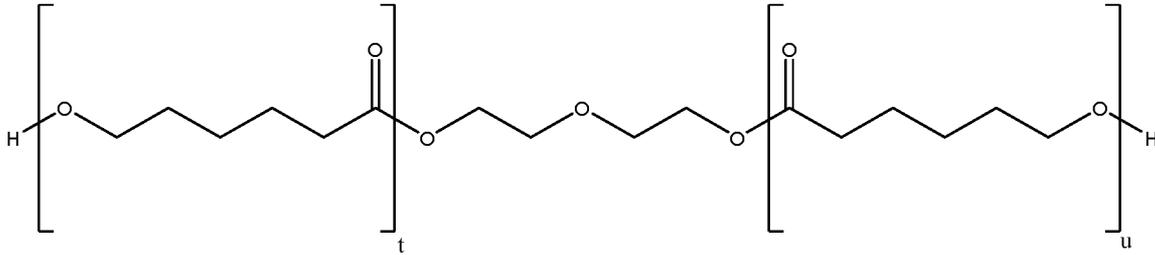
- 15 n et p sont choisis de telle sorte que la somme ($n + p$) soit comprise entre environ 1 et environ 6; et

o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39.

Dans un autre mode de réalisation, R_3 , R_4 et R_5 sont des groupements méthyles.

Dans un autre mode de réalisation, X₁ et X₂ sont tous deux des groupements amines.

Dans un autre mode de réalisation, A est un polyester aliphatique optionnellement substitué, tel que la polycaprolactone, et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 7 :



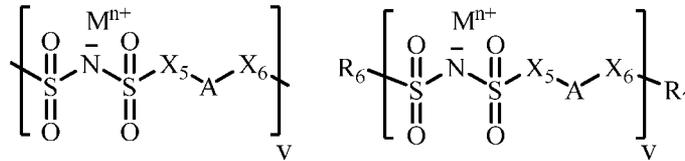
5

Formule 7

dans laquelle,

t et u sont des nombres compris dans l'intervalle de 1 à 10.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 8 (a) ou est un polymère de Formule 8 (b) :



Formule 8 (a)

Formule 8 (b)

10

dans lesquelles,

A est un groupement organique substitué ou non substitué indépendamment et à chaque occurrence choisi parmi un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un C₁-C₁₀alkylèneoxyC₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié;

15

X₅ et X₆ sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH;

R₆ est choisi parmi un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine et un groupement R₇-X₅-A-X₆;

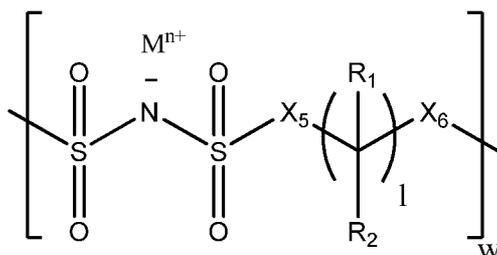
20

R₇ est un groupement réticulable indépendamment à chaque occurrence choisi parmi les groupements acrylate, méthacrylate, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate;

Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺; et

v est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 9 :



Formule 9

dans laquelle,

Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺;

X₅ et X₆ sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH;

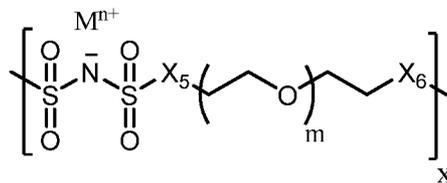
R₁ et R₂ sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome d'halogène choisi parmi F, Cl, Br et I, et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C₁-C₁₀alkyle, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-

acrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate;

l est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 10; et

5 w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 10 :



Formule 10

10 dans laquelle,

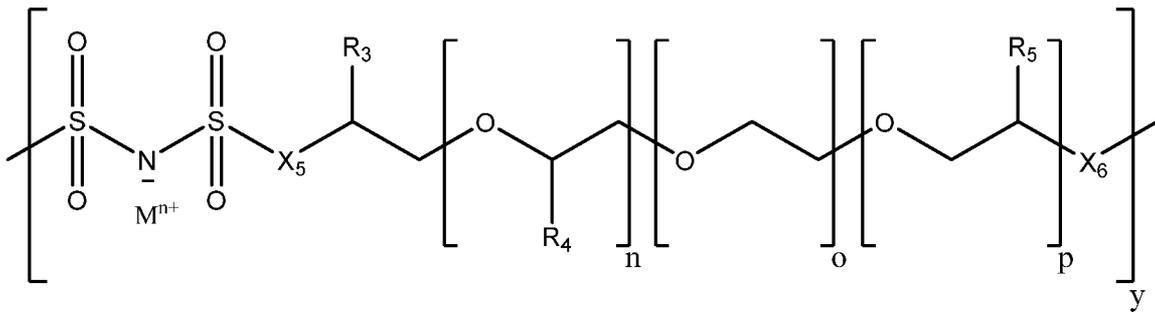
Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺;

X₅ et X₆ sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH;

15 m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 68; et

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

20 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 11 :



Formule 11

dans laquelle,

M^{n+} est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} ;

5 X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH;

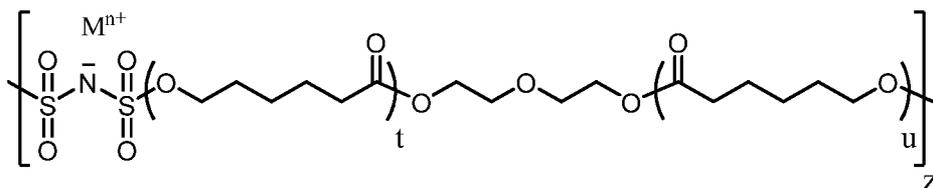
R_3 , R_4 et R_5 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi les groupements C_1 - C_{10} alkyles;

10 n et p sont choisis de telle sorte que la somme ($n + p$) soit comprise entre environ 1 et environ 6;

o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 12 :



Formule 12

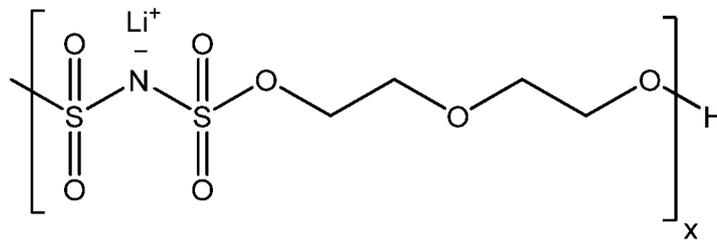
dans laquelle,

M^{n+} est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} ;

t et u sont des nombres compris entre 1 et 10; et

z est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 13 :

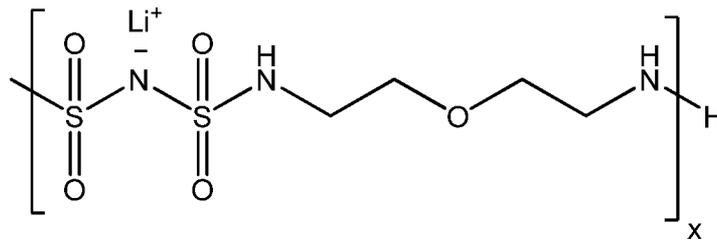


Formule 13

10 dans laquelle,

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 14 :

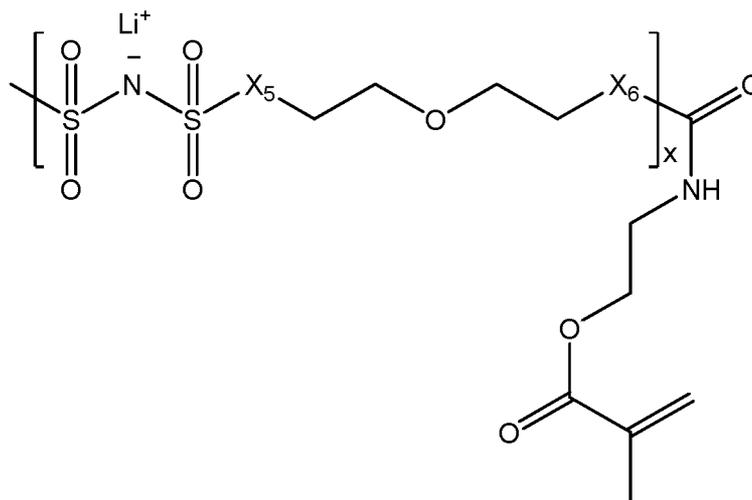


Formule 14

dans laquelle,

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 15 :



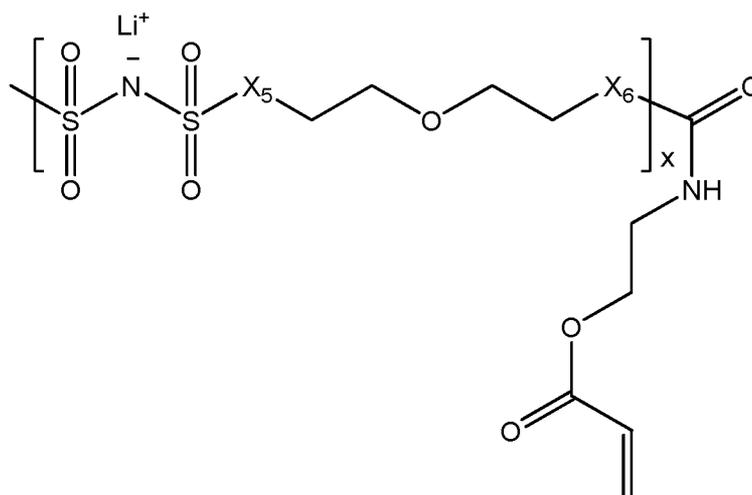
Formule 15

dans laquelle,

- 5 X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

- 10 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 16 :



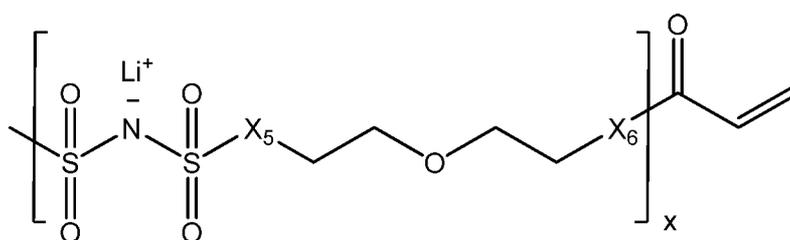
Formule 16

dans laquelle,

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

- 5 x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 17 :



Formule 17

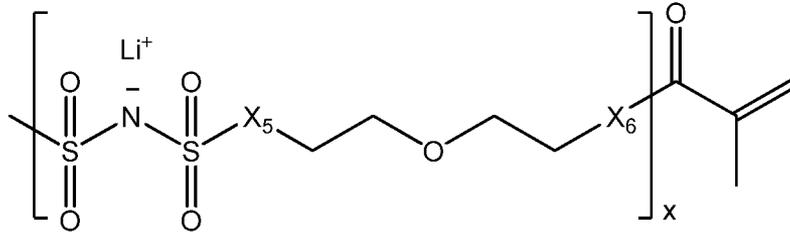
10

dans laquelle,

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieures et inférieures incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 18 :



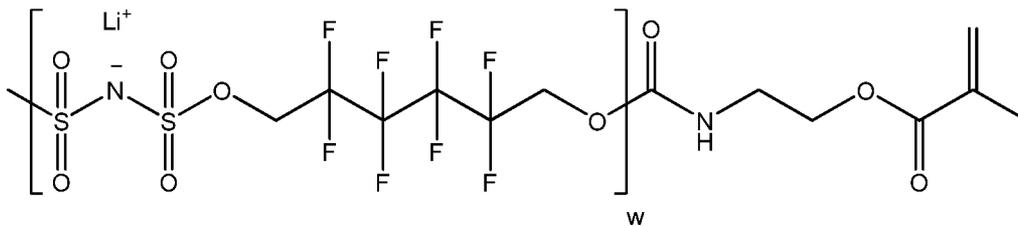
Formule 18

dans laquelle,

X₅ et X₆ sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 19 :



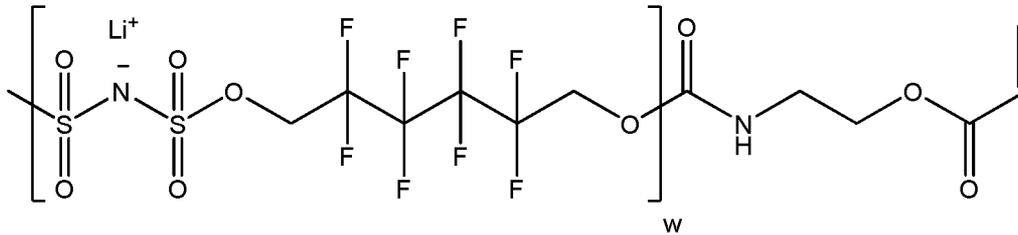
Formule 19

15

dans laquelle,

w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

5 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 20 :

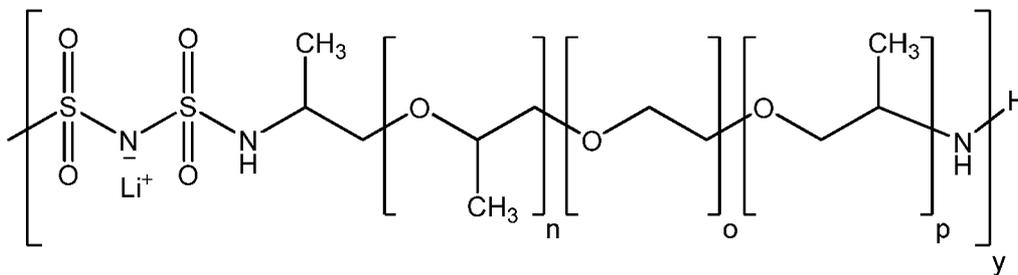


Formule 20

dans laquelle,

10 w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 21 :



Formule 21

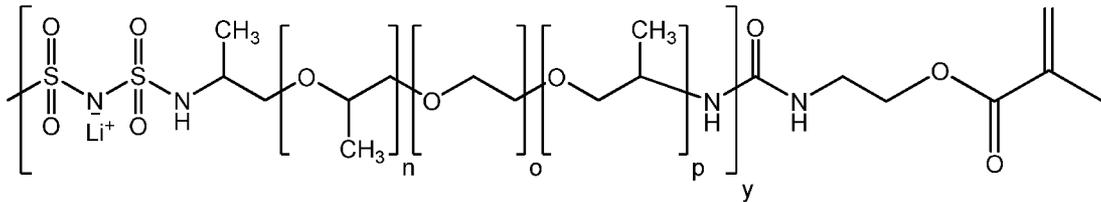
dans laquelle,

15 n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise entre environ 1 et environ 6;

o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

5 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 22 :



Formule 22

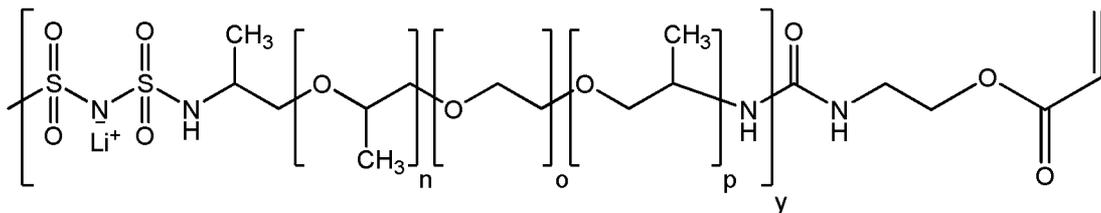
dans laquelle,

n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise entre environ 1 et environ 6;

10 o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 23 :



Formule 23

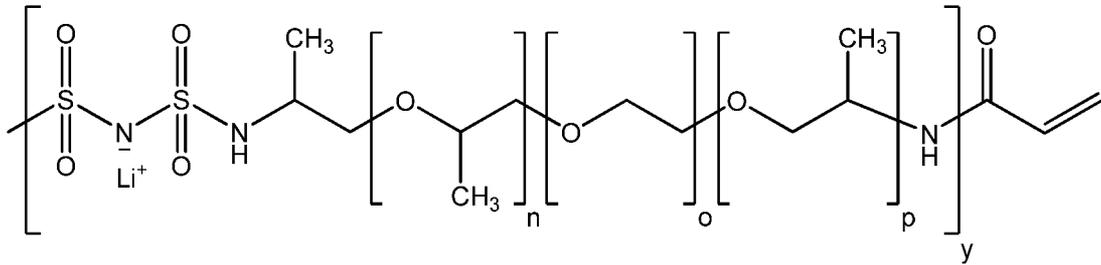
dans laquelle,

n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise entre environ 1 et environ 6;

20 o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieures et inférieures incluses.

5 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 24 :



Formule 24

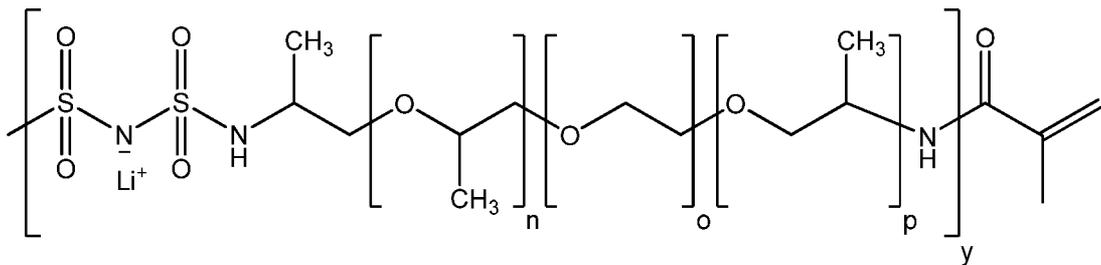
dans laquelle,

n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise entre environ 1 et environ 6;

10 o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 25 :



Formule 25

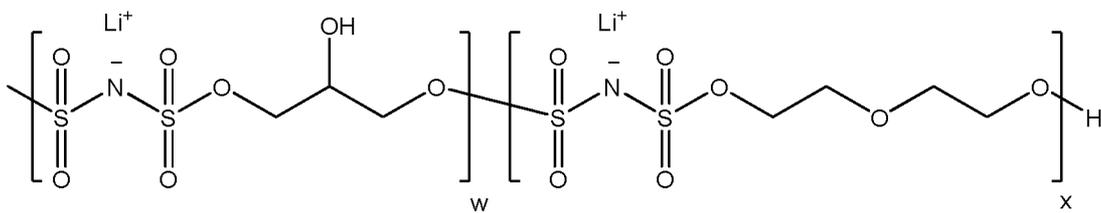
dans laquelle,

n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise entre environ 1 et environ 6;

o est un nombre compris entre environ 2 et environ 39; et

5 y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 26 :

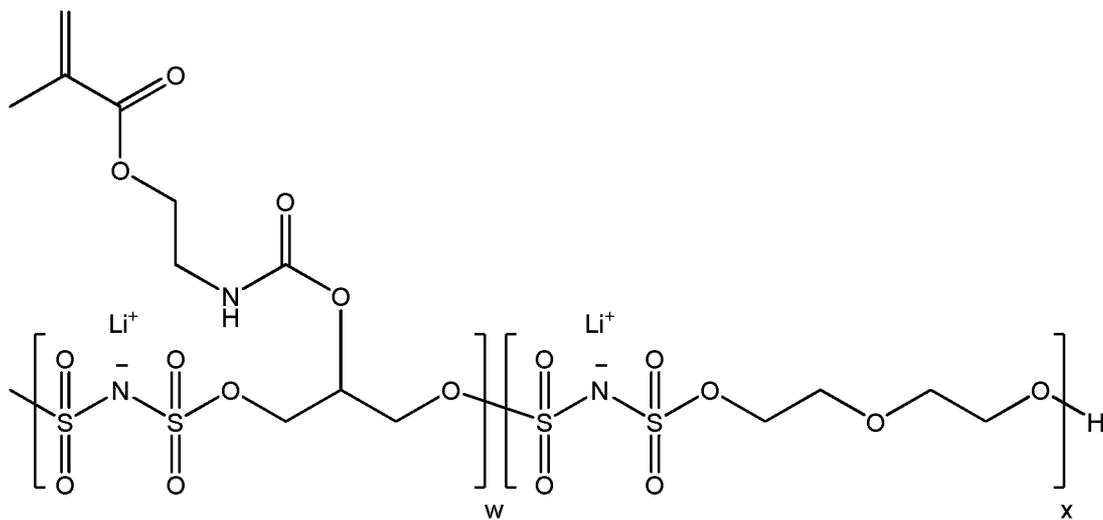


Formule 26

10 dans laquelle,

w et x sont des nombres choisis de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 27 :



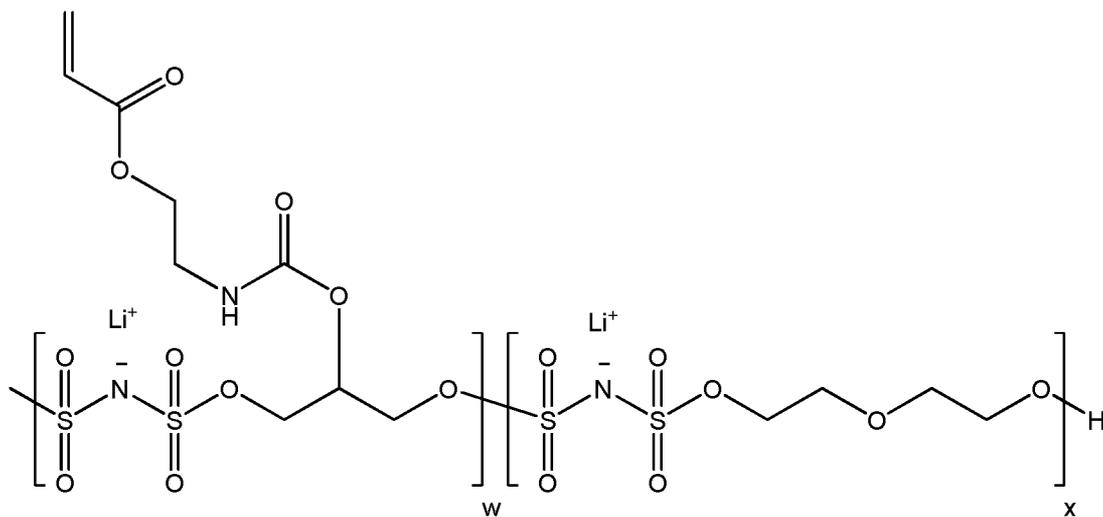
Formule 27

dans laquelle,

w et x sont des nombres choisis de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

5

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 28 :



Formule 28

dans laquelle,

w et x sont des nombres choisis de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

- 5 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne une composition polymérique comprenant au moins un polymère ionique tel qu'ici défini.

Dans un mode de réalisation, la composition polymérique comprend en outre au moins une composante additionnelle ou un additif. Selon un exemple, la composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi les conducteurs ioniques, les particules inorganiques, les particules de verre, les particules de céramique, les sels et d'autres additifs similaires, ou une combinaison d'au moins deux de ceux-ci. Selon un autre exemple, la composante additionnelle ou l'additif est un additif de remplissage choisi parmi des particules ou nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et de dioxyde de silicium (SiO_2).

15 Dans un autre mode de réalisation, la composition polymérique est utilisée dans une cellule électrochimique. Dans un autre mode de réalisation, la composition polymérique est une composition d'électrolyte polymère solide. Dans un autre mode de réalisation, la composition polymérique est laquelle est un liant pour matériau d'électrode. Dans un autre mode de réalisation, la composition polymérique est utilisée dans un supercondensateur.

20 Selon un exemple, le supercondensateur est un supercondensateur carbone-carbone. Dans un autre mode de réalisation, la composition polymérique est utilisée dans un matériau électrochrome.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne une composition d'électrolyte polymère solide comprenant une composition polymérique telle qu'ici définie.

25 Dans un autre mode de réalisation, la composition d'électrolyte polymère solide comprend en outre au moins un sel. Selon un exemple, le sel est un sel ionique choisi parmi un sel de lithium, un sel de sodium, un sel de potassium, un sel de calcium et un sel de magnésium.

Dans un autre mode de réalisation, la composition d'électrolyte polymère solide comprend en outre au moins une composante additionnelle ou un additif. Selon un exemple, la

30

composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi les matériaux conducteurs ioniques, les particules inorganiques, les particules de verre, les particules de céramique, une combinaison d'au moins deux de ceux-ci et autres additifs similaires.

5 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un électrolyte polymère solide comprenant une composition d'électrolyte polymère solide telle qu'ici définie.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un matériau d'électrode comprenant un matériau électrochimiquement actif et une composition polymérique telle qu'ici définie. Dans un mode de réalisation, la composition polymérique est un liant.

10 Dans un autre mode de réalisation, le matériau électrochimiquement actif est sous forme de particules. Selon un exemple, le matériau électrochimiquement actif est choisi parmi un oxyde de métal, un oxyde de métal et de lithium, un phosphate de métal, un phosphate de métal lithié, un titanate et un titanate de lithium. Selon un autre exemple, le métal du matériau électrochimiquement actif est choisi parmi le titane (Ti), le fer (Fe), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn), le vanadium (V), le nickel (Ni), le cobalt (Co), l'aluminium (Al),
15 le chrome (Cr), le cuivre (Cu), l'antimoine (Sb) et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

Dans un autre mode de réalisation, le matériau d'électrode comprend en outre au moins un matériau conducteur électronique. Selon un exemple, le matériau conducteur électronique est choisi parmi le noir de carbone, le noir d'acétylène, le graphite, le
20 graphène, les fibres de carbone, les nanofibres de carbone, les nanotubes de carbone et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

Dans un autre mode de réalisation, le matériau d'électrode comprend en outre au moins une composante additionnelle ou un additif. Selon un exemple, la composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi les conducteurs ioniques, les particules
25 inorganiques, les particules de verre ou de céramique, les nanocéramiques, les sels et autres additifs similaires. Selon un autre exemple, la composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 .

Dans un autre mode de réalisation, le matériau d'électrode est un matériau d'électrode positive. Dans un autre mode de réalisation, le matériau d'électrode est un matériau

d'électrode négative. Selon un exemple, le matériau électrochimiquement actif est un titanate de lithium ou un titanate de lithium est enrobé de carbone.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne une électrode comprenant un matériau d'électrode tel qu'ici défini sur un collecteur de courant.

- 5 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte, dans laquelle au moins l'un de l'électrode négative, de l'électrode positive et de l'électrolyte comprend un composition polymérique telle qu'ici définie.

- 10 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte, dans laquelle au moins l'une de l'électrode négative et de l'électrode positive est telle qu'ici définie.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte polymère solide tel qu'ici défini.

- 15 Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un accumulateur électrochimique comprenant au moins une cellule électrochimique telle qu'ici définie.

- 20 Dans un mode de réalisation, l'accumulateur électrochimique est une batterie choisie parmi une batterie au lithium, une batterie lithium-ion, une batterie au sodium, une batterie sodium-ion, une batterie au magnésium, et une batterie magnésium-ion. Selon un exemple, ladite batterie est une batterie au lithium ou une batterie lithium-ion.

Selon un autre aspect, la présente technologie concerne un procédé de préparation d'un polymère ou d'une composition polymérique tels qu'ici définis, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- 25 (i) préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2; et
(ii) réaction d'au moins un composé de Formule 1 incluant au moins deux groupements fonctionnels tel qu'ici défini avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide. Selon un exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide est effectuée par la réaction entre de l'acide sulfamique et un acide halosulfonique en présence d'au moins un agent d'halogénéation.

- 5 Selon un exemple, l'agent d'halogénéation est choisi parmi le trichlorure de phosphore, le pentachlorure de phosphore, le chlorure de thionyle, le fluorure de thionyle, l'oxychlorure de phosphore et le chlorure d'oxalyle. Selon un exemple, l'agent d'halogénéation est le chlorure de thionyle. Selon un autre exemple, l'acide halosulfonique est l'acide chlorosulfonique.
- 10 Dans un autre mode de réalisation, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide est effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 60 °C à environ 150 °C, ou allant d'environ 70 °C à environ 145 °C, ou allant d'environ 80 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 90 °C à environ 100 °C, ou allant d'environ 110 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 120 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 125 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 125 °C à environ 135 °C, bornes supérieures et inférieures incluses.

Dans un autre mode de réalisation, le bis(halosulfonyl)imide est un bis(chlorosulfonyl)imide.

- 20 Dans un autre mode de réalisation, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée par une réaction de métallation entre un bis(halosulfonyl)imide et au moins un agent de métallation, optionnellement en présence d'un solvant.

- 25 Selon un exemple, l'agent de métallation comprend un métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le lithium, le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium. Selon un exemple, l'agent de métallation est un agent de lithiation choisi parmi l'hydroxyde de lithium, le carbonate de lithium, l'hydrogénocarbonate de lithium, l'hydrure de lithium, le chlorure de lithium, le bromure de lithium, l'iodure de lithium, un carboxylate de lithium de formule RCO_2Li (dans laquelle R est un groupement $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle linéaire ou ramifié ou un hydrocarbure aromatique), l'oxalate de lithium et le lithium métallique. Selon un autre exemple, l'agent de lithiation est le chlorure de lithium.

Dans un autre mode de réalisation, le solvant est choisi parmi le N,N-diméthylformamide, le N-méthyl-2-pyrrolidone, le diméthylacétamide, le tétrachlorométhane, le chloroforme, l'acétonitrile, le tétrahydrofurane et une combinaison miscible d'au moins deux de ceux-ci. Selon un exemple, le solvant est le N,N-diméthylformamide.

- 5 Dans un autre mode de réalisation, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 est effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 20 °C à environ 150 °C, ou allant d'environ 30 °C à environ 135 °C, ou allant d'environ 40 °C à environ 130 °C, ou allant d'environ 50 °C à environ 125 °C, ou allant d'environ 60 °C à environ 120 °C, ou allant d'environ 70 °C à environ 115 °C, ou allant
10 d'environ 80 °C à environ 110 °C, ou allant d'environ 90 °C à environ 105 °C, bornes supérieures et inférieures incluses.

- Dans un autre mode de réalisation, l'étape de préparation du bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée pour une période de temps comprise dans l'intervalle allant d'environ 10 heures à environ 48 heures, ou allant d'environ 10 heures à environ 24 heures, ou
15 allant d'environ 12 heures à environ 24 heures, bornes supérieures et inférieures incluses.

- Dans un autre mode de réalisation, l'étape de réaction d'au moins un composé de Formule 1 incluant au moins deux groupements fonctionnels avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 est une étape de polymérisation. Selon un exemple, la polymérisation est effectuée par polycondensation. Par exemple, la polymérisation est effectuée par
20 polyestérification. Selon un exemple, la polyestérification est effectuée par une réaction d'estérification de Fischer ou par une réaction d'estérification de Steglich.

- Dans un autre mode de réalisation, l'étape de réaction d'au moins un composé de Formule 1 incluant au moins deux groupements fonctionnels avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 est effectuée en présence d'un solvant. Selon un exemple, le solvant
25 est choisi parmi le N,N-diméthylformamide, le N-méthyl-2-pyrrolidone, le diméthylacétamide, le tétrachlorométhane, le chloroforme, l'acétonitrile, le tétrahydrofurane et une combinaison miscible d'au moins deux de ceux-ci. Par exemple, le solvant est le N,N-diméthylformamide.

- Dans un autre mode de réalisation, l'étape de polymérisation est effectuée en présence
30 d'au moins une base et éventuellement d'au moins un catalyseur de polymérisation et/ou d'au moins un co-catalyseur et/ou éventuellement d'au moins catalyseur d'acylation.

Dans un autre mode de réalisation, le catalyseur de polymérisation est choisi parmi le groupe constitué d'un catalyseur acide, un catalyseur nucléophile et un catalyseur à base de bore.

5 Dans un autre mode de réalisation, le catalyseur nucléophile est choisi parmi le groupe constitué de la 4-diméthylaminopyridine, de la pyridine, et d'autres dérivés de pyridine.

Dans un autre mode de réalisation, le catalyseur à base de bore est un catalyseur à base d'acide borique, un catalyseur à base d'acide boronique, ou un catalyseur à base d'acide borinique. Par exemple, le catalyseur de polymérisation est choisi parmi les acides diarylboriniques de formule Ar_2BOH (dans laquelle Ar est un groupement aryle), l'acide diphénylborinique, l'acide phénylboronique, l'acide trifluorophényl boronique, le 9H-9-bora-10-thiaanthracèn-9-ol, le 10H-phénoxaborinin-10-ol, le tribromure de bore, le trichlorure de bore, les fluoborates d'acyle, le fluoborate de triéthylxonium, l'éthérate de trifluorure de bore, le trifluorure de bore, le tris(pentafluorophényl) de bore, et autres catalyseurs similaires dérivés du bore, ou une combinaison d'au moins deux de ceux-ci
10 lorsque compatibles.
15

Dans un autre mode de réalisation, la base est choisie parmi la triéthylamine, la N,N-diisopropyléthylamine, la pyridine et les dérivés de pyridine. Selon un exemple, la base est la triéthylamine.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation. Selon un exemple, l'étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation est effectuée afin d'introduire au moins un groupement fonctionnel réticulable. Selon un exemple, l'étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation est effectuée par la réaction entre au moins un groupement fonctionnel et au moins un précurseur d'un
20 groupement fonctionnel réticulable. Par exemple, le groupement fonctionnel réticulable est choisi parmi les groupements acrylate, méthacrylate, C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, aminocarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, carbonyloxy- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, carbonyloxy- C_1 - C_{10} alkyle-
25
30

acrylate, carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de séparation ou de purification. Selon un exemple, l'étape de séparation ou de purification est effectuée par une méthode de chromatographie en phase liquide ou une méthode de filtration.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape d'enduction de la composition polymérique. Selon un exemple, l'étape d'enduction est effectuée par au moins une méthode choisie parmi une méthode d'enduction à la racle, une méthode d'enduction à intervalle de transfert, une méthode d'enduction à intervalle de transfert inversé, une méthode d'impression, une méthode de gravure et une méthode d'enduction fente.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de séchage de la composition polymérique afin d'éliminer tout solvant résiduel et/ou eau. Selon un exemple, l'étape de séchage de la composition polymérique et l'étape d'enduction de la composition polymérique sont effectuées simultanément.

Dans un autre mode de réalisation, le procédé comprend en outre une étape de réticulation. Par exemple, l'étape de réticulation est effectuée par irradiation UV, par traitement thermique, par irradiation micro-ondes, sous un faisceau d'électrons, par irradiation gamma, ou par irradiation aux rayons X. L'étape de réticulation peut être effectuée en présence d'au moins l'un parmi un agent réticulant, un initiateur thermique, un photoinitiateur (par exemple, initiateur UV), un catalyseur, un agent plastifiant ou d'une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

La Figure 1 est un chromatogramme obtenu par chromatographie d'exclusion stérique (SEC) pour le Polymère 2, tel que décrit à l'Exemple 3(b).

La Figure 2 est un spectre de résonance magnétique nucléaire du proton (¹H RMN) obtenu pour le Polymère 2, tel que décrit à l'Exemple 3(b).

La Figure 3 un graphique présentant les résultats de l'analyse par calorimétrie différentielle à balayage (DSC) obtenu pour le Polymère 2, tel que décrit à l'Exemple 3(b).

La Figure 4 est un chromatogramme obtenu par chromatographie d'exclusion stérique pour le Polymère 4, tel que décrit à l'Exemple 3(d).

- 5 La Figure 5 est un spectre de résonance magnétique nucléaire du proton d'un polymère obtenu par la polymérisation du diéthylène glycol avec du bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium, tel que décrit à l'Exemple 3(e).

La Figure 6 est un spectre de résonance magnétique nucléaire du proton obtenu pour le Polymère 5, tel que décrit à l'Exemple 3(e).

- 10 La Figure 7 est un spectre de résonance magnétique nucléaire du carbone 13 (^{13}C RMN) obtenu pour le Polymère 5, tel que décrit à l'Exemple 3(e).

La Figure 8 est un spectre de résonance magnétique nucléaire du fluor (^{19}F RMN) obtenu pour le Polymère 5, tel que décrit à l'Exemple 3(e).

- 15 La Figure 9 est un graphique présentant les résultats de l'analyse par calorimétrie différentielle à balayage obtenu pour le Polymère 5, tel que décrit à l'Exemple 3(e).

La Figure 10 est un graphique présentant les résultats de conductivité ionique ($\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) en fonction de la température ($1000/T$, K^{-1}) pour la Cellule 1, tel que décrit à l'Exemple 4(h).

La Figure 11 est un graphique présentant les résultats de conductivité ionique ($\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) en fonction de la température ($1000/T$, K^{-1}) pour la Cellule 2, tel que décrit à l'Exemple 4(h).

- 20 La Figure 12 est un graphique présentant les résultats de conductivité ionique ($\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) en fonction de la température ($1000/T$, K^{-1}) pour la Cellule 3, tel que décrit à l'Exemple 4(h).

La Figure 13 est un graphique présentant les résultats de conductivité ionique ($\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) en fonction de la température ($1000/T$, K^{-1}) pour la Cellule 4, tel que décrit à l'Exemple 4(h).

- 25 La Figure 14 est un graphique présentant les résultats de conductivité ionique ($\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) en fonction de la température ($1000/T$, K^{-1}) pour la Cellule 5 (cellule comparative), tel que décrit à l'Exemple 4(h).

La Figure 15 est un graphique présentant les résultats de conductivité ionique ($S \cdot cm^{-1}$) en fonction de la température ($1000/T, K^{-1}$) pour la Cellule 6 (cellule comparative), tel que décrit à l'Exemple 4(h).

5 La Figure 16 présente des voltammogrammes cycliques obtenus pour la Cellule 7 (cellule comparative) (ligne pleine) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s et pour la Cellule 8 (cellule comparative) (ligne discontinue) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,05 mV/s entre 2,7 V et 4,3 V vs Li/Li⁺, tels que décrits à l'Exemple 5(c).

10 La Figure 17 présente un voltammogramme cyclique obtenu pour la Cellule 7 (cellule comparative) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s entre 2,5 V et 5 V vs Li/Li⁺, tel que décrit à l'Exemple 5(c).

La Figure 18 présente des voltammogrammes cycliques obtenus pour la Cellule 9 (ligne pleine) et pour la Cellule 10 (ligne discontinue) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s entre 2,5 V et 5 V vs Li/Li⁺, tels que décrits à l'Exemple 5(c).

15 La Figure 19 présente des voltammogrammes cycliques obtenus pour la Cellule 7 (cellule comparative) (ligne double point tiret), pour la Cellule 10 (ligne point tiret), pour la Cellule 9 (ligne discontinue) et pour la Cellule 11 (cellule comparative) (ligne pleine) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s entre 2,5 V et 5 V vs Li/Li⁺, tels que décrits à l'Exemple 5(c).

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

20 La description détaillée et les exemples suivants sont présentés à titre illustratif seulement et ne doivent pas être interprétés comme limitant davantage la portée de l'invention.

Tous les termes et toutes les expressions techniques et scientifiques utilisés ici ont les mêmes définitions que celles généralement comprises de la personne versée dans l'art de la présente technologie. La définition de certains termes et expressions utilisés est
25 néanmoins fournie ci-dessous.

Lorsque le terme « approximativement » ou son terme équivalent « environ » sont utilisés ici, ils signifient dans la région de, ou autour de. Par exemple, lorsque les termes « approximativement » ou « environ » sont utilisés en lien avec une valeur numérique, ils peuvent la modifier au-dessus et au-dessous par une variation de 10% par rapport à la

valeur nominale. Ce terme peut également tenir compte, par exemple, de l'arrondissement ou de l'erreur expérimentale due aux limites d'un appareil de mesure.

Lorsqu'un intervalle de valeurs est ici mentionné, les bornes inférieure et supérieure de l'intervalle sont, à moins d'indication contraire, toujours incluses dans la définition.

- 5 Lorsqu'un intervalle de valeurs est mentionné dans la présente demande, tous les intervalles et sous-intervalles intermédiaires, ainsi que les valeurs individuelles incluses dans ces intervalles, sont inclus dans la définition.

- 10 Pour plus de clarté, l'expression « unités monomères dérivées de » et les expressions équivalentes, telles qu'utilisées ici, se réfèrent à des unités répétées d'un polymère obtenues à partir de la polymérisation d'un monomère polymérisable.

L'expression « motif de répétition » telle qu'ici utilisée, désigne une séquence d'unités répétées faisant partie de la chaîne d'un polymère.

- 15 L'expression « fragment » telle qu'ici utilisée en lien avec une séquence polymère, désigne une partie d'un polymère comprenant un motif de répétition et éventuellement un ou groupement terminal.

Les structures chimiques décrites ici sont dessinées suivant les conventions du domaine. Aussi, lorsqu'un atome, comme un atome de carbone, tel que dessiné semble inclure une valence incomplète, alors on assume que la valence est satisfaite par un ou plusieurs atomes d'hydrogène même s'ils ne sont pas explicitement dessinés.

- 20 Pour plus de certitude, dans le présent document, lorsqu'une formule désigne un motif de répétition ou un fragment de polymère, à moins qu'il ne soit défini, par exemple par un groupe OH, NH₂, etc., le bout du lien dépassant le ou les crochet(s) de la formule :  ou , n'est pas obligatoirement un groupement méthyle et est plutôt défini comme étant le reste du polymère, la définition du groupe extérieur au crochet demeurant ouverte.

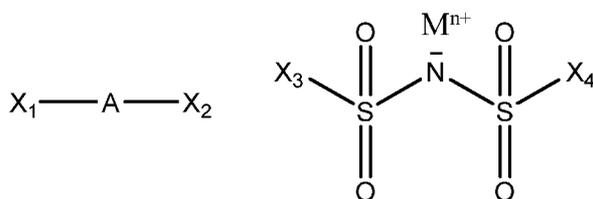
- 25 Par exemple, ce groupement peut représenter un groupement X₁, X₂, X₃, X₄, R₆ ou R₇ tels qu'ici définis, le résidu d'un initiateur, ou un autre fragment de polymère.

Tel qu'ici utilisé, le terme « alkyle » réfère à des hydrocarbures saturés ayant entre un et dix atomes de carbone, incluant les groupements alkyles linéaires ou ramifiés. Des exemples non limitatifs de groupements alkyles peuvent comprendre les groupes méthyle,

éthyle, propyle, butyle, pentyle, hexyle, heptyle, octyle, nonyle, décyle, isopropyle, *tert*-butyle, *sec*-butyle, isobutyle, et ainsi de suite. Lorsque le groupement alkyle est localisé entre deux groupements fonctionnels, alors le terme alkyle inclut également les groupements alkylènes tels que les groupes méthylène, éthylène, propylène, et ainsi de suite. Les termes « C_m-C_nalkyle » et « C_m-C_nalkylène » réfèrent respectivement à un groupement alkyle ou alkylène ayant du nombre « m » indiqué au nombre « n » indiqué d'atomes de carbone.

Tel qu'utilisé ici, le terme « aryle » réfère à des groupes fonctionnels comprenant des cycles ayant un caractère aromatique ayant de 6 à 14 atomes de cycle, de préférence de 6 atomes de cycle. Le terme « aryle » réfère à la fois aux systèmes monocycliques et polycycliques conjugués. Le terme « aryle » inclut également les groupements substitués ou non substitués. Des exemples de groupements aryles incluent, sans limitation, phényle, benzyle, phénéthyle, 1-phényléthyle, tolyle, naphthyle, biphényle, terphényle, indényle, benzocyclooctényle, benzocycloheptényle, azulényle, acénaphthylényle, fluorényle, phénanthrényle, anthracényle, pérylényle, et ainsi de suite.

La présente technologie concerne un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition comprenant le produit de la réaction entre au moins un composé de Formule 1 comprenant au moins deux groupements fonctionnels et un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 :



Formule 1

Formule 2

dans lesquelles,

A est un groupement organique substitué ou non substitué choisi parmi un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un C₁-C₁₀alkylèneoxyC₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié;

X_1 et X_2 sont des groupements fonctionnels indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un groupement hydroxyle, un groupement thiol et un groupement amine;

5 X_3 et X_4 sont des atomes d'halogène chacun indépendamment choisis parmi F, Cl, Br et I; et

M^{n+} est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} .

Selon un exemple, X_1 et X_2 peuvent être des groupements fonctionnels indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un groupement hydroxyle (OH), un groupement thiol (SH) et un groupement amine primaire (NH_2). Selon une variante d'intérêt, X_1 et X_2 peuvent être des groupements fonctionnels indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un groupement hydroxyle et un groupement amine primaire.

15 Selon un autre exemple, X_1 et X_2 peuvent être identiques, par exemple, X_1 et X_2 sont tous deux des groupements hydroxyles, ou tous deux des groupements thiols, ou tous deux des groupements amines primaires. Selon une variante d'intérêt, X_1 et X_2 sont tous deux des groupements hydroxyles. Selon une autre variante d'intérêt, X_1 et X_2 sont tous deux des groupements amines primaires.

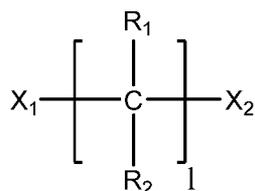
Selon un autre exemple, X_3 et X_4 peuvent être identiques, par exemple, X_3 et X_4 sont tous deux des atomes de chlore.

20 Selon un autre exemple, M^{n+} peut être un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ et Li^+ , par exemple, M^{n+} est un ion Li^+ .

Par exemple, X_3 et X_4 sont tous deux des atomes de chlore et M^{n+} est un ion Li^+ , c'est-à-dire que le bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 est le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium.

25 Selon un autre exemple, A est un groupement organique substitué ou non substitué choisi parmi un C_2 - C_{10} alkylène linéaire ou ramifié, un C_2 - C_{10} alkylèneoxy C_2 - C_{10} alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C_2 - C_{10} alkylèneoxy) C_2 - C_{10} alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié.

Selon un autre exemple, A est un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 3 :



Formule 3

dans laquelle,

5 X₁ et X₂ sont tels qu'ici définis;

R₁ et R₂ sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome d'halogène choisi parmi F, Cl, Br et I, et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C₁-C₁₀alkyle, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, et oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate; et

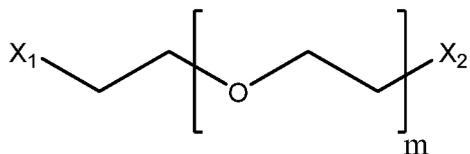
I est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 10.

15 Selon un autre exemple, R₁ et R₂ sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome de fluor et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate.

20 Selon un autre exemple, R₁ et R₂ sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine primaire, un atome de fluor et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate.

25 Selon un autre exemple, I est un nombre compris dans l'intervalle de 2 à 10.

Selon un autre exemple, A est un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué, par exemple le composé de Formule 1 pouvant être un composé de Formule 4 :



Formule 4

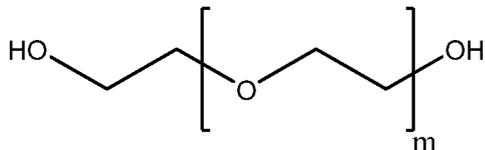
5 dans laquelle,

X₁ et X₂ sont tels qu'ici définis; et

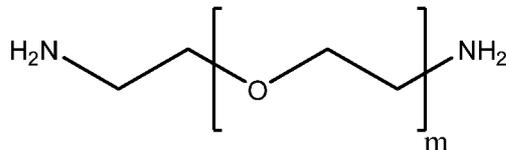
m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 68.

Selon une variante d'intérêt, X₁ et X₂ sont tous deux des groupements hydroxyles ou sont tous deux des groupements amines et le composé de Formule 1 est de Formules 4 (a) ou

10 4 (b) :



Formule 4 (a)



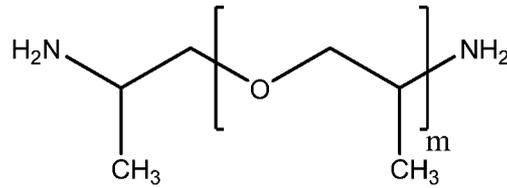
Formule 4 (b)

dans lesquelles,

m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 6.

Selon une autre variante d'intérêt, le composé de Formule 1 peut être un produit

15 JEFFAMINE® de la série D et le composé est de Formule 4 (c) :



Formule 4 (c)

dans laquelle,

m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 68.

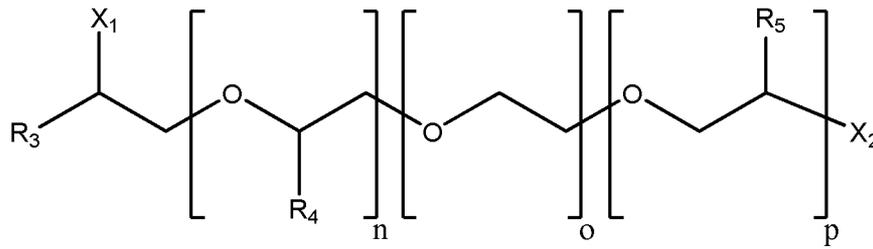
Selon un exemple, le produit JEFFAMINE® de la série D peut être la JEFFAMINE® D-230, où m est d'environ 2,5 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 230 g/mol.

Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série D peut être la JEFFAMINE® D-400, où m est d'environ 6,1 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 430 g/mol.

10 Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série D peut être la JEFFAMINE® D-2000, où m est d'environ 33 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 2 000 g/mol.

15 Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série D peut être la JEFFAMINE® D-4000, où m est d'environ 68 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 4 000 g/mol.

Selon un autre exemple, A est un polyéther linéaire ou ramifié et optionnellement substitué. Selon un exemple, le polyéther optionnellement substitué peut être à base d'oxyde de propylène (OP), d'oxyde d'éthylène (OE) ou d'un mélange OP/OE. Par exemple, A est un polyéther optionnellement substitué principalement à base de polyéthylène glycol (PEG) et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 5 :



Formule 5

dans laquelle,

X_1 et X_2 sont tels qu'ici définis;

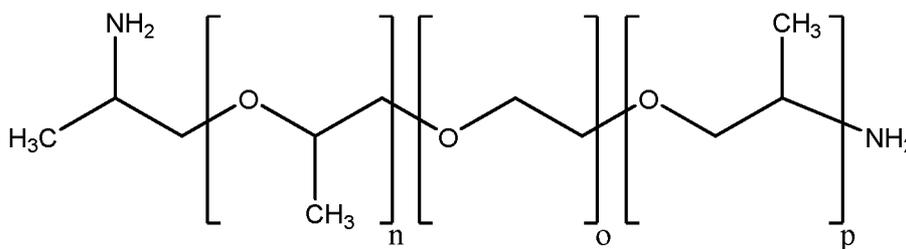
R_3 , R_4 et R_5 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi les groupements C_1 - C_{10} alkyles;

n , o et p sont choisis de telle sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther soit compris entre environ 220 g/mol et environ 2 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses;

n et p sont choisis de telle sorte que la somme ($n + p$) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6; et

o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39.

Selon une variante d'intérêt, le composé de Formule 1 est un composé de Formule 5 et peut être un produit JEFFAMINE® de la série ED, le composé étant de Formule 5 (a) :



Formule 5 (a)

15 dans laquelle,

n , o et p sont choisis de telle sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther soit compris entre environ 220 g/mol et environ 2 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses;

n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6; et

o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39.

Selon un exemple, le produit JEFFAMINE® de la série ED peut être la JEFFAMINE® HK-511, où o est d'environ 2, la somme (n + p) est d'environ 1,2 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 220 g/mol.

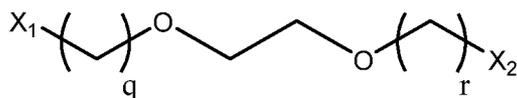
Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série ED peut être la JEFFAMINE® ED-2003, où o est d'environ 39, la somme (n + p) est d'environ 6 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 2 000 g/mol.

Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série ED peut être la JEFFAMINE® ED-900, où o est d'environ 12,5, la somme (n + p) est d'environ 6 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 900 g/mol.

Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série ED peut être la JEFFAMINE® ED-600, où o est d'environ 9, la somme (n + p) est d'environ 3,6 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 600 g/mol.

Selon une variante d'intérêt, le produit JEFFAMINE® de la série ED peut être choisi parmi le groupe constitué par les produits JEFFAMINE® ED-600, ED-900 et ED-2003.

Selon un autre exemple, A est un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué, le composé de Formule 1 pouvant être un composé de Formule 6 :



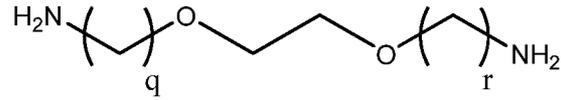
Formule 6

dans laquelle,

X₁ et X₂ sont tels qu'ici définis; et

q et r sont des nombres compris dans l'intervalle de 1 à 10.

Selon une variante d'intérêt, le composé de Formule 1 est un composé de Formule 6 et peut être un produit JEFFAMINE® de la série EDR de Formule 6 (a) :



Formule 6 (a)

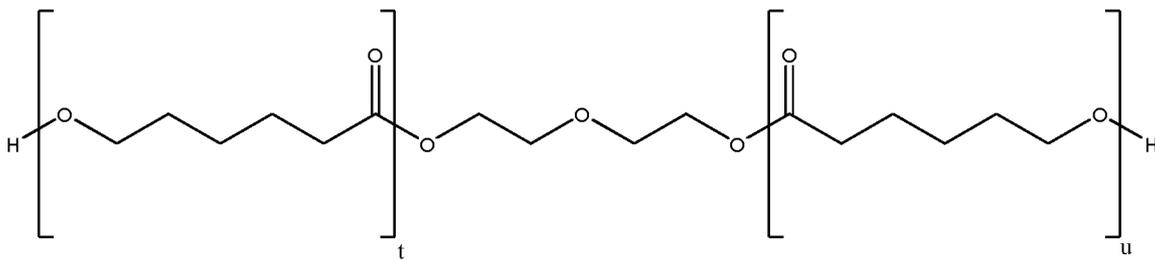
dans laquelle,

- 5 X_1 , X_2 , q et r sont tels qu'ici définis.

Selon un exemple, le produit JEFFAMINE® de la série EDR peut être la JEFFAMINE® EDR-148, où q et r sont d'environ 2 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 148 g/mol.

- 10 Selon un autre exemple, le produit JEFFAMINE® de la série EDR peut être la JEFFAMINE® EDR-176, où q et r sont d'environ 3 et le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther diamine est d'environ 176 g/mol.

Selon un autre exemple, A est un polyester aliphatique optionnellement substitué tel que la polycaprolactone et, par exemple, le composé de Formule 1 est un composé de Formule 7 :



15

Formule 7

dans laquelle,

t et u sont des nombres compris entre 1 et 10.

Selon un autre exemple, le composé de Formule 1 incluant au moins deux groupements fonctionnels peut être un alcool (ou un polyalcool) incluant au moins deux groupements

hydroxyles, un éther de glycol, ou polyol tel qu'un un diol (ou glycol), un triol, un tétraol, un pentol, un hexol, un heptol et ainsi de suite. Par exemple, le composé incluant au moins deux groupements hydroxyles peut être un diol (ou glycol) linéaire ou ramifié, peut être aliphatique ou aromatique, par exemple, tous les diols (ou glycols) sont envisagés.

- 5 Des exemples non limitatifs de composés incluant au moins deux groupements hydroxyles incluent le glycérol (glycérine), les alcane-diols, le propane-1,3-diol, le butane-1,4-diol, le pentane-1,5-diol, l'hexane-1,6-diol, l'octane-1,8-diol, le propane-1,2-diol (ou propylène glycol (PG)), le butane-1,2-diol, le butane-2,3-diol (ou diméthylène glycol), le butane-1,3-diol (ou butylène glycol), le pentane-1,2-diol, l'étohexadiol, le p-menthane-3,8-
- 10 diol, le 2-méthylpentane-2,4-diol, la polycaprolactone diol, l'éthylène glycol (1,2-ethanediol), le diéthylène glycol (ou éthylène diglycol), le triéthylène glycol, le tétraéthylène glycol, le pentaéthylène glycol, le polyéthylène glycol, et d'autres glycols et diols similaires, ou leurs combinaisons. Par exemple, le composé incluant au moins deux groupements hydroxyles peut être choisi parmi le glycérol, le diéthylène glycol, l'éthylène
- 15 glycol, le propane diol, le triéthylène glycol, le tétraéthylène glycol, le 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol et la polycaprolactone diol.

Selon une variante d'intérêt, le composé incluant au moins deux groupements hydroxyles peut être le glycérol. Selon une autre variante d'intérêt, le composé incluant au moins deux groupements hydroxyles peut être le diéthylène glycol. Selon une autre variante

20 d'intérêt, le composé incluant au moins deux groupements hydroxyles peut être le 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol.

Selon un autre exemple, le composé incluant au moins deux groupements fonctionnels peut être une polyamine incluant au moins deux groupements amines tels qu'une diamine, une triamine et ainsi de suite. Par exemple, le composé incluant au moins deux

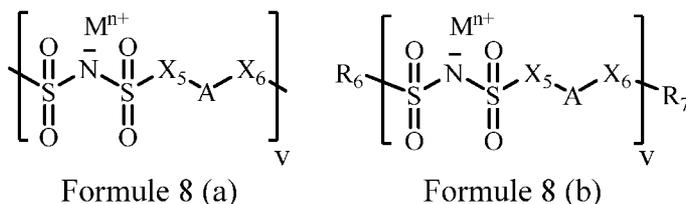
25 groupements amines peut être une diamine linéaire ou ramifiée et peut être aliphatique ou aromatique, par exemple, toutes les diamines sont envisagées. Des exemples non limitatifs de composés incluant au moins deux groupements amines incluent le propane-1,2,3-triamine, les alcanes diamines, le propane-1,3-diamine, le butane-1,4-diamine, le pentane-1,5-diamine, l'hexane-1,6-diamine, l'octane-1,8-diamine, le propane-1,2-

30 diamine, le butane-1,2-diamine, le butane-2,3-diamine, le butane-1,3-diamine, le pentane-1,2-diamine, le 2,4-diamino-2-méthylpentane, l'éthylènediamine (1,2-diaminoéthane), le 1,8-diamino-3,6-dioxaoctane, le 1,11-diamino-3,6,9-trioxaundécane, le 4,9-dioxa-1,12-

dodécanediamine, le 1,14-diamino-3,6,9,12-tétraoxatétradécane, le poly(éthylène glycol) diamine (ou PEG-diamine), les produits JEFFAMINE® de la série D (polypropylène glycols à terminaisons amines), les produits JEFFAMINE® de la série ED (diamines majoritairement à base de polyéthylène glycol), les produits JEFFAMINE® de la série EDR, et d'autres polyamines similaires, ou leurs combinaisons.

Selon une variante d'intérêt, le composé incluant au moins deux groupements amines peut être une PEG-diamine de formule $H_2NCH_2CH_2(OCH_2CH_2)_nNH_2$, où n est 1 ou 2. Selon une autre variante d'intérêt, le composé incluant au moins deux groupements amines peut être un produit JEFFAMINE® de la série ED (ou O,O'-bis (2-aminopropyle) polypropylène glycol-bloc-polyéthylène glycol-bloc-polypropylène glycol). Par exemple, le produit JEFFAMINE® de la série ED peut être choisi parmi les produits JEFFAMINE® ED-600, ED-900 et ED-2003.

La présente technologie concerne donc également un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 8 (a) et/ou est un polymère de Formule 8 (b) :



15

dans lesquelles,

A est un groupement organique substitué ou non substitué indépendamment et à chaque occurrence choisi parmi un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un C₁-C₁₀alkylèneoxyC₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié;

20

X₅ et X₆ sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement NH;

R₆ est choisi parmi un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine et un groupement R₇-X₅-A-X₆;

25

R₇ est un groupement réticulable indépendamment à chaque occurrence choisi parmi les groupements acrylate, méthacrylate, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-

méthacrylate, carbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate;

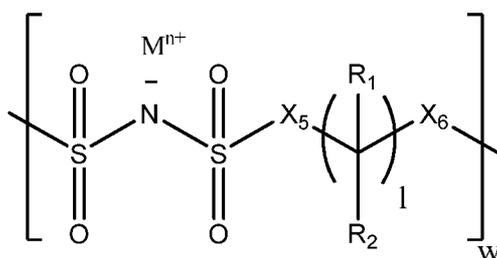
5 Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺; et

v est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

10 Selon un exemple, X₅ et X₆ peuvent être identiques. Par exemple, X₅ et X₆ sont tous deux des atomes d'oxygène, ou tous deux des atomes de soufre, ou tous deux des groupements NH. Selon une variante d'intérêt, X₅ et X₆ sont tous deux des atomes d'oxygène. Selon une autre variante d'intérêt, X₅ et X₆ sont tous deux des groupements NH.

15 Selon un autre exemple, le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre exemple, le polymère ionique comprend au moins un motif de répétition de Formule 9 :



Formule 9

20 dans laquelle,

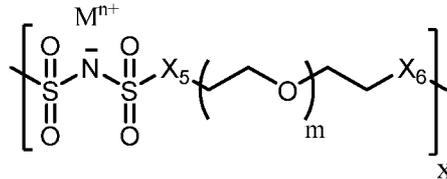
Mⁿ⁺, R₁, R₂, l, X₅ et X₆ sont tels qu'ici définis; et

w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un exemple, le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre exemple, le polymère ionique comprend au moins un motif de répétition de Formule 10 :

5



Formule 10

dans laquelle,

M^{n+} , m , X_5 et X_6 sont tels qu'ici définis; et

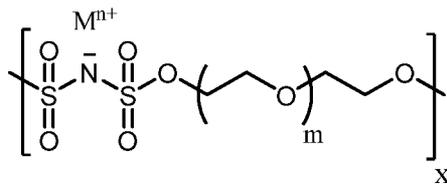
10

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

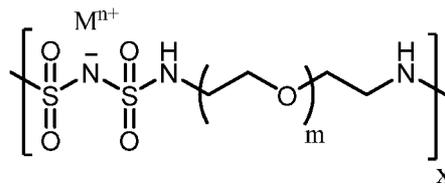
Selon un exemple, le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15

Selon une variante d'intérêt, X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène ou sont tous deux des groupements NH et le polymère ionique est de Formules 10 (a) ou 10 (b) :



Formule 10 (a)

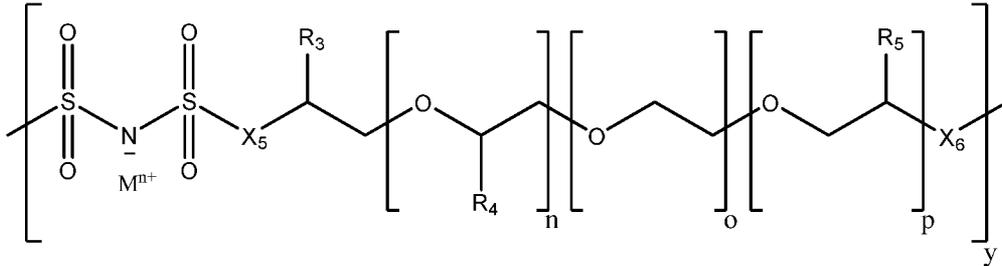


Formule 10 (b)

dans lesquelles,

M^{n+} , m , et x sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple, le polymère ionique comprend au moins un motif de répétition de Formule 11 :



Formule 11

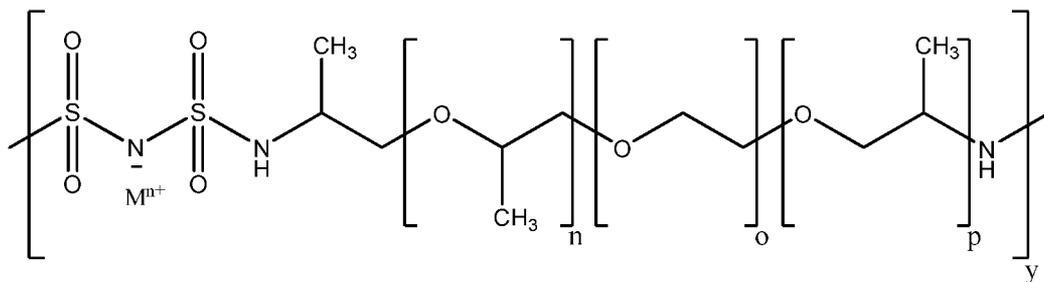
dans laquelle,

5 M^{n+} , R_3 , R_4 , R_5 , n , o , p , X_5 et X_6 sont tels qu'ici définis; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

10 Selon un exemple, le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon une variante d'intérêt, X_5 et X_6 sont tous deux des groupements NH, R_3 , R_4 et R_5 sont des groupements méthyles et le polymère ionique est de Formule 11 (a) :

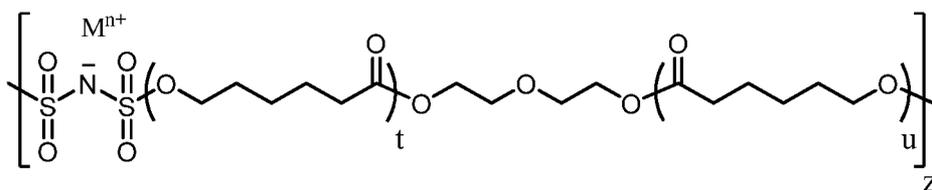


Formule 11 (a)

15 dans laquelle,

M^{n+} , n , o , p et y sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple, le polymère ionique comprend au moins un motif de répétition de Formule 12 :



Formule 12

dans laquelle,

M^{n+} , t et u sont tels qu'ici définis; et

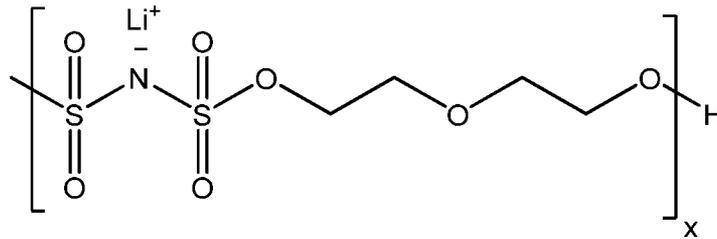
z est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un exemple, le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

10 Selon un autre exemple, le polymère ionique peut être un prépolymère ionique. Selon un autre exemple, le polymère ionique peut être un copolymère ionique.

La technologie concerne aussi le polymère ionique tel que défini ci-dessus, dans lequel ledit polymère ionique est un polymère ionique réticulé. Selon un exemple, le polymère ionique peut comprendre en outre au moins un groupement fonctionnel réticulable. Selon un autre exemple, le groupement fonctionnel réticulable peut être un groupement terminal et être présent à au moins une extrémité de la chaîne carbonée du polymère ionique. Selon un autre exemple, le groupement fonctionnel réticulable peut être présent sur une chaîne latérale de la chaîne carbonée du polymère ionique. Selon un autre exemple, le groupement fonctionnel réticulable peut être présent à au moins une extrémité de la chaîne carbonée du polymère ionique et sur une chaîne latérale de celui-ci. Par exemple, le groupement fonctionnel réticulable peut être choisi parmi les groupements cyanate, acrylate et méthacrylate. Selon un exemple d'intérêt, le groupement fonctionnel réticulable peut être choisi parmi les groupements C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, carbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate et carbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate.

Selon un exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 13 :

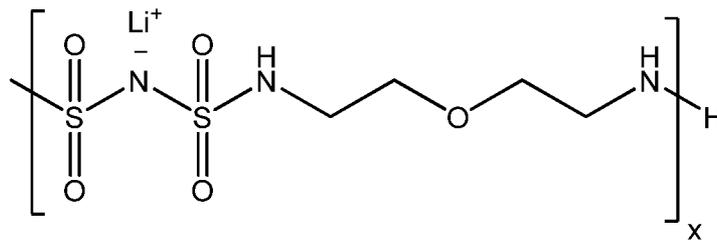


Formule 13

dans laquelle,

5 x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 14 :

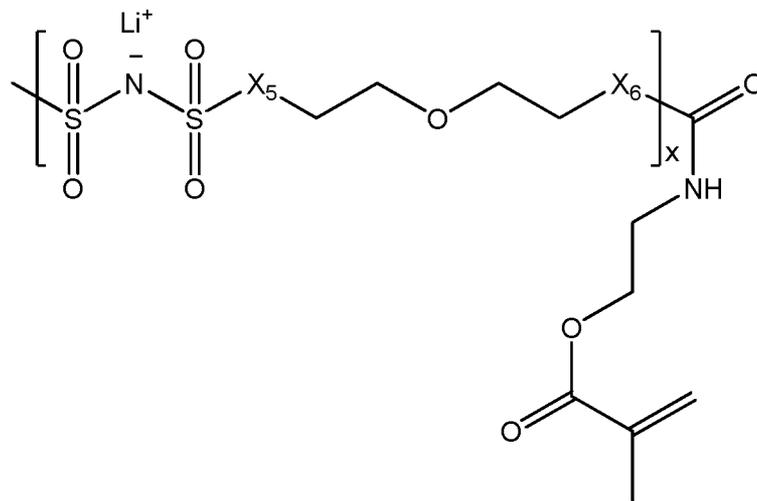


Formule 14

dans laquelle,

10 x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 15 :

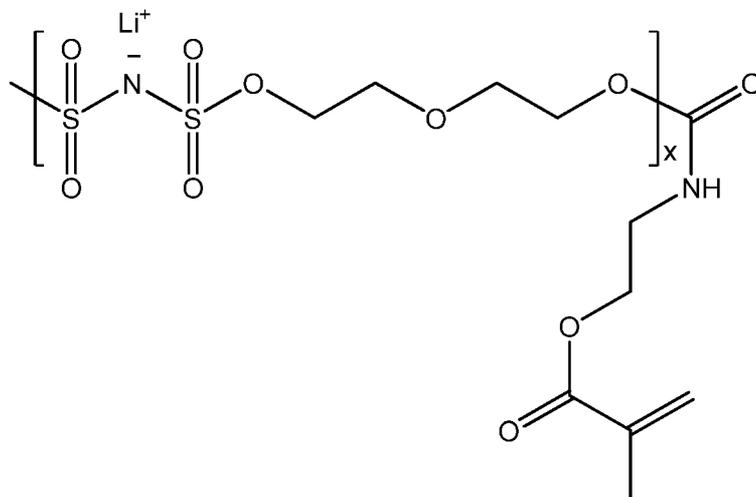


Formule 15

dans laquelle,

X_5 , X_6 et x sont tels qu'ici définis.

Selon un exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 15 (a) :

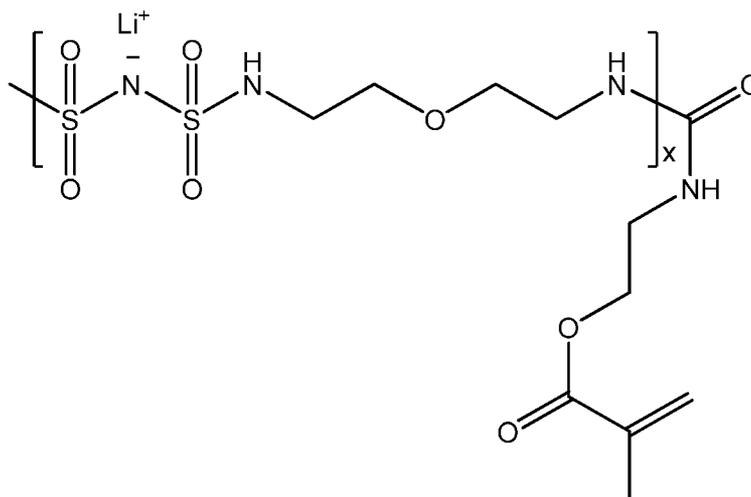


Formule 15 (a)

dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 15 (b) :

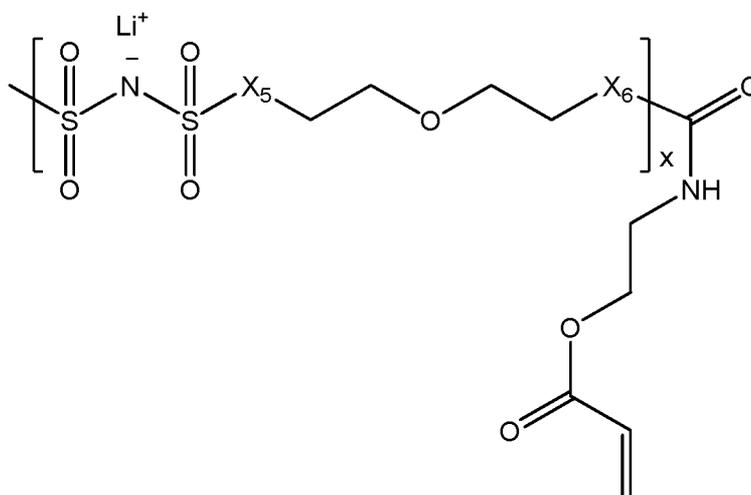


Formule 15 (b)

dans laquelle,

5 x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 16 :

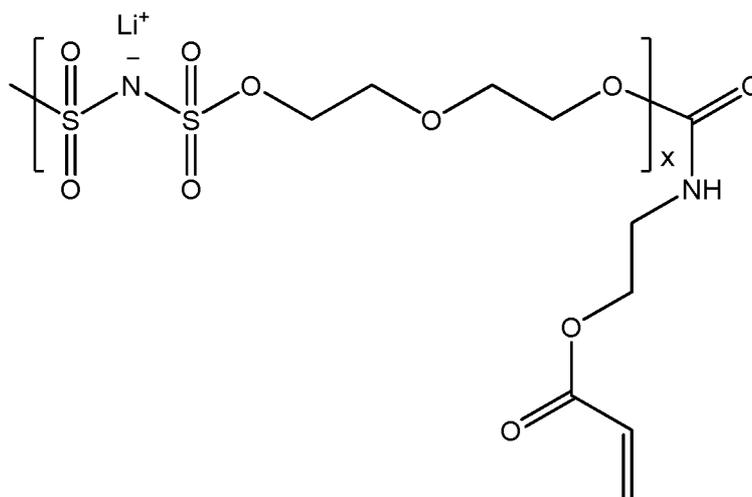


Formule 16

dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 16 (a) :

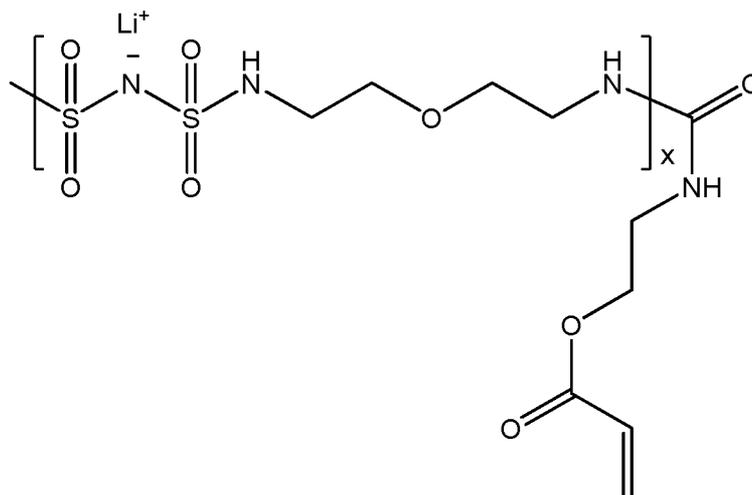


Formule 16 (a)

5 dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 16 (b) :

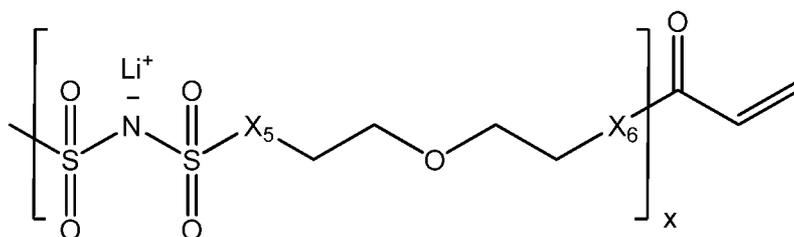


Formule 16 (b)

dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 17 :



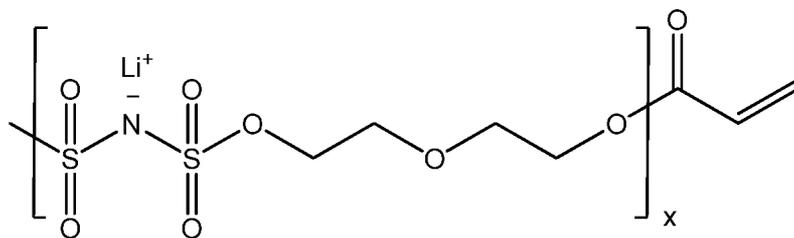
Formule 17

5

dans laquelle,

X_5 , X_6 et x sont tels qu'ici définis.

Selon un exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 17 (a) :



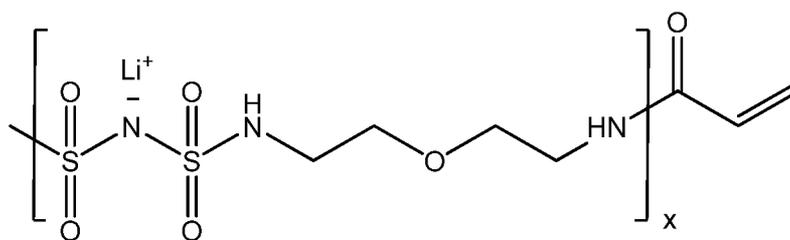
Formule 17 (a)

10

dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 17 (b) :



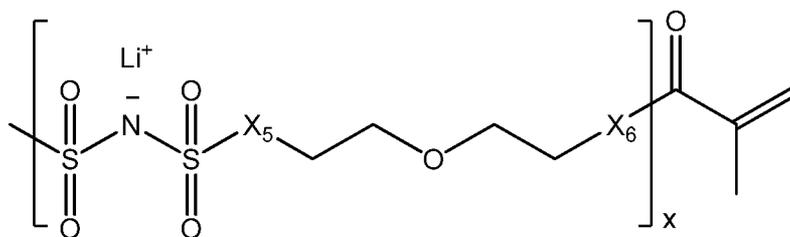
Formule 17 (b)

dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique

5 comprenant au moins un fragment de Formule 18 :



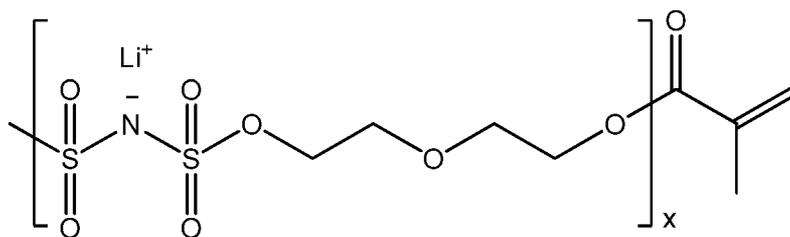
Formule 18

dans laquelle,

X₅, X₆ et x sont tels qu'ici définis.

Selon un exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au

10 moins un fragment de Formule 18 (a) :

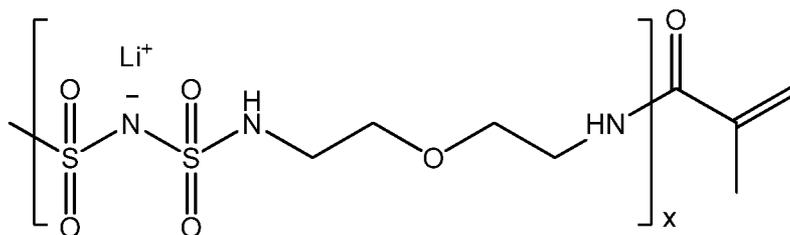


Formule 18 (a)

dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 18 (b) :

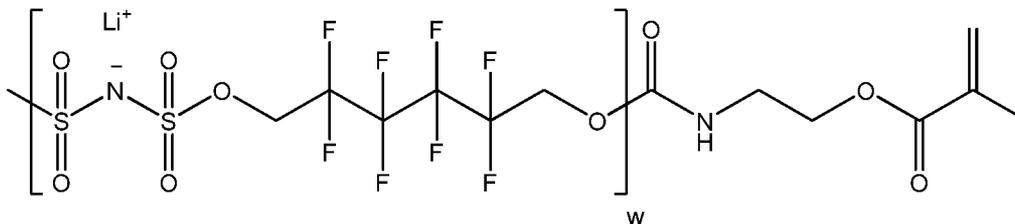


Formule 18 (b)

5 dans laquelle,

x est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 19 :

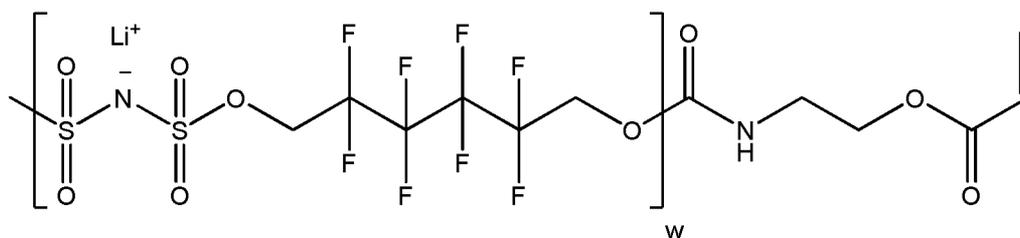


Formule 19

10 dans laquelle,

w est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 20 :

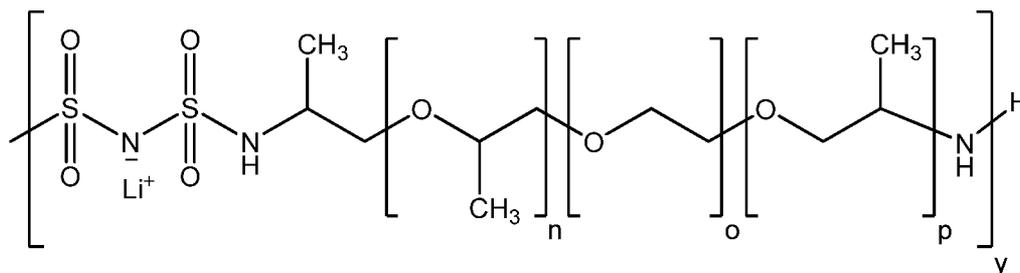


Formule 20

dans laquelle,

w est tel qu'ici défini.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique
5 comprenant au moins un fragment de Formule 21 :

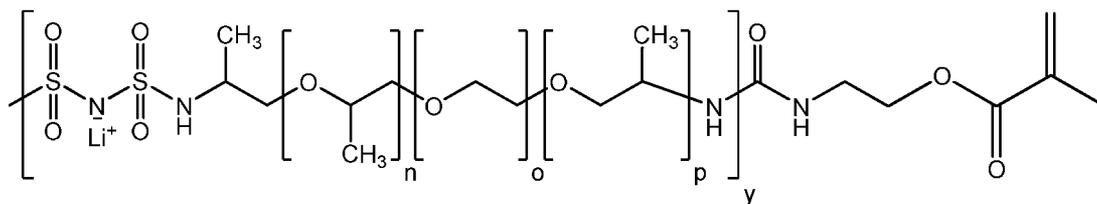


Formule 21

dans laquelle,

n, o, p et y sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique
10 comprenant au moins un fragment de Formule 22 :

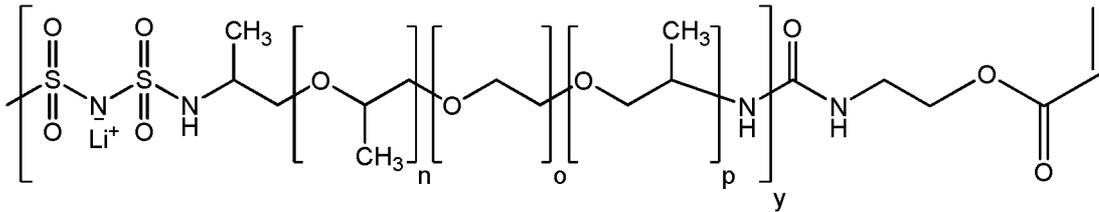


Formule 22

dans laquelle,

n, o, p et y sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 23 :

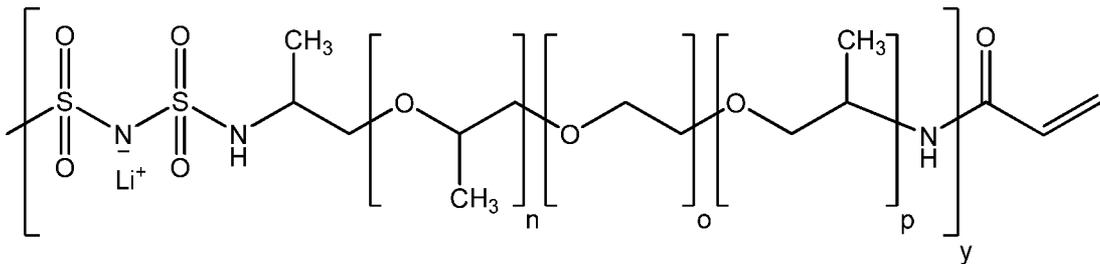


Formule 23

dans laquelle,

- 5 n, o, p et y sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 24 :

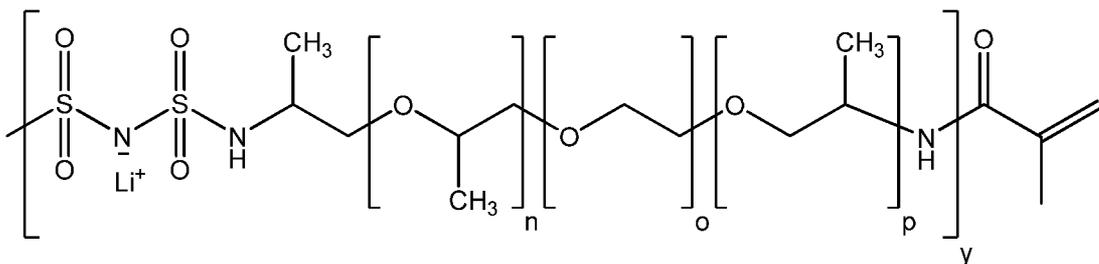


Formule 24

dans laquelle,

- 10 n, o, p et y sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 25 :

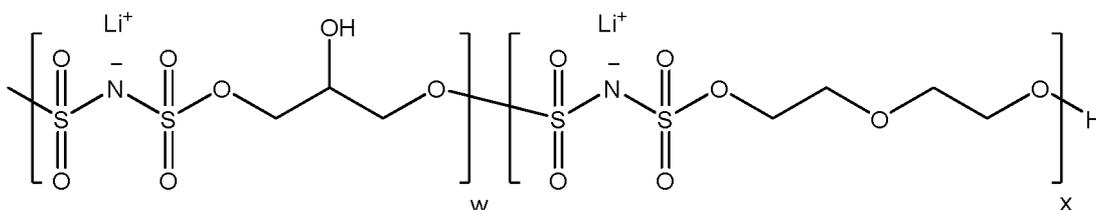


Formule 25

dans laquelle,

n, o, p et y sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un copolymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 26 :

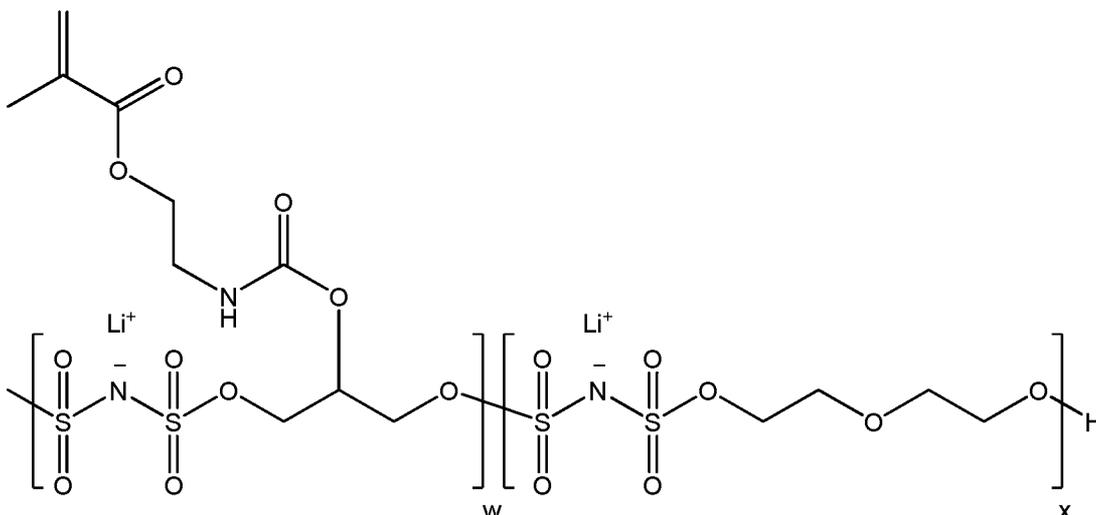


Formule 26

5 dans laquelle,

w et x sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un copolymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 27 :

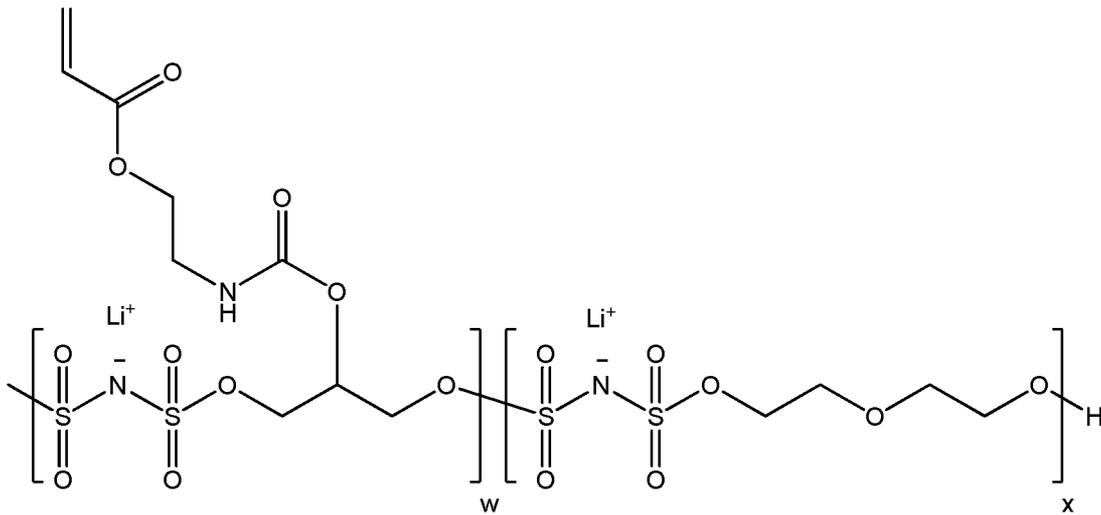


Formule 27

10 dans laquelle,

w et x sont tels qu'ici définis.

Selon un autre exemple d'intérêt, le polymère ionique peut être un copolymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 28 :



Formule 28

dans laquelle,

w et x sont tels qu'ici définis.

La présente technologie concerne également une composition polymérique comprenant un polymère ionique tel que défini ci-dessus.

Selon un exemple, la composition polymérique ou le polymère ionique peut éventuellement inclure en outre au moins une composante additionnelle ou un additif tel que des conducteurs ioniques, des particules inorganiques, des particules de verre, des particules de céramique (par exemple, des nano céramiques), des sels et autres additifs similaires, ou leurs combinaisons. Par exemple, la composante additionnelle ou l'additif peut être un additif de remplissage et peut inclure des particules ou des nanoparticules d'oxydes métalliques. Par exemple, l'additif de remplissage peut inclure des particules ou nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et/ou de dioxyde de silicium (SiO_2).

La technologie concerne aussi un procédé de préparation d'un polymère ionique ou d'une composition polymérique tels que définis dans la présente demande, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- (i) préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2; et

- (ii) réaction d'au moins un composé de Formule 1 incluant au moins deux groupements fonctionnels tel que décrit ci-dessus avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2.

Selon un exemple, le procédé comprend en outre une étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide. Par exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide peut être effectuée par la réaction de l'acide sulfamique (H_2NSO_3) avec un acide halosulfonique de formule HSO_3X_3 (dans laquelle X_3 est tel que défini ci-dessus) en présence d'au moins un agent d'halogénéation. Par exemple, la préparation d'un bis(halosulfonyl)imide peut être effectuée par un procédé tel que décrit par Beran *et al.*, et peut être tel qu'illustré dans le Schéma 1 ci-dessous (Beran *et al.*, *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie* 631.1 (2005): 55-59) :

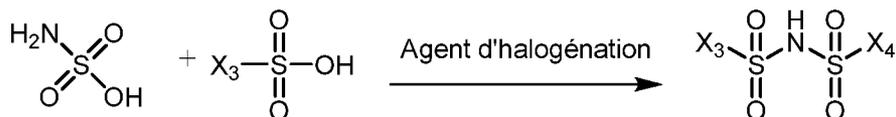


Schéma 1

dans lequel, X_3 et X_4 sont tels que définis ci-dessus.

- 15 Selon une variante d'intérêt, le bis(halosulfonyl)imide est le bis(chlorosulfonyl)imide ($\text{HN}(\text{SO}_2\text{Cl})_2$).

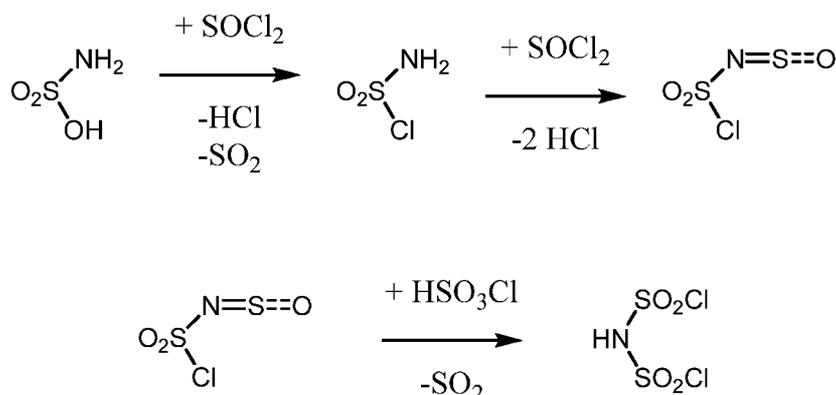
Selon un exemple, le bis(chlorosulfonyl)imide peut être préparé par la réaction de l'acide sulfamique avec l'acide chlorosulfonique (HSO_3Cl) en présence d'au moins un agent d'halogénéation.

- 20 Selon un autre exemple, l'étape de préparation du bis(halosulfonyl)imide peut comprendre en outre une étape de purification. Par exemple, l'étape de purification peut être effectuée par toutes les méthodes de purification compatibles connues. Par exemple, l'étape de purification peut être effectuée par distillation.

- 25 Selon un autre exemple, l'agent d'halogénéation peut être choisi parmi tous les agents d'halogénéation compatibles connus. Par exemple, l'agent d'halogénéation peut également servir de milieu réactionnel et/ou de solvant et peut être choisi pour sa facilité d'isolation lors d'une éventuelle étape de purification subséquente. Par exemple, l'agent

d'halogénéation peut être choisi parmi le trichlorure de phosphore (PCl₃), le pentachlorure de phosphore (PCl₅), le chlorure de thionyle (SOCl₂), le fluorure de thionyle (SOF₂), l'oxychlorure de phosphore (POCl₃) et le chlorure d'oxalyle ((COCl)₂). Par exemple, l'agent d'halogénéation est un agent chlorant. Selon une variante d'intérêt, l'agent d'halogénéation est le chlorure de thionyle.

Sans vouloir être lié par la théorie, le chlorure de thionyle peut, par exemple, réagir avec le groupement amine pour former un groupement (-N=S=O). Par exemple, le mécanisme de réaction entre l'acide sulfamique et l'acide chlorosulfonique en présence de chlorure de thionyle pourrait donc être tel qu'illustré dans le Schéma 2 :



10

Schéma 2

Par exemple, un équivalent d'acide sulfamique réagit avec un équivalent d'acide chlorosulfonique en présence de deux équivalents de chlorure de thionyle pour former un bis(chlorosulfonyl)imide.

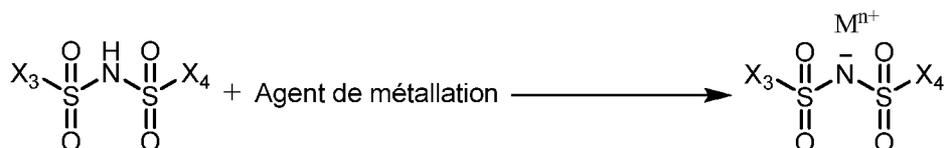
15 Selon un autre exemple, l'agent d'halogénéation (par exemple, le chlorure de thionyle) peut être ajouté en excès. Par exemple, la quantité d'agent d'halogénéation peut être comprise dans l'intervalle allant d'environ 2 équivalents à environ 5 équivalents par rapport l'acide sulfamique, bornes supérieure et inférieure incluses. Par exemple, la quantité d'agent d'halogénéation peut être comprise dans l'intervalle allant d'environ 2 équivalents à environ 4 équivalents, ou allant d'environ 2 équivalents à environ 3 équivalents, ou allant d'environ 2 équivalents à environ 2,75 équivalents, ou allant d'environ 2 équivalents à environ 2,5 équivalents par rapport l'acide sulfamique, bornes supérieures et inférieures incluses.

20

Selon une variante d'intérêt, la quantité d'agent d'halogénéation est d'environ 2,75 équivalents par rapport l'acide sulfamique.

Selon un autre exemple, la réaction entre l'acide sulfamique et l'acide halosulfonique en présence d'au moins un agent d'halogénéation est effectuée à une température suffisamment élevée et pour une durée suffisante afin de permettre une réaction substantiellement complète. Par exemple, la réaction entre l'acide sulfamique et l'acide halosulfonique en présence d'au moins un agent d'halogénéation est effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 60 °C à environ 150 °C, bornes supérieure et inférieure incluses. Par exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide peut être effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 70 °C à environ 145 °C, ou allant d'environ 80 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 90 °C à environ 100 °C, ou allant d'environ 110 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 120 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 125 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 125 °C à environ 135 °C, bornes supérieures et inférieures incluses. Selon une variante d'intérêt, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide peut être effectuée à une température d'environ 130 °C, par exemple, pour une durée d'environ 24 heures.

Selon un autre exemple, le bis(halosulfonyl)imidure de métal est préparé par une réaction de métallation d'un bis(halosulfonyl)imide. Par exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être effectuée par la réaction entre un bis(halosulfonyl)imide et au moins un agent de métallation en présence d'un solvant. Par exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être effectuée par un procédé tel qu'illustré au Schéma 3 :



25

Schéma 3

dans lequel, X₃, X₄ et Mⁿ⁺ sont tels que définis ci-dessus.

Selon un autre exemple, l'agent de métallation peut être choisi parmi tous les agents de métallation compatibles connus. Selon une variante d'intérêt, le métal de l'agent de

métallation est un métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le lithium, le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium. Par exemple, le métal de l'agent de métallation est un métal alcalin choisi parmi le lithium, le sodium et le potassium. Selon une autre variante d'intérêt, le métal alcalin est le lithium, l'agent de métallation est un agent de lithiation et l'étape de métallation est une étape de lithiation. Par exemple, l'agent de lithiation peut être choisi pour sa facilité à déprotomer et à lithier le bis(halosulfonyl)imide, par exemple, le bis(chlorosulfonyl)imide. Selon une variante d'intérêt, le bis(halosulfonyl)imidure de lithium peut être préparé par un procédé tel que décrit par Paul *et al.* (Paul *et al.*, *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry* 39.3 (1977): 441-442).

Des exemples non limitatifs d'agents de lithiation incluent l'hydroxyde de lithium (LiOH), le carbonate de lithium (Li₂CO₃), l'hydrogénocarbonate de lithium (LiHCO₃), l'hydruide de lithium (LiH), le lithium métallique, le chlorure de lithium (LiCl), le bromure de lithium (LiBr), l'iode de lithium, un carboxylate de lithium de formule RCO₂Li (dans laquelle R est un groupe C₁-C₁₀alkyle linéaire ou ramifié ou un hydrocarbure aromatique) et l'oxalate de lithium (C₂Li₂O₄). Selon une variante d'intérêt, l'agent de lithiation est le chlorure de lithium.

Selon un autre exemple, le solvant utilisé à l'étape préparation du bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être un solvant organique, par exemple, un solvant polaire aprotique. Par exemple, le solvant peut être choisi parmi le groupe constitué du N,N-diméthylformamide (DMF), du N-méthyl-2-pyrrolidone (NMP), du diméthylacétamide (DMAc), du tétrachlorométhane, du chloroforme, de l'acétonitrile, du tétrahydrofurane (THF) et d'une combinaison miscible d'au moins deux de ceux-ci. Selon une variante d'intérêt, le solvant de la réaction de métallation est le N,N-diméthylformamide. Par exemple, le solvant peut également servir d'activateur à la réaction de polymérisation subséquente. Selon un exemple, le N,N-diméthylformamide peut former un complexe avec le bis(halosulfonyl)imidure de métal permettant ainsi d'améliorer substantiellement le rendement de l'étape subséquente de réaction d'au moins un composé de Formule 1 tel que décrit ci-dessus avec le bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 tel qu'ici défini. Par exemple, le complexe peut être un complexe tel que décrit par Higashi *et al.* (Higashi *et al.*, *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition* 22, No. 7 (1984): 1653-1660).

Selon un autre exemple, l'agent de métallation peut être ajouté dans un rapport molaire bis(halosulfonyl)imide:agent de métallation de 1:1. Alternativement, l'agent de métallation

peut être ajouté en excès par rapport au bis(halosulfonyl)imide. Par exemple, la quantité d'agent de métallation peut être comprise dans l'intervalle allant d'environ 1 équivalent à environ 5 équivalents par rapport au bis(halosulfonyl)imide, bornes supérieure et inférieure incluses. Par exemple, la quantité d'agent de métallation peut être comprise dans l'intervalle allant d'environ 1 équivalent à environ 4 équivalents, ou allant d'environ 1 équivalent à environ 3 équivalents, ou allant d'environ 1 équivalent à environ 1,5 équivalent, ou allant d'environ 1 équivalent à environ 1,3 équivalent, ou allant d'environ 1 équivalent à environ 1,2 équivalent par rapport au bis(halosulfonyl)imide, bornes supérieures et inférieures incluses. Selon une variante d'intérêt, la quantité d'agent de métallation peut être comprise dans l'intervalle allant d'environ 1 équivalent à environ 1,5 équivalent par rapport au bis(halosulfonyl)imide, bornes supérieure et inférieure incluses.

Selon un autre exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 20 °C à environ 150 °C, bornes supérieure et inférieure incluses. Par exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 30 °C à environ 135 °C, ou allant d'environ 40 °C à environ 130 °C, ou allant d'environ 50 °C à environ 125 °C, ou allant d'environ 60 °C à environ 120 °C, ou allant d'environ 70 °C à environ 115 °C, ou allant d'environ 80 °C à environ 110 °C, ou allant d'environ 90 °C à environ 105 °C, bornes supérieures et inférieures incluses. Selon une variante d'intérêt, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être effectuée à une température d'environ 100 °C.

Selon un autre exemple, l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal ou l'étape de métallation peut être effectuée à une température suffisamment élevée et pour une période de temps suffisante afin que la réaction de métallation soit substantiellement complète.

Par exemple, la réaction de métallation peut être effectuée pour une durée comprise dans l'intervalle allant d'environ 10 heures à environ 48 heures, ou allant d'environ 10 heures à environ 24 heures, ou allant d'environ 12 heures à environ 24 heures, bornes supérieures et inférieures incluses. Selon une variante d'intérêt, la réaction de métallation peut être effectuée pour une durée comprise dans l'intervalle allant d'environ 12 heures à environ 24 heures.

Selon un autre exemple, l'étape de réaction d'au moins un composé de Formule 1 incluant au moins deux groupements fonctionnels tel que décrit ci-dessus avec le bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 tel qu'ici défini est une étape de polymérisation. Par exemple, toutes les méthodes de polymérisation compatibles sont envisagées. Selon une variante d'intérêt, la polymérisation du bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 et d'au moins un composé de Formule 1 peut être effectuée par polycondensation ou par polyestérification, par exemple, par une réaction d'estérification de Fischer (ou estérification de Fischer-Speier) ou par une estérification de Steglich modifiée. Par exemple, la polycondensation peut-être une polycondensation thermique. Selon une variante d'intérêt, la polycondensation peut être effectuée par un procédé tel que décrit par Slavko *et al.* (Slavko *et al.*, *Chemical Science* 8.10 (2017): 7106-7111).

Selon un autre exemple, la réaction d'au moins un composé de Formule 1 tel que décrit ci-dessus avec le bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 peut être effectuée en présence d'un solvant, par exemple, un solvant organique. Par exemple, le solvant peut être choisi parmi le groupe constitué du N,N-diméthylformamide, du N-méthyl-2-pyrrolidone, du diméthylacétamide, du tétrachlorométhane, du chloroforme, de l'acétonitrile, du tétrahydrofurane, et d'une combinaison miscible d'au moins deux de ceux-ci. Selon une variante d'intérêt, le solvant de la réaction de polymérisation est le N,N-diméthylformamide. Par exemple, le solvant peut également servir d'activateur lors de la réaction de polymérisation.

Selon un autre exemple, la polymérisation peut être optionnellement effectuée en présence d'au moins un catalyseur de polymérisation et éventuellement d'au moins un co-catalyseur et/ou éventuellement d'au moins un catalyseur d'acylation. Selon un autre exemple, la polymérisation peut également être effectuée en présence d'une base et sans catalyseur de polymérisation. Par exemple, tous les catalyseurs de polymérisation, co-catalyseurs, catalyseurs d'acylation et bases compatibles sont envisagés. Selon un exemple, le catalyseur de polymérisation peut être un catalyseur acide (par exemple, un catalyseur acide de Lewis). Par exemple, le catalyseur de polymérisation peut être un catalyseur à base de bore, un catalyseur à base d'acide borique, un catalyseur à base d'acide boronique, ou un catalyseur à base d'acide borinique tel que décrit par Slavko *et al.* (Slavko *et al.*, *Chemical Science* 8.10 (2017): 7106-7111). Des exemples non limitatifs de catalyseurs de polymérisation à base de bore incluent les acides diarylboriniques de formule Ar_2BOH (dans laquelle Ar est un groupement aryle), l'acide diphénylborinique,

l'acide phénylboronique, l'acide trifluorophényl boronique, le 9H-9-bora-10-thiaanthracène-9-ol, le 10H-phénoxaborinin-10-ol, le tribromure de bore (BBr_3), le trichlorure de bore (BCl_3), les fluoborates d'acyle, le fluoborate de triéthylxonium, l'éthérate de trifluorure de bore, le trifluorure de bore (BF_3), le tris(pentafluorophényl) de bore, et d'autres catalyseurs dérivés du bore similaires, ou une combinaison d'au moins deux de ceux-ci lorsque compatibles.

Selon un autre exemple, le catalyseur de polymérisation peut être un catalyseur nucléophile. Par exemple, la polymérisation peut être catalysée par une base telle que la pyridine, la 4-diméthylaminopyridine (DMAP) et les dérivés de pyridine.

Selon un autre exemple, la polymérisation peut être réalisée en présence d'une base telle que la triéthylamine (Et_3N), la N,N-diisopropyléthylamine (iPr_2NEt), la pyridine et les dérivés de pyridine. Selon une variante d'intérêt, la base est la triéthylamine. Par exemple, la base peut servir à déprotomer le catalyseur ou à régénérer celui-ci. La base peut également servir à neutraliser l'acide libéré au cours de la réaction (par exemple, l'acide chlorhydrique (HCl)).

Selon une variante d'intérêt, la polymérisation peut être effectuée en présence de triéthylamine, d'acide diphenylborinique ou d'acide trifluorophényl boronique, de N,N-diméthylformamide et de 4-diméthylaminopyridine. Selon une autre variante d'intérêt, la polymérisation peut être effectuée en présence de triéthylamine, d'acide diphenylborinique ou d'acide trifluorophényl boronique et de N,N-diméthylformamide. Alternativement, la polymérisation peut être effectuée en présence de N,N-diméthylformamide et éventuellement d'une base sans addition d'un catalyseur, d'un co-catalyseur et/ou d'un catalyseur d'acylation.

Selon un autre exemple, la polymérisation peut être effectuée par un procédé tel qu'illustré dans le Schéma 4 :

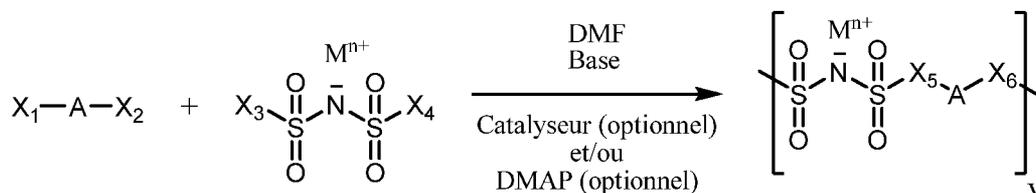


Schéma 4

dans lequel, X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 , M^{n+} , A et v sont tels que définis précédemment.

Selon un autre exemple, le procédé comprend en outre une étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation. Par exemple, une post-fonctionnalisation du polymère ionique est effectuée en prévision de sa réticulation.

5 L'étape de post-fonctionnalisation du polymère ionique peut donc éventuellement être effectuée afin de fonctionnaliser le polymère ionique par l'introduction d'au moins un groupement fonctionnel tel que défini ci-dessus, par exemple, un groupement fonctionnel réticulable. Le groupement fonctionnel réticulable peut être présent sur au moins une extrémité de la chaîne carbonée du polymère ionique et/ou sur une chaîne latérale de
10 celui-ci. Par exemple, au moins un groupement terminal ou un substituant dans la chaîne carbonée du polymère ionique (par exemple, R_1 et/ou R_2) comprend des fonctionnalités permettant la réticulation dudit polymère ionique. Dans certains cas, la présence d'un tel groupement fonctionnel peut contribuer à la modulation des propriétés du polymère ionique.

15 L'étape optionnelle de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation peut être effectuée par la réaction entre au moins un groupement fonctionnel du polymère ionique et au moins un précurseur d'un groupement fonctionnel réticulable. Par exemple, le groupement fonctionnel réticulable est choisi parmi les groupements acrylate, méthacrylate, C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-
20 méthacrylate, oxycarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, aminocarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, carbonyloxy- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, carbonyloxy- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, carbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate et carbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate.

25 Selon un autre exemple, la réaction de post-fonctionnalisation peut être choisie parmi une réaction d'estérification et une réaction d'amidation. Par exemple, la réaction de post-fonctionnalisation peut être une estérification de Fisher, une estérification de Steglich, ou une réaction telle que décrite dans le brevet américain numéro 7,897,674 B2 (Zaghib *et al.*). Selon un autre exemple, un polymère ionique ayant une fonction carbamate peut être
30 obtenu par la réaction entre du méthacrylate de 2-isocyanatoéthyle avec un groupement fonctionnel du polymère ionique. Selon un autre exemple, un polymère ionique ayant une fonction acrylate peut être obtenu par la réaction entre un groupement fonctionnel du

polymère ionique avec un acide acrylique ($\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$), un acide méthacrylique ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$), un chlorure d'acryloyle ($\text{CH}_2=\text{CHCO}(\text{Cl})$), un chlorure de méthacryloyle ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CO}(\text{Cl})$), ou un autre dérivé compatible de l'acide carboxylique.

- 5 Selon un autre exemple, le procédé comprend en outre une étape de substitution d'au moins un atome d'halogène, par exemple, un atome de chlore. Par exemple, l'étape de substitution peut être réalisée par une réaction de substitution nucléophile d'atomes d'halogène avec un réactif nucléophile. Selon un exemple, le réactif nucléophile peut être un sel, par exemple, un sel de lithium comme le bis(trifluorométhanesulfonyl)imidure de lithium (LiTFSI) ou un sel d'argent comme le tétrafluoroborate d'argent (AgBF_4). Selon 10 une variante d'intérêt, l'étape de substitution peut être réalisée par la substitution nucléophile d'au moins un atome de chlore par un anion (par exemple, TFSI ou BF_4). Selon un exemple, le polymère ionique est mis en contact pour réagir avec au moins un réactif nucléophile. Par exemple, le polymère ionique peut être mis en contact avec une 15 quantité suffisante du réactif nucléophile à une température suffisamment élevée et pour une durée suffisante de temps afin d'assurer une réaction de substitution nucléophile substantiellement complète. Par exemple, le polymère ionique peut être mis en contact avec environ 10 % en poids de LiTFSI à une température d'environ 40°C pendant environ 2 heures afin d'assurer une réaction de substitution nucléophile substantiellement 20 complète. Par exemple, le réactif nucléophile peut ensuite être éliminé par filtration et précipitation dans un solvant approprié, par exemple, l'acétate d'éthyle ou le méthanol.

Selon un autre exemple, le procédé comprend en outre une étape de séparation ou de purification. L'étape de séparation ou de purification peut être effectuée par des méthodes de séparation ou de purification compatibles connues. Par exemple, l'étape de séparation 25 ou de purification peut être effectuée par une méthode de séparation basée sur le poids moléculaire. L'étape de séparation ou de purification peut être effectuée par une méthode de chromatographie en phase liquide (par exemple, la chromatographie d'exclusion stérique) ou une méthode de filtration (par exemple, une méthode de filtration sur membrane ou séparation membranaire). Par exemple, l'étape de séparation ou de 30 purification est effectuée par une méthode de filtration membranaire (par exemple, la nanofiltration ou ultrafiltration). L'étape de séparation ou de purification peut être effectuée par ultrafiltration dans certains modes de réalisation. Par exemple, l'ultrafiltration peut être effectuée avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire («

molecular weight cut off (MWCO) » en anglais) de 1 000 DA (daltons) (ou 1.66×10^{-15} µg), afin de séparer les impuretés à faible poids moléculaire (par exemple, inférieur à 1 000 DA) du polymère ionique. Selon un autre exemple, l'étape de séparation ou de purification peut être effectuée avant et/ou après l'étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation.

Selon un autre exemple, le procédé comprend en outre une étape d'enduction (aussi appelée épandage) de la composition polymérique ou d'une suspension comprenant ledit polymère ionique tel que décrit ci-dessus. Par exemple, ladite étape d'enduction peut être effectuée par au moins une méthode d'enduction à la racle (« *doctor blade coating* » en anglais), une méthode d'enduction à intervalle de transfert (« *comma coating* » en anglais), une méthode d'enduction à intervalle de transfert inversé (« *reverse-comma coating* » en anglais), une méthode d'impression telle que la gravure (« *gravure coating* » en anglais), ou une méthode d'enduction fente (« *slot-die coating* » en anglais). Selon une variante d'intérêt, ladite étape d'enduction est effectuée par une méthode d'enduction à la racle ou une méthode d'enduction fente. Selon un exemple, la composition polymérique ou la suspension comprenant le polymère ionique peut être enduite sur un substrat ou film de support (par exemple, un substrat fait de silicone, de polypropylène ou de polypropylène siliconé). Par exemple, ledit substrat ou film de support peut être retiré subséquemment. Selon un autre exemple, la composition polymérique ou la suspension comprenant le polymère ionique peut être enduite directement sur une électrode.

Selon un autre exemple, le procédé comprend en outre une étape de séchage de la composition polymérique ou du polymère ionique tels que définis ci-dessus. Selon un exemple, l'étape de séchage peut être effectuée afin de retirer tout solvant résiduel. Selon un autre exemple, l'étape de séchage et l'étape d'enduction peuvent être effectuées simultanément et/ou séparément.

Selon un autre exemple, le procédé comprend en outre une étape de réticulation de la composition polymérique ou du polymère ionique tels que définis précédemment. Par exemple, au moins un groupement terminal ou un substituant sur la chaîne carbonée du polymère ionique (par exemple, R₁ et/ou R₂) comprend au moins un groupement fonctionnel permettant la réticulation du polymère ionique. Selon un autre exemple, l'étape de réticulation peut être effectuée par irradiation UV, par traitement thermique, par irradiation aux micro-ondes, sous un faisceau d'électrons, par irradiation gamma ou par

irradiation aux rayons X. Selon une variante d'intérêt, l'étape de réticulation est effectuée par irradiation UV. Selon une autre variante d'intérêt, l'étape de réticulation est effectuée par traitement thermique. Selon une autre variante d'intérêt, l'étape de réticulation est effectuée sous un faisceau d'électrons. Selon un autre exemple, l'étape de réticulation
5 peut être effectuée en présence d'un agent réticulant, d'un initiateur thermique, d'un photoinitiateur, d'un catalyseur, d'un agent plastifiant ou d'une combinaison d'au moins deux de ceux-ci. Par exemple, le photoinitiateur est le 2,2-diméthoxy-2-phénylacétophénone (Irgacure™ 651). Par exemple, la composition polymérique et le polymère ionique peuvent se solidifier après réticulation.

10 La présente technologie concerne également l'utilisation d'une composition polymérique ou d'un polymère ionique tels que définis ci-dessus dans des applications électrochimiques.

Selon un exemple, la composition polymérique ou le polymère ionique peuvent être utilisés dans des cellules électrochimiques, des batteries, des supercondensateurs (par
15 exemple, un supercondensateur carbone-carbone, des supercondensateurs hybrides, etc.). Selon un autre exemple, la composition polymérique ou le polymère ionique peuvent être utilisés dans des matériaux électrochromes, des cellules électrochromes, des dispositifs électrochromes (ECD) et des capteurs électrochromes comme ceux décrits dans le brevet US 5,356,553.

20 Selon un autre exemple, la composition polymérique telle qu'ici définie peut être une composition d'électrolyte polymère solide. Selon un autre exemple, la composition polymérique telle qu'ici définie peut être utilisée en tant que composante d'un matériau d'électrode, par exemple, comme liant dans un matériau d'électrode.

La présente technologie concerne donc également un électrolyte polymère solide
25 comprenant un polymère ionique tel que défini ci-dessus ou une composition polymérique telle que définie ci-dessus (c'est-à-dire comprenant un polymère ionique tel que défini ci-dessus), où le polymère ionique peut être éventuellement réticulé si des groupes fonctionnels réticulables sont présents dans celui-ci.

Selon un exemple, la composition d'électrolyte polymère solide ou l'électrolyte polymère
30 solide tels que définis ci-dessus peuvent comprendre en outre au moins un sel. Par

exemple, le sel peut être dissous dans la composition d'électrolyte polymère solide ou dans l'électrolyte polymère solide.

Le sel peut être un sel ionique tel qu'un sel de lithium, de sodium, de potassium, de calcium ou de magnésium. Selon une variante d'intérêt, le sel ionique est un sel de lithium.

5 Des exemples non limitatifs de sels de lithium incluent l'hexafluorophosphate de lithium (LiPF_6), le bis(trifluorométhanesulfonyl)imidure de lithium (LiTFSI), le bis(fluorosulfonyl)imidure de lithium (LiFSI), le 2-trifluorométhyl-4,5-dicyano-imidazolate de lithium (LiTDI), le 4,5-dicyano-1,2,3-triazolate de lithium (LiDCTA), le bis (pentafluoroéthylsulfonyl)imidure de lithium (LiBETI), le tétrafluoroborate de lithium
10 (LiBF_4), le bis(oxalato)borate de lithium (LiBOB), le nitrate de lithium (LiNO_3), le chlorure de lithium (LiCl), le bromure de lithium (LiBr), le fluorure de lithium (LiF), le perchlorate de lithium (LiClO_4), l'hexafluoroarsénate de lithium (LiAsF_6), le trifluorométhanesulfonate de lithium (LiSO_3CF_3) (LiTf), le fluoroalkylphosphate de lithium $\text{Li}[\text{PF}_3(\text{CF}_2\text{CF}_3)_3]$ (LiFAP), le tétrakis(trifluoroacétoxy)borate de lithium $\text{Li}[\text{B}(\text{OCOCF}_3)_4]$ (LiTFAB), le bis(1,2-
15 benzenediolato(2-)-O,O')borate de lithium $\text{Li}[\text{B}(\text{C}_6\text{O}_2)_2]$ (LiBBB) et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci. Selon une variante d'intérêt, le sel de lithium peut être le LiPF_6 . Selon une autre variante d'intérêt, le sel de lithium peut être le LiFSI . Selon une autre variante d'intérêt, le sel de lithium peut être le LiTFSI . Des exemples non limitatifs de sels de sodium incluent les sels décrits ci-dessus où l'ion lithium est remplacé par un ion
20 sodium. Des exemples non limitatifs de sels de potassium incluent les sels décrits ci-dessus où l'ion lithium est remplacé par un ion potassium. Des exemples non limitatifs de sels de calcium incluent les sels décrits ci-dessus où l'ion lithium est remplacé par un ion calcium et où le nombre d'anions présent dans le sel en ajusté à la charge de l'ion calcium. Des exemples non limitatifs de sels de magnésium incluent les sels décrits ci-dessus où
25 l'ion lithium est remplacé par un ion magnésium et où le nombre d'anions présent dans le sel en ajusté à la charge de l'ion magnésium.

Selon un autre exemple, la composition d'électrolyte polymère solide ou l'électrolyte polymère solide tels que définis ci-dessus peuvent en outre éventuellement inclure des
30 composantes additionnelles ou des additifs tels que des matériaux conducteurs ioniques, des particules inorganiques, des particules de verre, des particules de céramique (par exemple, des nano céramiques), d'autres additifs similaires, ou une combinaison d'au moins deux de ceux-ci. Par exemple, la composante additionnelle ou l'additif peut être choisi pour sa conductivité ionique élevée et peut notamment être ajouté afin d'améliorer

la conduction des ions lithium. Selon une variante d'intérêt, la composante additionnelle ou l'additif peut être choisi parmi les composés de type NASICON, LISICON, thio-LISICON, les grenats (« *garnet* » en anglais), de forme cristalline et/ou amorphe, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

- 5 Selon un autre exemple, l'électrolyte polymère solide peut être sous forme de film mince. Par exemple, le film comprend au moins une couche électrolytique incluant l'électrolyte polymère solide. Dans certains cas, des composantes additionnelles ou des additifs définis ci-dessus peuvent être inclus et/ou substantiellement dispersés dans la couche électrolytique ou séparément dans une couche conductrice d'ions, par exemple, déposée
- 10 sur la couche électrolytique.

La présente technologie concerne également un matériau d'électrode comprenant au moins un matériau électrochimiquement actif et un polymère ionique défini ci-dessus ou une composition polymérique telle qu'ici définie (c'est-à-dire comprenant un polymère ionique tel qu'ici défini). Selon un exemple, le polymère ionique sert de liant dans le

15 matériau d'électrode. Selon un exemple, le matériau d'électrode est un matériau d'électrode positive. Selon un autre exemple, le matériau d'électrode est un matériau d'électrode négative.

Selon un exemple, le matériau électrochimiquement actif peut être sous la forme de particules. Des exemples non limitatifs de matériaux électrochimiquement actifs incluent

20 les oxydes de métal, les oxydes de métal et de lithium, les phosphates de métal, les phosphates de métal lithié, les titanates et les titanates de lithium.

Par exemple, le métal du matériau électrochimiquement actif peut être choisi parmi les éléments : titane (Ti), fer (Fe), magnésium (Mg), manganèse (Mn), vanadium (V), nickel (Ni), cobalt (Co), aluminium (Al), chrome (Cr), cuivre (Cu), antimoine (Sb) et une

25 combinaison d'au moins deux d'entre eux, lorsque compatible. Selon une variante d'intérêt, le métal du matériau électrochimiquement actif peut être choisi parmi le titane (Ti), le fer (Fe), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn), le vanadium (V), le nickel (Ni), le cobalt (Co), l'aluminium (Al) et une combinaison d'au moins deux d'entre eux, lorsque compatible.

30 Des exemples non limitatifs de matériaux électrochimiquement actifs incluent également les titanates et les titanates de lithium (par exemple, TiO_2 , Li_2TiO_3 , $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, $\text{H}_2\text{Ti}_5\text{O}_{11}$,

H₂Ti₄O₉ et leurs combinaisons), les phosphates de métal et les phosphates de métal lithiés (par exemple, LiM'PO₄ et M'PO₄, où M' est choisi parmi Fe, Ni, Mn, Mg, Co et leurs combinaisons), les oxydes de vanadium et les oxydes de vanadium et de lithium (par exemple, LiV₃O₈, V₂O₅, LiV₂O₅ et similaires), et d'autres oxydes de métal et de lithium de
5 formules LiMn₂O₄, LiM''O₂ (où M'' est choisi parmi Mn, Co, Ni et leurs combinaisons), Li(NiM''')O₂ (où M''' est choisi parmi Mn, Co, Al, Fe, Cr, Ti, Zr, un autre métal similaire et leurs combinaisons) et une combinaison d'au moins deux d'entre eux, lorsque compatibles.

Selon un autre exemple, le matériau électrochimiquement actif peut éventuellement être
10 dopé avec d'autres éléments ou impuretés, qui peuvent être inclus en plus petites quantités, par exemple, pour moduler ou optimiser ses propriétés électrochimiques. Par exemple, le matériau électrochimiquement actif peut être dopé par la substitution partielle du métal par d'autres ions. Par exemple, le matériau électrochimiquement actif peut être dopé avec un métal de transition (par exemple, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ou Y)
15 et/ou un métal autre qu'un métal de transition (par exemple, Mg, Al ou Sb).

Selon un autre exemple, le matériau électrochimiquement actif peut être sous forme de particules (par exemple, de microparticules et/ou de nanoparticules) qui peuvent être fraîchement formées ou de source commerciale et peuvent en outre comprendre un matériau d'enrobage. Le matériau d'enrobage peut être un matériau conducteur
20 électronique, par exemple, l'enrobage peut être un enrobage de carbone.

Selon un autre exemple, le matériau d'électrode est un matériau d'électrode négative comprenant, par exemple, un titanate de lithium enrobé de carbone (c-LTO) comme matériau électrochimiquement actif.

Selon un autre exemple, le matériau d'électrode peut également éventuellement
25 comprendre des composantes additionnelles ou des additifs tels que des conducteurs ioniques, des particules inorganiques, des particules de verre ou de céramique, des nanocéramiques (par exemple, Al₂O₃, TiO₂, SiO₂ et d'autres composés similaires), des sels (par exemple, des sels de lithium) et d'autres additifs similaires. Par exemple, la composante additionnelle ou l'additif peut être un conducteur ionique choisi parmi les
30 composés de type NASICON, LISICON, thio-LISICON, les grenats, les sulfures, les

halogénures de soufre, phosphates et thio-phosphates, de forme cristalline et/ou amorphe, et une combinaison d'au moins deux d'entre eux.

Selon un autre exemple, le matériau d'électrode tel qu'ici défini peut comprendre en outre un matériau conducteur électronique. Des exemples non limitatifs de matériau conducteur électronique comprennent le noir de carbone (par exemple, le carbone Ketjen^{MC} et le carbone Super P^{MC}), le noir d'acétylène (par exemple, le carbone Shawinigan et le noir de carbone Denka^{MC}), le graphite, le graphène, les fibres de carbone (par exemple, les fibres de carbone formées en phase gazeuse (VGCFs)), les nanofibres de carbone, les nanotubes de carbone (NTCs) et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

5 La présente technologie concerne également une électrode comprenant le matériau d'électrode tel que défini ici sur un collecteur de courant (par exemple, aluminium ou cuivre). Alternativement, l'électrode peut être une électrode autosupportée. Selon une variante d'intérêt, l'électrode telle qu'ici définie est une électrode positive. Selon une autre variante d'intérêt, l'électrode telle qu'ici définie est une électrode négative.

15 La présente technologie concerne également une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte, dans laquelle au moins un de l'électrode négative, l'électrode positive et l'électrolyte comprend le polymère ionique tel qu'ici défini ou la composition polymérique telle qu'ici définie.

La présente technologie concerne également une cellule électrochimique comprenant une
20 électrode négative, une électrode positive et un électrolyte, dans laquelle au moins un de l'électrode négative, l'électrode positive et l'électrolyte est tel qu'ici défini. Selon une variante d'intérêt, l'électrolyte est un électrolyte polymère solide tel qu'ici défini. Selon une autre variante d'intérêt, l'électrode négative est telle qu'ici définie. Selon une autre variante d'intérêt, l'électrode positive est telle qu'ici définie. Selon une variante d'intérêt,
25 l'électrolyte est un électrolyte polymère solide tel qu'ici défini et l'électrode positive est telle qu'ici définie.

La présente technologie concerne également une batterie comprenant au moins une cellule électrochimique telle qu'ici définie. Par exemple, ladite batterie peut être choisie
30 parmi une batterie au lithium, une batterie lithium-ion, une batterie lithium-soufre, une batterie au sodium, une batterie sodium-ion, une batterie au magnésium et une batterie magnésium-ion. Selon une variante d'intérêt, la batterie est une batterie au lithium ou une

batterie lithium-ion. Par exemple, la batterie peut être une batterie tout solide (par exemple, une batterie au lithium tout solide).

EXEMPLES

Les exemples qui suivent sont à titre illustratif et ne doivent pas être interprétés comme limitant davantage la portée de l'invention telle qu'envisagée. Ces exemples seront mieux compris en se référant aux Figures annexées.

Exemple 1 – Synthèse d'un bis(chlorosulfonyl)imide (Cl-SO₂-NH-SO₂-Cl)

La synthèse du bis(chlorosulfonyl)imide a été effectuée par la réaction entre de l'acide sulfamique et du chlorure de thionyle, puis, en faisant réagir le produit ainsi obtenu avec de l'acide chlorosulfonique. Le bis(chlorosulfonyl)imide a donc été préparé par un procédé tel qu'illustré dans le Schéma 5 :

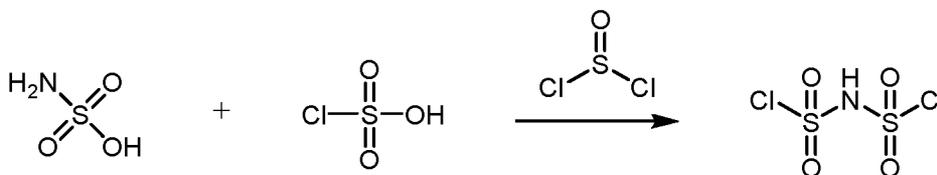


Schéma 5

1,0 équivalent d'acide sulfamique a été placé dans un ballon propre et sec muni d'un barreau magnétique et mis en suspension dans un volume en excès de chlorure de thionyle (2,75 équivalents). Toutes les manipulations ont été effectuées sous un flux continu d'azote. 1,0 équivalent d'acide chlorosulfonique a été ajouté au goutte à goutte et le ballon a été équipé d'un piège à vapeur incluant une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium saturée ou d'hydroxyde de lithium pour la neutralisation des vapeurs d'acide chlorhydrique. Ensuite, le mélange ainsi obtenu a été chauffé sur un bain de sable à une température d'environ 130 °C sous agitation constante pendant environ 24 heures.

Le mélange a ensuite été purifié par distillation sous vide à une température d'environ 180 °C, un pistolet thermique (« heat gun » en anglais) a été utilisé pour chauffer le mélange. La distillation a été effectuée sans circulation d'eau dans le réfrigérant et avec un piège froid rempli d'azote liquide. La température a été augmentée en fin de distillation afin de

s'assurer que celle-ci soit complète. La distillation a été arrêtée avant la formation de fumée pour éviter la contamination du produit.

Le produit ainsi obtenu a ensuite été refroidi afin de former des cristaux de bis(chlorosulfonyl)imide et conservé au congélateur.

5 Exemple 2 – Synthèse du bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium

Le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium a été préparé par un procédé tel qu'illustré dans le Schéma 6:

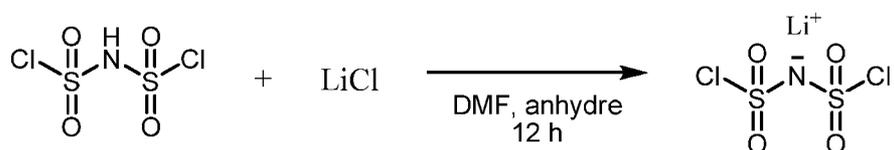


Schéma 6

- 10 La synthèse du bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium a été effectuée dans une boîte à gant sous atmosphère inerte d'azote. 1,0 équivalent de bis(chlorosulfonyl)imide préparé à l'Exemple 1 a été pesé et introduit dans un ballon préalablement nettoyé et séché à une température de 120 °C pendant 2 heures pour éliminer toute trace d'eau résiduelle. Le ballon a ensuite été fermé par un septum. Entre environ 1,0 et environ 1,5 équivalents de
- 15 chlorure de lithium dissous dans du N,N-diméthylformamide anhydre a été ajouté au ballon à l'aide d'une aiguille au travers du septum.

- Le ballon a ensuite été sorti de la boîte à gant et mis sous un flux constant d'azote à une de température d'environ 100 °C pendant environ 24 heures afin d'assurer une lithiation complète du mélange et l'activation du bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium par le N,N-
- 20 diméthylformamide.

Exemple 3 – Polymérisation

(a) Polymérisation du diéthylène glycol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2 (Polymère 1)

La polymérisation a été effectuée par une polycondensation contrôlée par catalyseur du diéthylène glycol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2. La polymérisation a donc été contrôlée avec un catalyseur de polycondensation.

5 Le mélange comprenant du bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2 a été refroidi dans un bain de glace pendant 20 minutes. Le septum a ensuite été retiré et le col du ballon a ensuite été lavé avec un solvant pour récupérer autant de produit que possible. Le ballon a ensuite été fermé avec un nouveau septum.

10 3 équivalents de triéthylamine ont ensuite été ajoutés au mélange. Par la suite, 25 mg d'acide trifluorophényl boronique et 400 mg de 4-diméthylaminopyridine ont été ajoutés au mélange. 1 équivalent de diéthylène glycol a ensuite été ajouté et le mélange réactionnel a été chauffé à une température d'environ 100 °C pendant environ 72 heures.

Le mélange réactionnel a ensuite été refroidi, filtré et précipité dans de l'acétate d'éthyle. Le mélange réactionnel a été placé dans un bain de glace pendant environ 30 minutes puis décanté.

15 Le polymère obtenu a ensuite été dissout dans un mélange de solvants comprenant de l'isopropanol et de l'acétone (rapport volumique 2:8) et mis au congélateur pendant environ 1 heure. Le mélange a ensuite été filtré afin de retirer les résidus de chlorure de triéthylamine. Le solvant a ensuite été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température d'environ 60 °C. Finalement, le polymère a été séché au four sous vide à une
20 température d'environ 60 °C.

Le Polymère 1 ainsi obtenu a ensuite été dissous dans 400 mL d'eau et filtré pendant environ 7 heures par ultrafiltration avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

25 La substitution d'atomes de chlore a été effectuée par une réaction de substitution nucléophile en utilisant le tétrafluoroborate d'argent en tant que réactif nucléophile. Le dosage des ions chlorures présent dans le Polymère 1 a été effectué par la méthode de Mohr afin de calculer la quantité nécessaire de tétrafluoroborate d'argent. La quantité nécessaire de tétrafluoroborate d'argent a ensuite été dissoute dans une quantité minimum d'eau et ajoutée à une solution comprenant 1 g du Polymère 1 dissout dans 20
30 mL d'eau. La solution a ensuite été agitée pendant environ 15 minutes à température

pièce puis filtrée et lavée avec du méthanol. Le filtrat ainsi obtenu a ensuite été évaporé à sec. La substitution a été confirmée par résonance magnétique nucléaire du fluor (RMN du fluor 19).

(b) Post-fonctionnalisation du polymère préparé à l'Exemple 3(a) (Polymère 2)

- 5 Le Polymère 2 a été préparé par la post-fonctionnalisation du Polymère 1 présenté à l'Exemple 3(a) afin d'introduire des groupements réticulables.

4 g du polymère préparé à l'Exemple 3(a) ont été dissous dans 25 mL de N,N-diméthylformamide anhydre. 1 mL d'acrylate de 2-isocyanatoéthyle a ensuite été ajouté à la solution et le mélange ainsi obtenu a été chauffé sous une atmosphère d'azote à une
10 température d'environ 50 °C pendant environ 5 à 12 heures. 5 mL de méthanol ont ensuite été ajoutés à la solution et celle-ci a été refroidie à température pièce.

Le polymère ainsi obtenu (Polymère 2) a ensuite été dissous dans 400 mL d'eau et filtré par ultrafiltration pendant environ 7 heures avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

- 15 Le Polymère 2 a été analysé par chromatographie d'exclusion stérique (SEC), par résonance magnétique nucléaire du proton (RMN du proton), par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) et par calorimétrie différentielle à balayage (DSC).

La Figure 1 présente les résultats de l'analyse par chromatographie d'exclusion stérique obtenus pour le Polymère 2. Les résultats ont été obtenus afin de déterminer le poids
20 moléculaire moyen du Polymère 2 (g/mol). La chromatographie d'exclusion stérique a été réalisée avec un détecteur à indice de réfraction (RI) et à un débit de 0,90 mL.min⁻¹. Les résultats de chromatographie d'exclusion stérique obtenus avec le Polymère 2 sont présentés aux Tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Résultat des Pics

	Pic 1	Pic 2
Détecteur	Indice de réfraction	Indice de réfraction
Temps de rétention (RT) (min)	18,86667	20,08333
Masse molaire (Mw) (g/mol)	16 618	5026
Viscosité intrinsèque (dL/g)	0,089790	0,035070
Hauteur du pic (mV)	9,901	14,988
Hauteur du pic (%)	39,78	60,22

Surface du pic (mV.s)	389,477	810,563
Surface (%)	32,46	67,54
Concentration (mg/mL)	2,470	5,140
Récupération (%)	100	

Tableau 2 : Poids moléculaire moyen

	Pic 1	Pic 2
Mp (g/mol)	15 051	3 462
Mn (g/mol)	9 202	3 418
Mw (g/mol)	12 542	3 424
Mz (g/mol)	16 300	3 430
Mz+1 (g/mol)	19 776	3 435
Mv (g/mol)	14 688	3 429
PD	1,363	1,002

La Figure 2 présente un spectre RMN du proton obtenu pour le Polymère 2. La Figure 3 présente les résultats de l'analyse par calorimétrie différentielle à balayage obtenus pour le Polymère 2. Comme le montre la Figure 3, le Polymère 2 possède une température de transition vitreuse (T_v) = -53 °C.

La concentration en lithium du Polymère 2 a ensuite été déterminée. 30 % en poids d'une résine échangeuse d'ions modifiée commercialisée sous la marque DOWEX® ont ensuite été ajoutés à la solution. La suspension ainsi obtenue a ensuite été agitée pour une période d'environ 12 heures à température pièce et puis filtrée. Le filtrat ainsi obtenu a été évaporé à sec et séché au four sous vide à une température d'environ 65 °C pendant environ 24 heures. La concentration de lithium dans le polymère a été déterminée par résonance magnétique nucléaire du lithium (^7Li RMN) relatif à une solution étalon de chlorure de lithium.

Ladite résine échangeuse d'ions modifiée a été obtenue par la méthode suivante : Une colonne de verre a été remplie avec 30 g de résine Dowex® 50WX8 (H^+) et humectée avec une solution aqueuse d'hydroxyde de lithium 2 M. La résine a été rincée jusqu'à l'atteinte d'un pH basique en fin de colonne. Par la suite, la résine ainsi modifiée a été lavée avec de l'eau ultrapure jusqu'à l'obtention d'un pH neutre et puis lavée avec 300 mL de méthanol. La résine a ensuite été séchée au four à une température d'environ 60 °C pendant environ 12 heures. Alternativement, la résine échangeuse d'ions modifiée peut être préparée en agitant 30 g de résine Dowex® 50WX8 (H^+) dans 300 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de lithium 2 M pendant environ 12 heures puis en filtrant la

suspension ainsi obtenue. La résine ainsi modifiée est ensuite lavée et séchée comme décrit ci-dessus.

(c) Polymérisation du 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2 (Polymère 3)

- 5 La polymérisation a été effectuée par une polycondensation contrôlée par catalyseur du 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2.

Le mélange comprenant le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium de l'Exemple 2 a été refroidi dans un bain de glace pendant 20 minutes. Le septum a ensuite été retiré et le col
10 du ballon a ensuite été lavé avec un solvant pour récupérer autant de produit que possible. Le ballon a ensuite été fermé avec un nouveau septum.

3 équivalents de triéthylamine ont ensuite été ajoutés au mélange. Par la suite, 25 mg d'acide trifluorophényl boronique et 400 mg de 4-diméthylaminopyridine ont été ajoutés au mélange. 1 équivalent de 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol a ensuite été ajouté
15 et le mélange réactionnel a été chauffé à une température d'environ 100 °C pendant environ 72 heures.

Le mélange réactionnel a ensuite été refroidi, filtré et précipité dans de l'acétate d'éthyle. Le mélange réactionnel a été placé dans un bain de glace pendant environ 30 minutes puis décanté.

- 20 Le polymère a ensuite été dissout dans un mélange de solvants comprenant de l'isopropanol et de l'acétone (rapport volumique 2:8) et mis au congélateur pendant environ 1 heure. Le mélange a ensuite été filtré afin de retirer les résidus de chlorure de triéthylamine. Le solvant a ensuite été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température d'environ 60 °C. Finalement, le polymère a été séché au four sous vide à une
25 température d'environ 60 °C.

Le polymère ainsi obtenu (Polymère 3) a ensuite été dissous dans 400 mL d'eau et filtré par ultrafiltration pendant environ 7 heures avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

La substitution d'atomes de chlore a ensuite été effectuée par la méthode décrite à l'Exemple 3(a).

(d) Post-fonctionnalisation du polymère préparé à l'Exemple 3 (c) (Polymère 4)

Le Polymère 4 a été préparé par la post-fonctionnalisation du Polymère 3 présenté à l'Exemple 3(c) afin d'introduire des groupements réticulables.

4 g du polymère préparé à l'Exemple 3(c) ont été dissous dans 25 mL de N,N-diméthylformamide anhydre. 1 mL de méthacrylate de 2-isocyanatoéthyle a ensuite été ajouté à la solution et le mélange ainsi obtenu a été chauffé sous une atmosphère d'azote à une température d'environ 50 °C pendant environ 5 à 12 heures.

10 Le polymère ainsi obtenu (Polymère 4) a ensuite été dissous dans 400 mL d'eau et filtré pendant environ 7 heures par ultrafiltration avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

Le Polymère 4 a été analysé par chromatographie d'exclusion stérique et les résultats sont présentés à la Figure 4. La chromatographie d'exclusion stérique a été réalisée avec un détecteur à indice de réfraction et à un débit de 0,80 mL.min⁻¹. Les résultats de chromatographie d'exclusion stérique obtenus avec le Polymère 4 sont aussi présentés aux Tableaux 3 et 4.

Tableau 3 : Résultat des Pics

	Pic 1	Pic 2
Détecteur	Indice de réfraction	Indice de réfraction
Temps de rétention (RT) (min)	21,08333	22,73333
Masse molaire (Mw) (g/mol)	38 018	16 881
Viscosité intrinsèque (IV) (dL/g)	0,264825	0,009352
Hauteur du pic (mV)	0,866	7,619
Hauteur du pic (%)	10,20	89,80
Surface du pic (mV.s)	23,608	479,553
Surface (%)	4,69	95,31
Concentration (mg/mL)	0,235	4,765
Récupération (%)	100	

Tableau 4 : Poids moléculaire moyen

	Pic 1	Pic 2
Mp (g/mol)	1 936	16 311
Mn (g/mol)	2 393	14 886

Mw (g/mol)	39 026	16 879
Mz (g/mol)	406 139	18 847
Mz+1 (g/mol)	888 519	20 673
Mv (g/mol)	193 778	1 9011
PD	16,31	1,134

La concentration en lithium du Polymère 4 a également été déterminée par la méthode décrite à l'Exemple 3(b).

(e) Polymérisation du glycérol et du diéthylène glycol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2 (Polymère 5)

5 La polymérisation a été effectuée par une polycondensation contrôlée par catalyseur du glycérol et du diéthylène glycol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2.

Le mélange comprenant le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium de l'Exemple 2 a été refroidi dans un bain de glace pendant 20 minutes. Le septum a ensuite été retiré et le col
10 du ballon a ensuite été lavé avec un solvant pour récupérer autant de produit que possible. Le ballon a ensuite été fermé avec un nouveau septum.

3 équivalents de triéthylamine ont ensuite été ajoutés au mélange. Par la suite, 25 mg d'acide trifluorophényl boronique et 400 mg de 4-diméthylaminopyridine ont été ajoutés au mélange. 0,90 équivalent de diéthylène glycol et 0,10 équivalent de glycérol ont ensuite
15 été ajoutés et le mélange réactionnel a été chauffé à une température d'environ 100 °C pendant environ 72 heures.

Le mélange réactionnel a ensuite été refroidi, filtré et précipité dans de l'acétate d'éthyle. Le mélange réactionnel a été placé dans un bain de glace pendant environ 30 minutes et par la suite décanté.

20 Le polymère a ensuite été dissout dans un mélange de solvants comprenant de l'isopropanol et de l'acétone (rapport volumique 2:8) et mis au congélateur pendant environ 1 heure. Le mélange a ensuite été filtré afin de retirer les résidus de chlorure de triéthylamine. Le solvant a ensuite été évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température d'environ 60 °C. Finalement, le polymère a été séché sous vide au four à une
25 température d'environ 60 °C.

Le polymère ainsi obtenu (Polymère 5) a ensuite été dissous dans 400 mL d'eau et filtré par ultrafiltration pendant environ 7 heures avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

5 La substitution d'atomes de chlore a ensuite été effectuée par la méthode décrite à l'Exemple 3(a).

Le polymère 5 a été analysé par résonance magnétique nucléaire du proton (^1H RMN), par résonance magnétique nucléaire du carbone 13 (^{13}C RMN), par résonance magnétique nucléaire du fluor (^{19}F RMN), et par calorimétrie différentielle à balayage (DSC).

10 La Figure 5 montre un spectre RMN du proton obtenu pour un polymère obtenu par la polymérisation du diéthylène glycol avec le bis(chlorosulfonyl)imidure de lithium préparé à l'Exemple 2, par exemple, par le procédé tel que décrit à l'Exemple 3(a).

Les Figures 6 à 8 présentent respectivement le spectre RMN du proton, le spectre RMN du carbone 13 et le spectre RMN du fluor obtenus pour le Polymère 5.

15 La Figure 9 présente les résultats de l'analyse par calorimétrie différentielle à balayage obtenus pour le Polymère 5 et démontre que le Polymère 5 possède une température de transition vitreuse (T_v) = -73 °C.

(f) Post-fonctionnalisation du polymère préparé à l'Exemple 3 (e) (Polymère 6)

20 Le Polymère 6 a été préparé par la post-fonctionnalisation du Polymère 5 présenté à l'Exemple 3(e) afin d'introduire des groupements réticulables.

4 g du polymère préparé à l'Exemple 3(e) ont été dissous dans 25 mL de N,N-diméthylformamide anhydre. 1 mL de méthacrylate de 2-isocyanatoéthyle a ensuite été ajouté à la solution et le mélange ainsi obtenu a été chauffé sous une atmosphère d'azote à une température d'environ 50 °C pendant environ 5 à 12 heures.

25 Le polymère ainsi obtenu (Polymère 6) a ensuite été dissous dans 400 mL d'eau et filtré pendant environ 7 heures par ultrafiltration avec une membrane ayant une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

La concentration en lithium du Polymère 6 a également été déterminée par la méthode décrite à l'Exemple 3(b). Une concentration en lithium de 25 mol. % a été obtenue pour le Polymère 6.

Exemple 4 – Conductivité ionique

- 5 Les Exemples 4(a) à 4(d) concernent la préparation de films de polymère pour la mesure de la conductivité ionique des polymères tels qu'ici définis par le procédé tel que décrit dans la présente demande, tandis que les Exemples 4(e) et 4(f) sont à titre comparatif.

a) Préparation du film de polymère comprenant le Polymère 1

- 10 Les résultats de conductivité ionique ont été obtenus pour le Polymère 1 préparé à l'Exemple 3(a). 1,7 g du polymère préparé à l'Exemple 3(a) ont été solubilisés dans 1,4 g d'un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume) et sans ajout de sel de lithium supplémentaire. 10% en poids de fluorure de polyvinylidène (PVdF) ont été ajoutés à la suspension ainsi obtenue.

- 15 La suspension a ensuite été appliquée sur un substrat ou film de support à l'aide d'un système d'enduction avec plaque chauffante (Erichsen testing instruments) avec une ouverture de fente de 3 mils et à une vitesse de 15 mm.s⁻¹. Le film de polymère ainsi obtenu a été séché à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

Le film de polymère a ensuite été séché sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

- 20 Le film de polymère a ensuite été retiré de la surface du substrat ou film de support.

b) Préparation du film de polymère comprenant le Polymère 2

- 25 Les résultats de conductivité ionique ont été obtenus pour le Polymère 2 préparé à l'Exemple 3(b). 1,7 g du polymère préparé à l'Exemple 3(b) ont été solubilisés dans 1,4 g d'un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume) et sans ajout de sel de lithium supplémentaire.

La suspension ainsi obtenue a ensuite été appliquée sur un substrat ou film de support à l'aide d'un système d'enduction avec plaque chauffante (Erichsen testing instruments)

avec une ouverture de fente de 3 mils et à une vitesse de 15 mm.s⁻¹. Le film de polymère ainsi obtenu a été séché à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

Le film de polymère a ensuite été séché sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

- 5 Après séchage, le film de polymère a été placé dans une boîte en polycarbonate (lexan) sous atmosphère inerte d'hélium afin de réduire la présence d'oxygène et d'humidité. Le film de polymère a ensuite été irradié pendant 5 minutes avec une lumière UV (longueur d'onde de 254 nm) placée à une distance d'environ 5 cm du film de polymère.

Le film de polymère a ensuite été retiré de la surface du substrat ou film de support.

10 c) Préparation du film de polymère comprenant le Polymère 4

Les résultats de conductivité ionique ont été obtenus pour le Polymère 4 préparé à l'Exemple 3(d). 1,7 g du polymère préparé à l'Exemple 3(d) ont été solubilisés dans 1,4 g d'un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume) et sans ajout de sel de lithium supplémentaire.

- 15 La suspension ainsi obtenue a ensuite été appliquée sur un substrat ou film de support à l'aide d'un système d'enduction avec plaque chauffante (Erichsen testing instruments) avec une ouverture de fente de 3 mils et à une vitesse de 15 mm.s⁻¹. Le film de polymère ainsi obtenu a été séché à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

- 20 Le film de polymère a ensuite été séché sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

Après séchage, le film de polymère a été placé dans une boîte en polycarbonate (lexan) sous atmosphère inerte d'hélium afin de réduire la présence d'oxygène et d'humidité. Le film de polymère a ensuite été irradié pendant 5 minutes avec une lumière UV (longueur d'onde de 254 nm) placée à une distance d'environ 5 cm du film de polymère.

- 25 Le film de polymère a ensuite été retiré de la surface du substrat ou film de support.

d) Préparation du film de polymère comprenant le Polymère 6

Les résultats de conductivité ionique ont été obtenus pour le Polymère 6 préparé à l'Exemple 3(f). 1,7 g du polymère préparé à l'Exemple 3(f) ont été solubilisés dans 1,4 g d'un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume) et sans ajout de sel de lithium supplémentaire.

- 5 La suspension ainsi obtenue a ensuite été appliquée sur un substrat ou film de support à l'aide d'un système d'enduction avec plaque chauffante (Erichsen testing instruments) avec une ouverture de fente de 3 mils et à une vitesse de 15 mm.s⁻¹. Le film de polymère ainsi obtenu a été séché à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

- 10 Le film de polymère a ensuite été séché sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

Après séchage, le film de polymère a été placé dans une boîte en polycarbonate (lexan) sous atmosphère inerte d'hélium afin de réduire la présence d'oxygène et d'humidité. Le film de polymère a ensuite été irradié pendant 5 minutes avec une lumière UV (longueur d'onde de 254 nm) placée à une distance d'environ 5 cm du film de polymère.

- 15 Le film de polymère a ensuite été retiré de la surface du substrat ou film de support.

e) Préparation du film de polymère comprenant le Polymère 7 (comparatif)

- 20 Les résultats de conductivité ionique ont été obtenus pour un polymère tel que décrit dans le brevet américain numéro 7,897,674 B2 (Zaghib *et al.*) (US'674). 1,7 g du polymère a été solubilisé dans 1,4 g d'un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume) et sans ajout de sel de lithium supplémentaire.

La suspension ainsi obtenue a ensuite été appliquée sur un substrat ou film de support à l'aide d'un système d'enduction avec plaque chauffante (Erichsen testing instruments) avec une ouverture de fente de 3 mils et à une vitesse de 15 mm.s⁻¹. Le film de polymère ainsi obtenu a été séché à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

- 25 Le film de polymère a ensuite été séché sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

Après séchage, le film de polymère a été placé dans une boîte en polycarbonate (lexan) sous atmosphère inerte d'hélium afin de réduire la présence d'oxygène et d'humidité. Le

film de polymère a ensuite été irradié pendant 5 minutes avec une lumière UV (longueur d'onde de 254 nm) placée à une distance d'environ 5 cm du film de polymère.

Le film de polymère a ensuite été retiré de la surface du substrat ou film de support.

f) Préparation du film de polymère comprenant le Polymère 8 (comparatif)

- 5 Les résultats de conductivité ionique ont été obtenus pour un polymère tel que décrit dans le brevet américain numéro 6,903,174 B2 (Harvey *et al.*) (US'174). 1,7 g du polymère a été solubilisé dans 1,4 g d'un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume) et sans ajout de sel de lithium supplémentaire. 0.5 % en poids de 2,2-diméthoxy-2-phénylacétophénone (Irgacure™ 651) a été ajouté à la suspension ainsi
10 obtenue.

La suspension ainsi obtenue a ensuite été appliquée sur un substrat ou film de support à l'aide d'un système d'enduction avec plaque chauffante (Erichsen testing instruments) avec une ouverture de fente de 3 mils et à une vitesse de 15 mm.s⁻¹. Le film de polymère ainsi obtenu a été séché à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

- 15 Le film de polymère a ensuite été séché sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

Après séchage, le film de polymère a été placé dans une boîte en polycarbonate (lexan) sous atmosphère inerte d'hélium afin de réduire la présence d'oxygène et d'humidité. Le film de polymère a ensuite été irradié pendant 5 minutes avec une lumière UV (longueur
20 d'onde de 254 nm) placée à une distance d'environ 5 cm du film de polymère.

Le film de polymère a ensuite été retiré de la surface du substrat ou film de support.

g) Préparation de cellules symétriques pour les mesures de conductivités ioniques

- La préparation des cellules symétriques des comprenant les films de polymère préparés aux Exemples 4(a) à 4(f) a été entièrement réalisée en chambre anhydre avec un point
25 de rosée d'environ -55 °C. L'assemblage des cellules symétriques a été réalisé en configuration pile bouton. Les films polymères ont été placés entre deux électrodes de

blochage en acier inoxydable avec une surface active de 2,01 cm². Les cellules symétriques ont été assemblées selon les configurations indiquées au Tableau 5.

Tableau 5. Configurations des cellules symétriques

Cellule symétrique	Film de polymère	Polymère
Cellule 1	Préparé à l'Exemple 4 (a)	Polymère 1
Cellule 2	Préparé à l'Exemple 4 (b)	Polymère 2
Cellule 3	Préparé à l'Exemple 4 (c)	Polymère 4
Cellule 4	Préparé à l'Exemple 4 (d)	Polymère 6
Cellule 5 (cellule comparative)	Préparé à l'Exemple 4 (e)	Polymère 7
Cellule 6 (cellule comparative)	Préparé à l'Exemple 4 (f)	Polymère 8

h) Mesure de la conductivité ionique des films de polymère présentés aux Exemples 4(a) à 4(f)

Les mesures de conductivité ionique des cellules symétriques de l'Exemple 4(g) ont été effectuées par spectroscopie d'impédance électrochimique en courant alternatif enregistré avec un potentiostat multicanaux VPM3. La spectroscopie d'impédance électrochimique a été effectuée entre 200 mHz et 1 MHz dans un intervalle de températures allant de 20°C à 80°C (en montée et en descente, chaque 5°C).

Chaque mesure d'impédance électrochimique a été obtenue après la stabilisation de la température de l'étuve à la température (T).

La conductivité ionique des ions lithium a été calculée à partir des mesures de spectroscopie d'impédance électrochimique en utilisant l'Équation 1 :

$$\sigma = \frac{1}{R_t} \times \frac{l}{A} \quad \text{Équation 1}$$

dans laquelle,

σ est la conductivité ionique (S.cm⁻¹), l est l'épaisseur du film polymère placé entre les deux électrodes bloquantes en acier inoxydable, A est la surface de contact entre le polymère et les deux électrodes en acier inoxydable et R_t est la résistance totale mesurée par spectroscopie d'impédance électrochimique.

Les graphiques des Figures 10 à 15 présentent respectivement les résultats de conductivité ionique ($S.cm^{-1}$) mesurée en fonction de la température (K^{-1}) pour les cellules symétriques (Cellules 1 à 6) assemblées à l'Exemple 4(g).

5 La Figure 10 montre qu'une valeur de conductivité ionique de $1,97 \times 10^{-5} S.cm^{-1}$ a été obtenue à une température de $50^{\circ}C$ pour la Cellule 1 telle que décrite à l'Exemple 4(g).

La Figure 11 montre qu'une valeur de conductivité ionique de $2,65 \times 10^{-5} S.cm^{-1}$ a été obtenue à une température de $50^{\circ}C$ pour la Cellule 2 telle que décrite à l'Exemple 4(g).

La Figure 12 montre qu'une valeur de conductivité ionique de $5,37 \times 10^{-5} S.cm^{-1}$ a été obtenue à une température de $50^{\circ}C$ pour la Cellule 3 telle que décrite à l'Exemple 4(g).

10 La Figure 13 montre qu'une valeur de conductivité ionique de $3,25 \times 10^{-4} S.cm^{-1}$ a été obtenue à une température de $50^{\circ}C$ pour la Cellule 4 telle que décrite à l'Exemple 4(g).

La Figure 14 montre qu'une valeur de conductivité ionique de $1,65 \times 10^{-4} S.cm^{-1}$ a été obtenue à une température de $50^{\circ}C$ pour la Cellule 5 telle que décrite à l'Exemple 4(g) (comparatif).

15 La Figure 15 montre qu'une valeur de conductivité ionique de $1,90 \times 10^{-4} S.cm^{-1}$ a été obtenue à une température de $50^{\circ}C$ pour la Cellule 6 telle que décrite à l'Exemple 4(g) (comparatif).

Exemple 5 – Voltampérométrie cyclique

a) Préparation des films de polymère pour les mesures de voltampérométrie cyclique

20 Les résultats de voltampérométrie cyclique ont été obtenus pour les polymères préparés aux Exemples 3(b) et 3(f) ainsi que pour les polymères tels que décrits dans les brevets US'674 et US'174 et pour un polyacrylonitrile (PAN) à titre comparatif.

Les polymères préparés aux Exemples 3(b) et 3(f) et les polymères comparatifs ont été solubilisés dans un mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en
25 volume).

Une fois les polymères dissous, du noir Ketjen™ a été ajouté aux mélanges dans un rapport polymère : noir Ketjen™ (5 : 1 en poids).

Les mélanges ainsi obtenus ont ensuite été mélangés à l'aide d'un broyeur à billes afin de disperser adéquatement et de broyer les agglomérats de noir Ketjen™.

La viscosité des mélanges ainsi obtenus a été ajustée avec le mélange de solvants comprenant de l'eau et du méthanol (80 : 20 en volume).

- 5 Les mélanges ainsi obtenus ont ensuite été appliqués sur des collecteurs de courant en aluminium recouvert de carbone à l'aide d'un système d'enduction à la racle (« *doctor-blade coating* ») avec plaque chauffante. Les films de polymère ainsi obtenus ont été séchés à une température de 70 °C directement lors de l'enduction.

- 10 Les films de polymère ont ensuite été séchés sous vide dans une étuve à une température de 85 °C pendant 48 heures pour retirer le solvant résiduel.

b) Préparation de cellules symétriques pour les mesures de voltampérométrie cyclique

- 15 La préparation des cellules symétriques comprenant les films de polymère préparés à l'Exemple 5(a) a été entièrement réalisée en chambre anhydre avec un point de rosée d'environ -55 °C. Les cellules symétriques ont été assemblées en configuration pile bouton avec une surface active de 2,01 cm². Les cellules symétriques ont été assemblées selon les configurations indiquées au Tableau 6.

Tableau 6. Configurations des cellules symétriques

Cellule symétrique	Film de polymère	Polymère
Cellule 7 (comparative)	Préparé à l'Exemple 5(a)	Comme décrit dans US'674
Cellule 8 (comparative)	Préparé à l'Exemple 5(a)	Comme décrit dans US'174
Cellule 9	Préparé à l'Exemple 5(a)	Préparé à l'Exemple 3(b)
Cellule 10	Préparé à l'Exemple 5(a)	Préparé à l'Exemple 3(f)
Cellule 11 (comparative)	Préparé à l'Exemple 5(a)	Polyacrylonitrile (PAN)

c) Voltampérométrie cyclique

La stabilité électrochimique en oxydation des cellules symétriques telles que décrites à l'Exemple 5(b) a été mesurée en utilisant un potentiostat de type VMP-3.

5 La Figure 16 présente les résultats de voltampérométrie cyclique obtenus pour la Cellule 7 (cellule comparative) (ligne pleine) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s entre 2,7 V et 4,3 V vs Li/Li⁺.

La Figure 16 présente également les résultats de voltampérométrie cyclique obtenus pour la Cellule 8 (cellule comparative) (ligne discontinue) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,05 mV/s entre 2,7 V et 4,3 V vs Li/Li⁺.

10 La Figure 17 présente les résultats de voltampérométrie cyclique obtenus pour la Cellule 7 (cellule comparative) enregistrés à une vitesse de balayage de 0.067 mV/s entre 2,5 V et 5 V vs Li/Li⁺. La Figure 17 montre que l'oxydation du polymère débute à un potentiel d'environ 4,37 V vs Li/Li⁺.

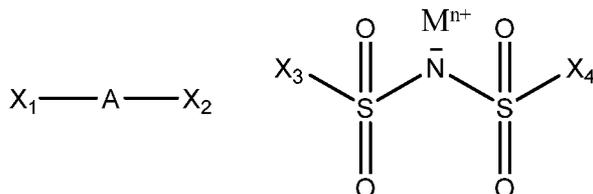
15 La Figure 18 présente les résultats de voltampérométrie cyclique obtenus pour la Cellule 9 (ligne pleine) et pour la Cellule 10 (ligne discontinue) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s entre 2,5 V et 5 V vs Li/Li⁺.

20 La Figure 19 présente les résultats de voltampérométrie cyclique obtenus pour la Cellule 7 (cellule comparative) (ligne double point tiret), pour la Cellule 10 (ligne point tiret), pour la Cellule 9 (ligne discontinue) et pour la Cellule 11 (cellule comparative) (ligne pleine) enregistrés à une vitesse de balayage de 0,067 mV/s entre 2,5 V et 5 V vs Li/Li⁺. La Figure 19 présente les résultats obtenus lors du premier cycle.

25 Plusieurs modifications pourraient être effectuées à l'un ou l'autre des modes de réalisations décrits ci-dessus sans sortir du cadre de la présente invention telle qu'envisagée. Les références, brevets ou documents de littérature scientifique référés dans le présent document sont incorporés ici par référence dans leur intégralité et à toutes fins.

REVENDEICATIONS

1. Un polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition comprenant le produit de la réaction entre au moins un composé de Formule 1 comprenant au moins deux groupements fonctionnels et un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 :



5

Formule 1

Formule 2

dans lesquelles,

A est un groupement organique substitué ou non substitué choisi parmi un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un C₁-C₁₀alkylèneoxyC₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié;

10

X₁ et X₂ sont des groupements fonctionnels indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un groupement hydroxyle, un groupement thiol et un groupement amine;

X₃ et X₄ sont des atomes d'halogène chacun indépendamment choisis parmi F, Cl, Br et I; et

15

Mⁿ⁺ est un ion d'un métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺.

2. Polymère ionique selon la revendication 1, dans lequel X₃ et X₄ sont tous deux des atomes de chlore.

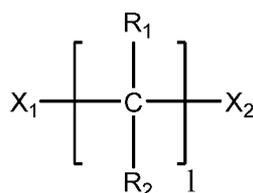
20

3. Polymère ionique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺ et Li⁺.

4. Polymère ionique selon la revendication 3, dans lequel Mⁿ⁺ est Li⁺.

5. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel X₁ et X₂ sont tous deux des groupements hydroxyles.

6. Polymère ionique selon la revendication 5, dans lequel le composé de Formule 1 est choisi parmi le glycérol, les alcanes diols, le propane-1,3-diol, le butane-1,4-diol, le pentane-1,5-diol, l'hexane-1,6-diol, l'octane-1,8-diol, le propane-1,2-diol, le butane-1,2-diol, le butane-2,3-diol, le butane-1,3-diol, le pentane-1,2-diol, l'étohexadiol, le p-menthane-3,8-diol, le 2-méthylpentane-2,4-diol, la polycaprolactone diol, l'éthylène glycol, le diéthylène glycol, le triéthylène glycol, le tétraéthylène glycol, le pentaéthylène glycol, le polyéthylène glycol, le 2,2,3,3,4,4,5,5-octafluorohexane-1,6-diol, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.
7. Polymère ionique selon la revendication 6, dans lequel le composé de Formule 1 est un glycol.
8. Polymère ionique selon la revendication 6, dans lequel le composé de Formule 1 est le glycérol.
9. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le composé de Formule 1 est choisi parmi les alcane diamines, le propane-1,3-diamine, le butane-1,4-diamine, le pentane-1,5-diamine, l'hexane-1,6-diamine, l'octane-1,8-diamine, le propane-1,2-diamine, le butane-1,2-diamine, le butane-2,3-diamine, le butane-1,3-diamine, le pentane-1,2-diamine, le 2,4-diamino-2-méthylpentane, l'éthylènediamine, le 1,8-diamino-3,6-dioxaoctane, le 1,11-diamino-3,6,9-trioxaundécane, le 4,9-dioxa-1,12-dodécanediamine, le 1,14-diamino-3,6,9,12-tétraoxatétradécane, le poly(éthylène glycol) diamine, les produits commercialisés sous la marque JEFFAMINE® de la série D, ED ou EDR, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.
10. Polymère ionique selon la revendication 9, dans lequel le composé de Formule 1 est un produit JEFFAMINE® de la série D choisi parmi la JEFFAMINE® ED-600, ED-900 et ED-2003.
11. Polymère ionique selon la revendication 9, dans lequel le composé de Formule 1 est un poly(éthylène glycol) diamine de formule $H_2NCH_2CH_2(OCH_2CH_2)_nNH_2$, où n est 1 ou 2.
12. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel A est un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 3 :



Formule 3

dans laquelle,

X_1 et X_2 sont tels que définis à la revendication 1;

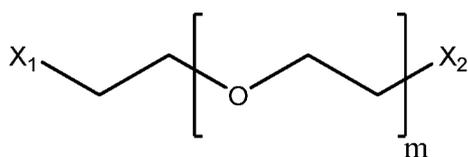
R_1 et R_2 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome
 5 d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine,
 un atome d'halogène choisi parmi F, Cl, Br et I, et des substituants linéaires ou
 ramifiés choisis parmi C_1 - C_{10} alkyle, C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, C_1 - C_{10} alkyle-
 méthacrylate, oxycarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-
 acrylate, aminocarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl- C_1 - C_{10} alkyle-
 10 acrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, et oxycarbonylamino- C_1 -
 C_{10} alkyle-acrylate; et

I est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 10.

13. Polymère ionique selon la revendication 12, dans lequel X_1 et X_2 sont tous deux des groupements hydroxyles.

15 14. Polymère ionique selon la revendication 12 ou 13, dans lequel R_1 et R_2 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome de fluor, et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C_1 - C_{10} alkyle, C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, et
 20 oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate.

15. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel A est un poly(C_1 - C_{10} alkylèneoxy) C_1 - C_{10} alkylène linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 4 :



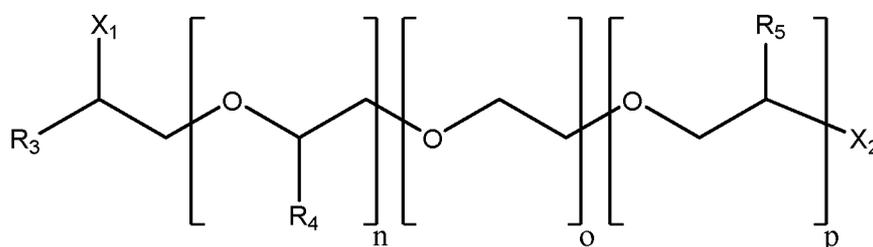
Formule 4

dans laquelle,

X_1 et X_2 sont tels que définis à la revendication 1; et

m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 68.

- 5 16. Polymère ionique selon la revendication 15, dans lequel X_1 et X_2 sont tous deux des groupements hydroxyles.
17. Polymère ionique selon la revendication 15 ou 16, dans lequel m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 10.
18. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel A est un polyéther linéaire ou ramifié et optionnellement substitué et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 5 :



Formule 5

dans laquelle,

X_1 et X_2 sont tels que définis à la revendication 1;

- 15 R_3 , R_4 et R_5 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi les groupements C_1 - C_{10} alkyles;

n , o et p sont choisis de telle sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polyéther soit compris entre environ 220 g/mol et environ 2 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses;

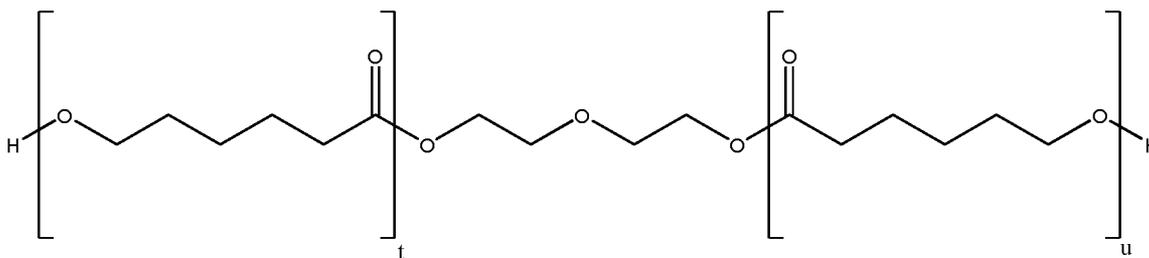
n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6; et

o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39.

19. Polymère ionique selon la revendication 18, dans lequel R₃, R₄ et R₅ sont des groupements méthyles.

20. Polymère ionique selon la revendication 18 ou 19, dans lequel X₁ et X₂ sont tous deux des groupements amines.

21. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel A est un polyester aliphatique optionnellement substitué tel que la polycaprolactone et le composé de Formule 1 est un composé de Formule 7 :

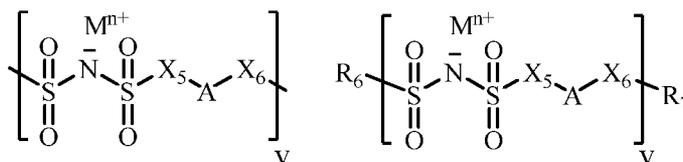


Formule 7

dans laquelle,

t et u sont des nombres compris dans l'intervalle de 1 à 10.

22. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère comprenant au moins un motif de répétition de Formule 8 (a) ou est un polymère de Formule 8 (b):



Formule 8 (a)

Formule 8 (b)

dans lesquelles,

A est un groupement organique substitué ou non substitué indépendamment et à chaque occurrence choisi parmi un C₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un C₁-C₁₀alkylèneoxyC₁-C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un poly(C₁-C₁₀alkylèneoxy)C₁-

C₁₀alkylène linéaire ou ramifié, un polyéther linéaire ou ramifié et un polyester linéaire ou ramifié;

X₅ et X₆ sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement NH;

5 R₆ est choisi parmi un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine et un groupement R₇-X₅-A-X₆-;

R₇ est un groupement réticulable indépendamment à chaque occurrence choisi parmi les groupements acrylate, méthacrylate, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate,
 10 carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate;

Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca²⁺ et Mg²⁺; et

15 v est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

23. Polymère ionique selon la revendication 22, dans lequel Mⁿ⁺ est un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na⁺, K⁺ et Li⁺.

24. Polymère ionique selon la revendication 22 ou 23, dans lequel Mⁿ⁺ est Li⁺.

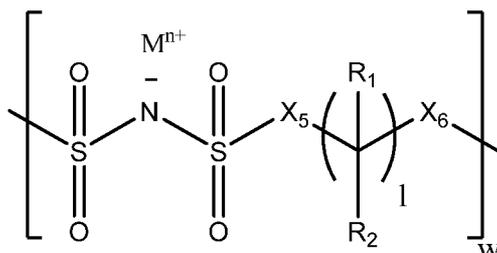
20 25. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 22 à 24, dans lequel X₅ et X₆ sont tous deux des atomes d'oxygène.

26. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 22 à 24, dans lequel X₅ et X₆ sont tous deux des atomes de soufre.

25 27. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 22 à 24, dans lequel X₅ et X₆ sont tous deux des groupements NH.

28. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 22 à 27, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

29. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 9 :

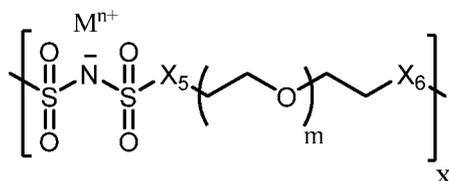


Formule 9

dans laquelle,

- 5 $\text{M}^{\text{n}+}$ est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} ;
- X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement NH;
- 10 R_1 et R_2 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome d'halogène choisi parmi F, Cl, Br et I, et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle, $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-acrylate, $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl- $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl- $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-acrylate, aminocarbonyl- $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl- $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-acrylate, oxycarbonylamino- $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-méthacrylate et oxycarbonylamino- $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle-acrylate;
- 15 l est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 10; et
- w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol,
- 20 bornes supérieure et inférieure incluses.
30. Polymère ionique selon la revendication 29, dans lequel $\text{M}^{\text{n}+}$ est un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ et Li^+ .
31. Polymère ionique selon la revendication 29 ou 30, dans lequel $\text{M}^{\text{n}+}$ est Li^+ .

32. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 29 à 31, dans lequel R_1 et R_2 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi un atome d'hydrogène, un groupement hydroxyle, un groupement thiol, un groupement amine, un atome de fluor, et des substituants linéaires ou ramifiés choisis parmi C_1 - C_{10} alkyle, C_1 - C_{10} alkyle-acrylate, C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-méthacrylate, et oxycarbonylamino- C_1 - C_{10} alkyle-acrylate.
33. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 29 à 32, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.
34. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 29 à 32, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.
35. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 29 à 32, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements NH.
36. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 29 à 35, dans lequel le poids moléculaire moyen en nombre du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.
37. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 10 :



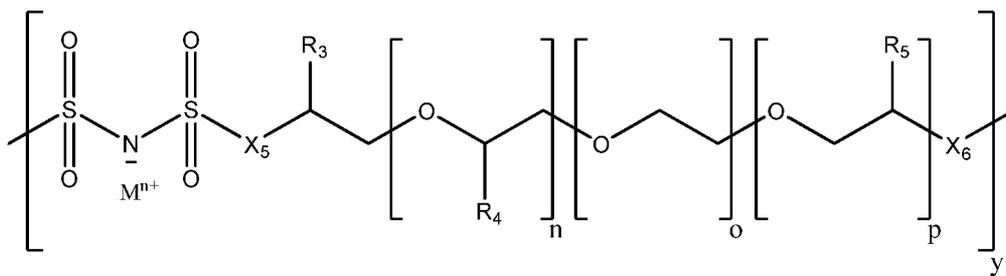
Formule 10

dans laquelle,

- 20 M^{n+} est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} ;
- X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH;
- m est un nombre compris dans l'intervalle de 1 à 68; et

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

38. Polymère ionique selon la revendication 37, dans lequel M^{n+} est un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ et Li^+ .
39. Polymère ionique selon la revendication 37 ou 38, dans lequel M^{n+} est Li^+ .
40. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 37 à 39, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.
41. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 37 à 39, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.
42. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 37 à 39, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements NH.
43. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 37 à 42, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.
44. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 11 :



Formule 11

dans laquelle,

- M^{n+} est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} ;

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH;

R_3 , R_4 et R_5 sont indépendamment et à chaque occurrence choisis parmi les groupements C_1 - C_{10} alkyles;

5 n et p sont choisis de telle sorte que la somme ($n + p$) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6;

o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol,

10 bornes supérieure et inférieure incluses.

45. Polymère ionique selon la revendication 44, dans lequel M^{n+} est un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ et Li^+ .

46. Polymère ionique selon la revendication 44 ou 45, dans lequel M^{n+} est Li^+ .

15 47. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 44 à 46, dans lequel R_3 , R_4 et R_5 sont des groupements méthyles.

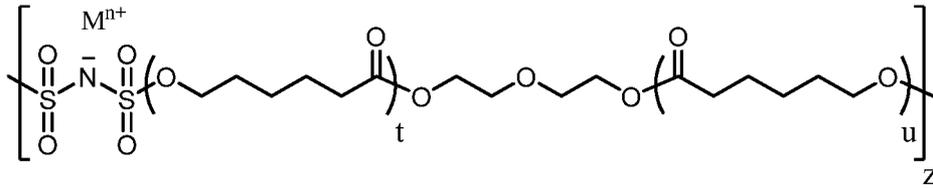
48. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 44 à 47, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.

49. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 44 à 47, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.

20 50. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 44 à 47, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements -NH.

51. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 44 à 50, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

25 52. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un motif de répétition de Formule 12 :



Formule 12

dans laquelle,

M^{n+} est un ion de métal alcalin ou alcalino-terreux choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ , Li^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} ;

5 t et u sont des nombres compris dans l'intervalle de 1 à 10; et

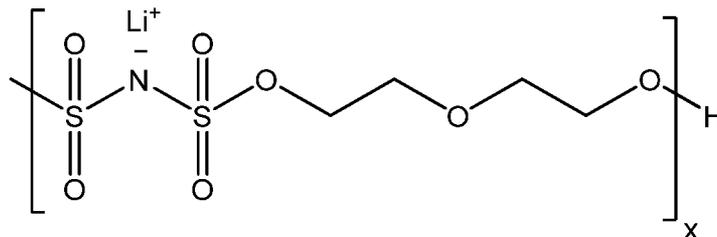
z est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

53. Polymère ionique selon la revendication 52, dans lequel M^{n+} est un ion de métal alcalin choisi parmi le groupe constitué des ions Na^+ , K^+ et Li^+ .

54. Polymère ionique selon la revendication 52 ou 53, dans lequel M^{n+} est Li^+ .

55. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 52 à 54, dans lequel le poids moléculaire moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15 56. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 13 :



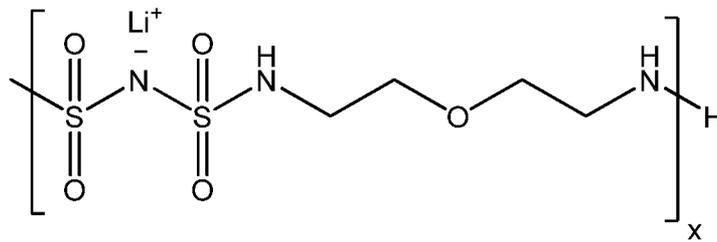
Formule 13

dans laquelle,

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

57. Polymère ionique selon la revendication 56, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

58. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 14 :



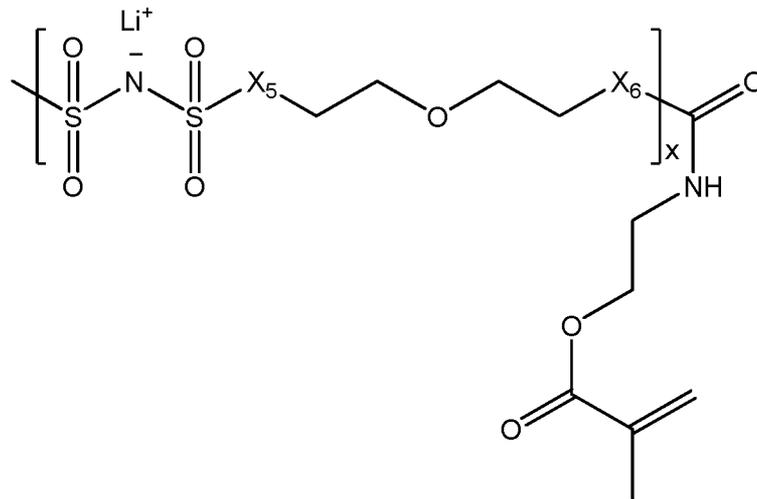
Formule 14

10 dans laquelle,

x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

59. Polymère ionique selon la revendication 58, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

60. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 15 :



Formule 15

dans laquelle,

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement NH; et

5 x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

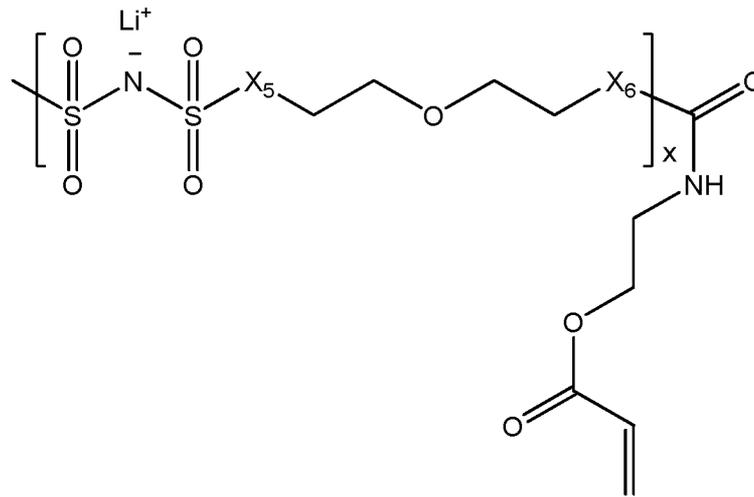
61. Polymère ionique selon la revendication 60, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.

10 62. Polymère ionique selon la revendication 60, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.

63. Polymère ionique selon la revendication 60, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements NH.

15 64. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 60 à 63, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

65. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 16 :



Formule 16

dans laquelle,

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

5 x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

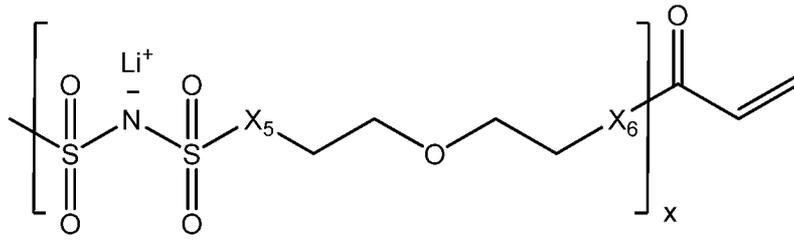
66. Polymère ionique selon la revendication 65, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.

10 67. Polymère ionique selon la revendication 65, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.

68. Polymère ionique selon la revendication 65, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements -NH.

15 69. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 65 à 68, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

70. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 17 :



Formule 17

dans laquelle,

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

- 5 x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

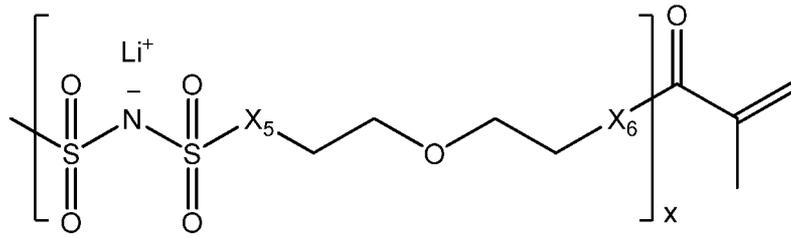
71. Polymère ionique selon la revendication 70, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.

- 10 72. Polymère ionique selon la revendication 70, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.

73. Polymère ionique selon la revendication 70, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements -NH.

- 15 74. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 70 à 73, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

75. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 18 :



Formule 18

dans laquelle,

X_5 et X_6 sont chacun indépendamment choisis parmi un atome d'oxygène, un atome de soufre et un groupement -NH; et

5 x est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

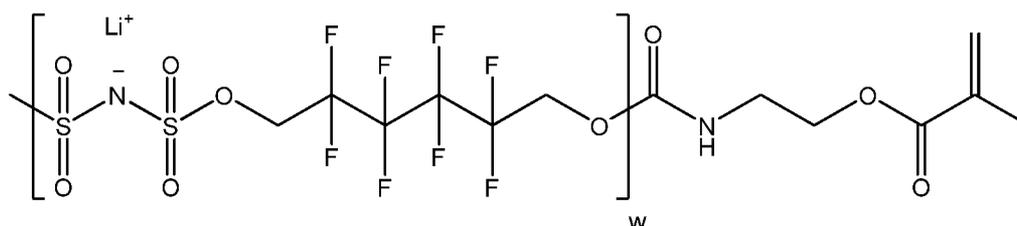
76. Polymère ionique selon la revendication 75, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes d'oxygène.

10 77. Polymère ionique selon la revendication 75, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des atomes de soufre.

78. Polymère ionique selon la revendication 75, dans lequel X_5 et X_6 sont tous deux des groupements -NH.

15 79. Polymère ionique selon l'une quelconque des revendications 75 à 78, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

80. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 19 :



Formule 19

dans laquelle,

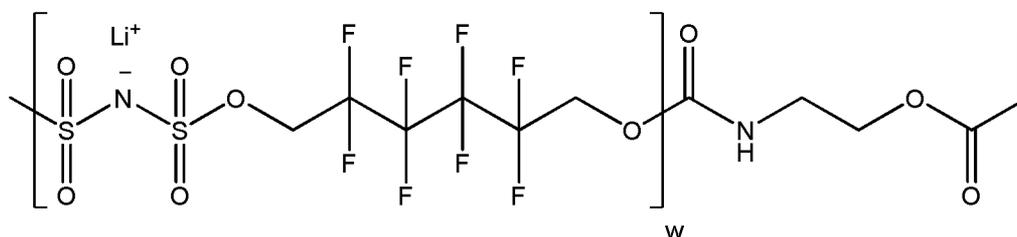
w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

5

81. Polymère ionique selon la revendication 80, dans lequel le poids en nombre moléculaire moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

82. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 20 :

10



Formule 20

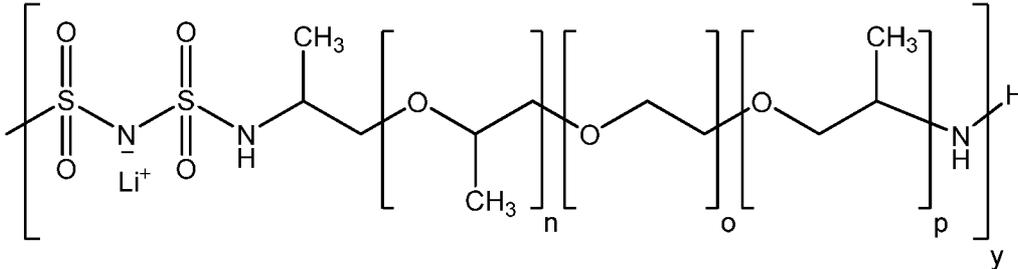
dans laquelle,

w est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

15

83. Polymère ionique selon la revendication 82, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

84. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 21 :



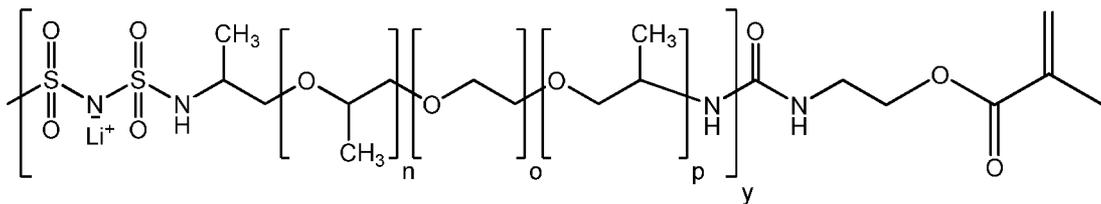
Formule 21

dans laquelle,

- 5 n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6;
- o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39; et
- y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol,
- 10 bornes supérieure et inférieure incluses.

85. Polymère ionique selon la revendication 84, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

- 15 86. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 22 :



Formule 22

dans laquelle,

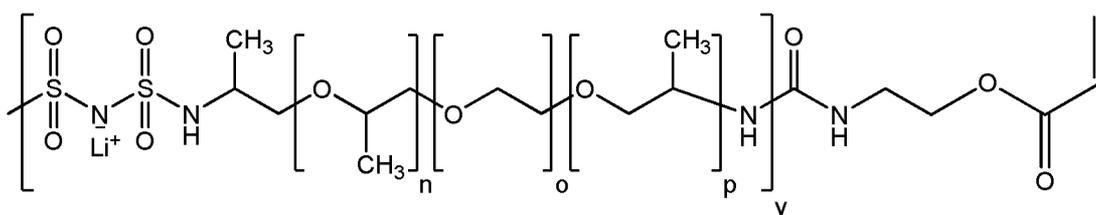
- n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6;

o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

5 87. Polymère ionique selon la revendication 86, dans lequel le poids en nombre moléculaire moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

88. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 23 :



Formule 23

10

dans laquelle,

n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6;

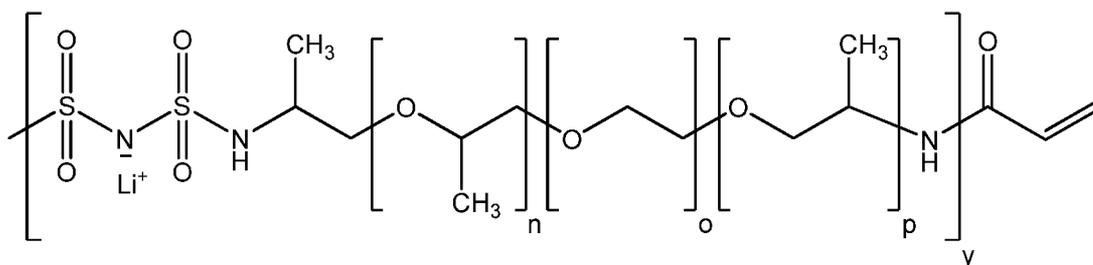
o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39; et

15 y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

89. Polymère ionique selon la revendication 88, dans lequel le poids en nombre moléculaire moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

20

90. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 24 :



Formule 24

dans laquelle,

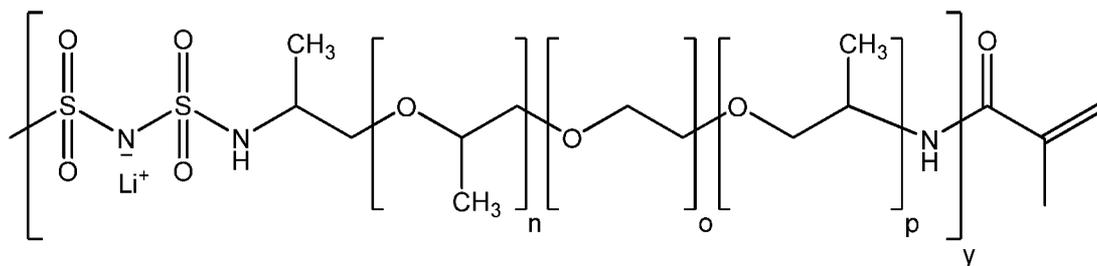
n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6;

5 o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

91. Polymère ionique selon la revendication 90, dans lequel le poids moléculaire en
10 nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

92. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 25 :



Formule 25

15 dans laquelle,

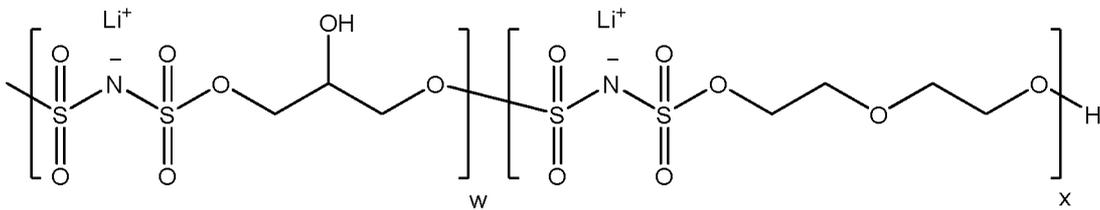
n et p sont choisis de telle sorte que la somme (n + p) soit comprise dans l'intervalle d'environ 1 à environ 6;

o est un nombre compris dans l'intervalle d'environ 2 à environ 39; et

y est un nombre choisi de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

93. Polymère ionique selon la revendication 92, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

94. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 26 :



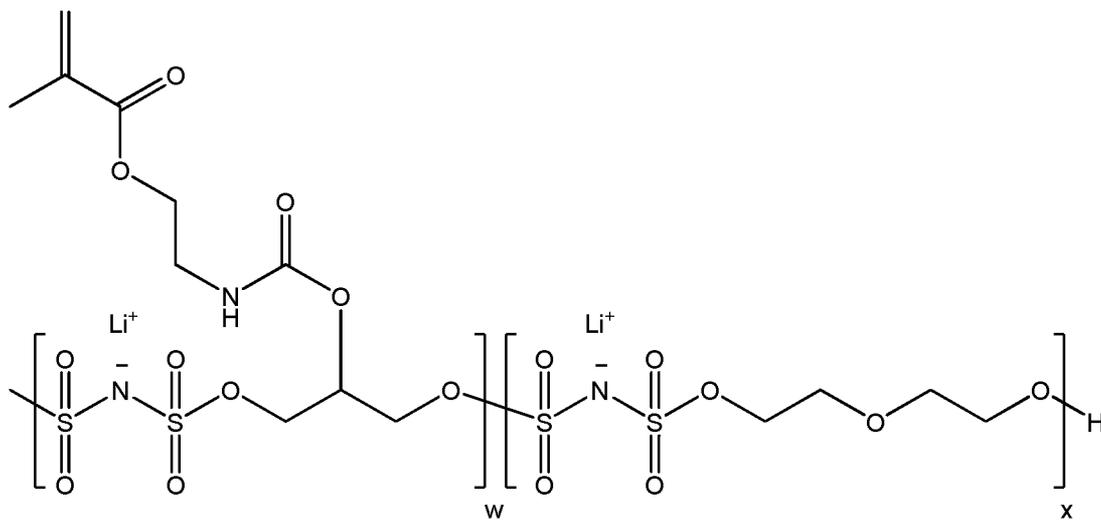
Formule 26

10 dans laquelle,

w et x sont des nombres choisis de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

95. Polymère ionique selon la revendication 94, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

96. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 27 :



Formule 27

dans laquelle,

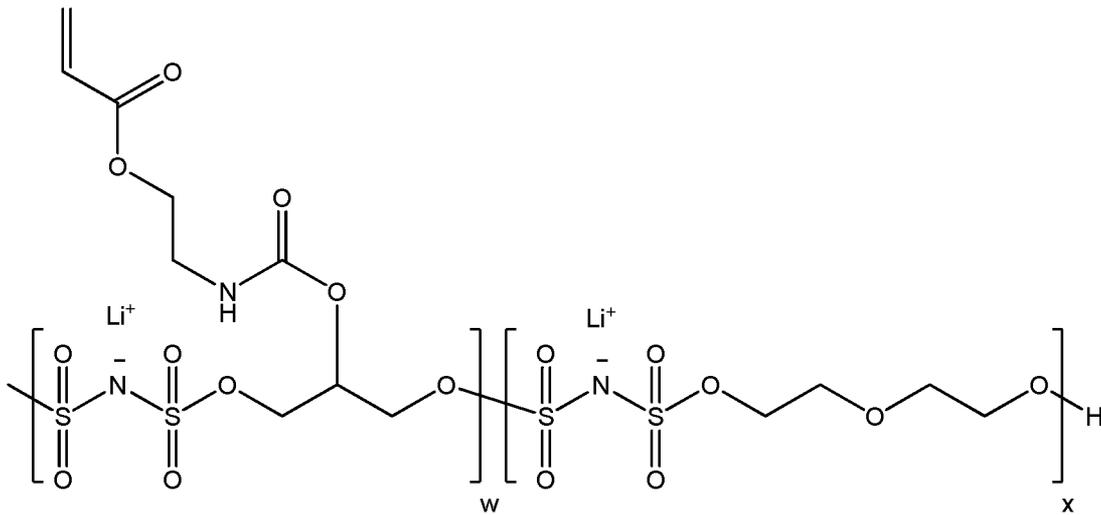
w et x sont des nombres choisis de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

5

97. Polymère ionique selon la revendication 96, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

98. Polymère ionique selon la revendication 1, le polymère ionique comprenant au moins un fragment de Formule 28 :

10



Formule 28

dans laquelle,

w et x sont des nombres choisis de sorte que le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique soit compris entre environ 8 000 g/mol et environ 150 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

99. Polymère ionique selon la revendication 98, dans lequel le poids moléculaire en nombre moyen du polymère ionique est compris entre environ 8 000 g/mol et environ 60 000 g/mol, bornes supérieure et inférieure incluses.

100. Une composition polymérique comprenant au moins un polymère ionique tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 99.

101. Composition polymérique selon la revendication 100, laquelle comprend en outre au moins une composante additionnelle ou un additif.

102. Composition polymérique selon la revendication 101, dans laquelle la composante additionnelle ou l'additif est choisi les matériaux conducteurs ioniques, les particules inorganiques, les particules de verre, les particules de céramique, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

103. Composition polymérique selon la revendication 101 ou 102, dans laquelle la composante additionnelle ou l'additif est un additif de remplissage.

104. Composition polymérique selon la revendication 103, dans laquelle l'additif de remplissage est choisi parmi des particules ou nanoparticules de dioxyde de titane (TiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et de dioxyde de silicium (SiO_2).
105. Composition polymérique selon l'une quelconque des revendications 100 à 104,
5 laquelle est une composition d'électrolyte polymère solide.
106. Composition polymérique selon l'une quelconque des revendications 100 à 104, laquelle est un liant pour matériau d'électrode.
107. Composition polymérique selon l'une quelconque des revendications 100 à 104, laquelle est utilisée dans une cellule électrochimique.
- 10 108. Composition polymérique selon l'une quelconque des revendications 100 à 104, laquelle est utilisée dans un supercondensateur.
109. Composition polymérique selon la revendication 108, dans laquelle le supercondensateur est un supercondensateur carbone-carbone.
110. Composition polymérique selon l'une quelconque des revendications 100 à 104,
15 laquelle est utilisée dans un matériau électrochrome.
111. Une composition d'électrolyte polymère solide comprenant un polymère ionique tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 99 ou une composition polymérique telle que définie à l'une quelconque des revendications 100 à 104.
112. Composition d'électrolyte polymère solide selon la revendication 111, laquelle
20 comprend en outre au moins un sel.
113. Composition d'électrolyte polymère solide selon la revendication 112, dans laquelle le sel est un sel ionique.
114. Composition d'électrolyte polymère solide selon la revendication 113, dans laquelle le sel ionique est choisi parmi un sel de lithium, un sel de sodium, un sel de
25 potassium, un sel de calcium et un sel de magnésium.
115. Composition d'électrolyte polymère solide selon la revendication 114, dans laquelle le sel ionique est un sel de lithium.

116. Composition d'électrolyte polymère solide selon la revendication 115, dans laquelle le sel de lithium est choisi parmi l'hexafluorophosphate de lithium (LiPF_6), le bis(trifluorométhanesulfonyl)imidure de lithium (LiTFSI), le bis(fluorosulfonyl)imidure de lithium (LiFSI), le 2-trifluorométhyl-4,5-dicyano-imidazolote de lithium (LiTDI), le 4,5-dicyano-1,2,3-triazolote de lithium (LiDCTA), le bis (pentafluoroéthylsulfonyl)imidure de lithium (LiBETI), le tétrafluoroborate de lithium (LiBF_4), le bis(oxalato)borate de lithium (LiBOB), le nitrate de lithium (LiNO_3), le chlorure de lithium (LiCl), le bromure de lithium (LiBr), le fluorure de lithium (LiF), le perchlorate de lithium (LiClO_4), l'hexafluoroarsénate de lithium (LiAsF_6), le trifluorométhanesulfonate de lithium (LiSO_3CF_3) (LiTf), le fluoroalkylphosphate de lithium $\text{Li}[\text{PF}_3(\text{CF}_2\text{CF}_3)_3]$ (LiFAP), le tétrakis(trifluoroacétoxy)borate de lithium $\text{Li}[\text{B}(\text{OCOCF}_3)_4]$ (LiTFAB), le bis(1,2-benzenediolato(2-)-O,O')borate de lithium $\text{Li}[\text{B}(\text{C}_6\text{O}_2)_2]$ (LiBBB) et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

117. Composition d'électrolyte polymère solide selon l'une quelconque des revendications 111 à 116, laquelle comprend en outre au moins une composante additionnelle ou un additif.

118. Composition d'électrolyte polymère solide selon la revendication 117, dans laquelle la composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi les matériaux conducteurs ioniques, les particules inorganiques, les particules de verre, les particules de céramique, et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

119. Un électrolyte polymère solide comprenant un polymère ionique tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 99 ou une composition d'électrolyte polymère solide telle que définie à l'une quelconque des revendications 111 à 118, dans lequel ledit polymère ionique est éventuellement réticulé.

120. Un matériau d'électrode comprenant un matériau électrochimiquement actif et un polymère ionique tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 99 ou une composition polymérique telle que définie à l'une quelconque des revendications 100 à 104.

121. Matériau d'électrode selon la revendication 120, dans lequel le polymère ou la composition polymérique est un liant.

122. Matériau d'électrode selon la revendication 120 ou 121, dans lequel le matériau électrochimiquement actif est sous forme de particules.

123. Matériau d'électrode selon l'une quelconque des revendications 120 à 122, dans lequel le matériau électrochimiquement actif est choisi parmi un oxyde de métal, un oxyde de métal et de lithium, un phosphate de métal, un phosphate de métal lithié, un titanate et un titanate de lithium.

124. Matériau d'électrode selon la revendication 123, dans lequel le métal du matériau électrochimiquement actif est choisi parmi le titane (Ti), le fer (Fe), le magnésium (Mg), le manganèse (Mn), le vanadium (V), le nickel (Ni), le cobalt (Co), l'aluminium (Al), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), l'antimoine (Sb) et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

125. Matériau d'électrode selon l'une quelconque des revendications 120 à 124, lequel comprend en outre au moins un matériau conducteur électronique.

126. Matériau d'électrode selon la revendication 125, le matériau conducteur électronique est choisi parmi le noir de carbone, le noir d'acétylène, le graphite, le graphène, les fibres de carbone, les nanofibres de carbone, les nanotubes de carbone et une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

127. Matériau d'électrode selon la revendication 126, le matériau conducteur électronique est le noir d'acétylène.

128. Matériau d'électrode selon l'une quelconque des revendications 120 à 127, lequel comprend en outre au moins une composante additionnelle ou un additif.

129. Matériau d'électrode selon la revendication 128, dans lequel la composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi les conducteurs ioniques, les particules inorganiques, les particules de verre ou de céramique, les nanocéramiques, et les sels.

130. Matériau d'électrode selon la revendication 128 ou 129, dans lequel la composante additionnelle ou l'additif est choisi parmi Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 .

131. Matériau d'électrode selon l'une quelconque des revendications 120 à 130, lequel est un matériau d'électrode positive.

132. Matériau d'électrode selon l'une quelconque des revendications 120 à 130, lequel est un matériau d'électrode négative.

133. Matériau d'électrode selon la revendication 132, dans lequel le matériau électrochimiquement actif est un titanate de lithium.

5 134. Matériau d'électrode selon la revendication 133, dans lequel le titanate de lithium est enrobé de carbone.

135. Une électrode comprenant un matériau d'électrode tel que défini à l'une quelconque des revendications 120 à 134 sur un collecteur de courant.

10 136. Une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte, dans laquelle au moins l'un de l'électrode négative, de l'électrode positive et de l'électrolyte comprend un polymère ionique tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 99 ou une composition polymérique telle que définie dans l'une quelconque des revendications 100 à 104.

15 137. Une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte, dans laquelle au moins l'une de l'électrode négative et de l'électrode positive est telle que définie dans la revendication 135.

138. Une cellule électrochimique comprenant une électrode négative, une électrode positive et un électrolyte polymère solide tel que défini dans la revendication 119.

20 139. Un accumulateur électrochimique comprenant au moins une cellule électrochimique telle que définie à l'une quelconque des revendications 136 à 138.

140. Accumulateur électrochimique selon la revendication 139, dans lequel ledit accumulateur électrochimique est une batterie est choisie parmi une batterie au lithium, une batterie lithium-ion, une batterie au sodium, une batterie sodium-ion, une batterie au magnésium, une batterie magnésium-ion.

25 141. Accumulateur électrochimique selon la revendication 140, dans lequel ladite batterie est une batterie au lithium ou une batterie lithium-ion.

142. Un procédé de préparation d'un polymère ionique tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 99 ou d'une composition polymérique telle que définie à l'une quelconque des revendications 100 à 104, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- (i) préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2; et
- 5 (ii) réaction d'au moins un composé de Formule 1 avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2.

143. Procédé selon la revendication 142, lequel comprend en outre une étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide.

10 144. Procédé selon la revendication 143, dans lequel l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide est effectuée par la réaction entre l'acide sulfamique et un acide halosulfonique en présence d'au moins un agent d'halogénéation.

145. Procédé selon la revendication 144, dans lequel l'agent d'halogénéation est choisi parmi le trichlorure de phosphore, le pentachlorure de phosphore, le chlorure de thionyle, le fluorure de thionyle, l'oxychlorure de phosphore et le chlorure d'oxalyle.

15 146. Procédé selon la revendication 144 ou 145, dans lequel l'agent d'halogénéation est le chlorure de thionyle.

147. Procédé selon l'une quelconque des revendications 144 à 146, dans lequel l'acide halosulfonique est l'acide chlorosulfonique.

20 148. Procédé selon l'une quelconque des revendications 143 à 147, dans lequel ladite étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide est effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 60 °C à environ 150 °C, ou allant d'environ 70 °C à environ 145 °C, ou allant d'environ 80 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 90 °C à environ 100 °C, ou allant d'environ 110 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 120 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 125 °C à environ 140 °C, ou allant d'environ 125 °C

25 à environ 135 °C, bornes supérieures et inférieures incluses.

149. Procédé selon l'une quelconque des revendications 143 à 148, dans lequel ladite étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imide est effectuée à une température d'environ 130 °C pour une durée d'environ 24 heures.

150. Procédé selon l'une quelconque des revendications 143 à 149, dans lequel le bis(halosulfonyl)imide est un bis(chlorosulfonyl)imide.

151. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 150, dans lequel l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée par une réaction de
5 métallation entre un bis(halosulfonyl)imide et au moins un agent de métallation, optionnellement en présence d'un solvant.

152. Procédé selon la revendication 151, dans lequel l'agent de métallation comprend un métal alcalin choisi parmi le lithium, le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium.

10 153. Procédé selon la revendication 152, dans lequel l'agent de métallation comprend un métal alcalin choisi parmi le lithium, le sodium et le potassium.

154. Procédé selon la revendication 153, dans lequel l'agent de métallation est un agent de lithiation.

15 155. Procédé selon la revendication 154, dans lequel l'agent de lithiation est choisi parmi l'hydroxyde de lithium, le carbonate de lithium, l'hydrogénocarbonate de lithium, l'hydrure de lithium, le chlorure de lithium, le bromure de lithium, l'iodure de lithium, un carboxylate de lithium de formule RCO_2Li (dans laquelle R est un groupement $\text{C}_1\text{-C}_{10}$ alkyle linéaire ou ramifié ou un hydrocarbure aromatique), l'oxalate de lithium et le lithium métallique.

20 156. Procédé selon la revendication 154 ou 155, dans lequel l'agent de lithiation est le chlorure de lithium (LiCl).

157. Procédé selon l'une quelconque des revendications 151 à 156, dans lequel le solvant est choisi parmi le N,N-diméthylformamide, le N-méthyl-2-pyrrolidone, le diméthylacétamide, le tétrachlorométhane, le chloroforme, l'acétonitrile, le
25 tétrahydrofurane et d'une combinaison miscible d'au moins deux de ceux-ci.

158. Procédé selon la revendication 157, dans lequel le solvant est le N,N-diméthylformamide.

159. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 158, dans lequel l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée à une température comprise dans l'intervalle allant d'environ 20 °C à environ 150 °C, ou allant d'environ 30 °C à environ 135 °C, ou allant d'environ 40 °C à environ 130 °C, ou allant d'environ 50 °C à environ 125 °C, ou allant d'environ 60 °C à environ 120 °C, ou allant d'environ 70 °C à environ 115 °C, ou allant d'environ 80 °C à environ 110 °C, ou allant d'environ 90 °C à environ 105 °C, bornes supérieures et inférieures incluses.

160. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 158, dans lequel l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée à une température d'environ 100 °C.

161. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 159, dans lequel l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée pour une période de temps comprise dans l'intervalle allant d'environ 10 heures à environ 48 heures, ou allant d'environ 10 heures à environ 24 heures, ou allant d'environ 12 heures à environ 24 heures, bornes supérieures et inférieures incluses.

162. Procédé selon la revendication 161, dans lequel l'étape de préparation d'un bis(halosulfonyl)imidure de métal est effectuée pour une durée comprise dans l'intervalle allant d'environ 12 heures à environ 24 heures, bornes supérieure et inférieure incluses.

163. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 162, l'étape de réaction d'au moins un composé de Formule 1 avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 est une étape de polymérisation.

164. Procédé selon la revendication 163, dans lequel la polymérisation est effectuée par polycondensation.

165. Procédé selon la revendication 163, dans lequel la polymérisation est effectuée par polyestérification.

166. Procédé selon la revendication 165, dans lequel la polyestérification est effectuée par une réaction d'estérification de Fischer.

167. Procédé selon la revendication 165, dans lequel la polyestérification est effectuée par une réaction d'estérification de Steglich.

168. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 167, dans lequel l'étape de réaction d'au moins un composé de Formule 1 avec ledit bis(halosulfonyl)imidure de métal de Formule 2 est effectuée en présence d'un solvant.

5 169. Procédé selon la revendication 168, dans lequel le solvant est choisi parmi le N,N-diméthylformamide, le N-méthyl-2-pyrrolidone, le diméthylacétamide, le tétrachlorométhane, le chloroforme, l'acétonitrile, le tétrahydrofurane et une combinaison miscible d'au moins deux de ceux-ci.

170. Procédé selon la revendication 169, dans lequel le solvant est le N,N-diméthylformamide.

10 171. Procédé selon l'une quelconque des revendications 163 à 170, dans lequel l'étape de polymérisation est effectuée en présence d'au moins une base et éventuellement d'au moins un catalyseur de polymérisation et/ou d'au moins un co-catalyseur et/ou éventuellement d'au moins catalyseur d'acylation.

15 172. Procédé selon la revendication 171, dans lequel le catalyseur de polymérisation est choisi parmi le groupe constitué d'un catalyseur acide, un catalyseur nucléophile et un catalyseur à base de bore.

173. Procédé selon la revendication 172, dans lequel le catalyseur acide est un catalyseur acide de Lewis.

20 174. Procédé selon la revendication 172, dans lequel le catalyseur nucléophile est choisi parmi le groupe constitué de la 4-diméthylaminopyridine, de la pyridine, et d'autres dérivés de pyridine.

175. Procédé selon la revendication 174, dans lequel le catalyseur nucléophile est la 4-diméthylaminopyridine.

25 176. Procédé selon la revendication 172, dans lequel le catalyseur à base de bore est un catalyseur à base d'acide borique, un catalyseur à base d'acide boronique, ou un catalyseur à base d'acide borinique.

177. Procédé selon la revendication 172, dans lequel le catalyseur de polymérisation est choisi parmi les acides diarylboriniques de formule Ar_2BOH (dans laquelle Ar est un

groupement aryle), l'acide diphénylborinique, l'acide trifluorophényl boronique, le 9H-9-bora-10-thiaanthracene-9-ol, le 10H-phénoxaborinin-10-ol, le tribromure de bore, le trichlorure de bore, les fluoborates d'acyle, le fluoborate de triéthylxonium, l'éthérate de trifluorure de bore, le trifluorure de bore, le tris(pentafluorophényl) de bore, et une
5 combinaison d'au moins deux de ceux-ci lorsque compatibles.

178. Procédé selon l'une quelconque des revendications 163 à 177, dans lequel la base est choisie parmi le groupe constitué de la triéthylamine, de la N,N-diisopropyléthylamine, de la pyridine et des dérivés de pyridine.

179. Procédé selon la revendication 178, dans lequel la base est la triéthylamine.

10 180. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 179, lequel comprend en outre une étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation.

181. Procédé selon la revendication 180, dans lequel l'étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation est effectuée afin d'introduire au moins un groupement fonctionnel réticulable.

15 182. Procédé selon la revendication 181, dans lequel l'étape de post-fonctionnalisation ou de modification post-polymérisation est effectuée par la réaction entre au moins un groupement fonctionnel et au moins un précurseur d'un groupement fonctionnel réticulable.

183. Procédé selon l'une quelconque des revendications 181 à 182, dans lequel le
20 groupement fonctionnel réticulable est choisi parmi les groupements acrylate, méthacrylate, C₁-C₁₀alkyle-acrylate, C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, aminocarbonyl-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate, oxycarbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-
25 méthacrylate, carbonyloxy-C₁-C₁₀alkyle-acrylate, carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-méthacrylate et carbonylamino-C₁-C₁₀alkyle-acrylate.

184. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 183, lequel comprend en outre une étape de séparation ou de purification.

185. Procédé selon la revendication 184, dans lequel l'étape de séparation ou de purification est effectuée par une méthode de chromatographie en phase liquide ou une méthode de filtration.

5 186. Procédé selon la revendication 185, dans lequel la méthode de chromatographie en phase liquide est la chromatographie d'exclusion stérique.

187. Procédé selon la revendication 185, dans lequel la méthode de filtration est une méthode de filtration sur membrane.

10 188. Procédé selon la revendication 187, dans lequel la méthode de filtration sur membrane est méthode de nanofiltration sur membrane ou une méthode d'ultrafiltration sur membrane.

189. Procédé selon la revendication 188, dans lequel la méthode de filtration sur membrane est méthode d'ultrafiltration sur membrane.

190. Procédé selon la revendication 189, dans lequel la membrane a une limite d'exclusion de poids moléculaire de 1 000 DA.

15 191. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 190, lequel comprend en outre une étape d'enduction de la composition polymérique.

20 192. Procédé selon la revendication 191, dans lequel l'étape d'enduction est effectuée par au moins une méthode choisie parmi une méthode d'enduction à la racle, une méthode d'enduction à intervalle de transfert, une méthode d'enduction à intervalle de transfert inversé, une méthode d'impression, une méthode de gravure et une méthode d'enduction fente.

193. Procédé selon la revendication 192, dans lequel l'étape d'enduction est effectuée par au moins une méthode choisie parmi une méthode d'enduction à la racle et une méthode d'enduction fente.

25 194. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 193, lequel comprend en outre une étape de séchage de la composition polymérique afin d'éliminer tout solvant résiduel et/ou eau.

195. Procédé selon la revendication 194, dans lequel l'étape de séchage de la composition polymérique et l'étape d'enduction de la composition polymérique sont effectuées simultanément.

5 196. Procédé selon l'une quelconque des revendications 142 à 195, lequel comprend en outre une étape de réticulation.

197. Procédé selon la revendication 196, dans lequel l'étape de réticulation est effectuée par irradiation UV, par traitement thermique, par irradiation micro-ondes, sous un faisceau d'électrons, par irradiation gamma, ou par irradiation aux rayons X.

10 198. Procédé selon la revendication 197, dans lequel l'étape de réticulation est effectuée par irradiation UV, par traitement thermique, ou sous un faisceau d'électrons.

199. Procédé selon l'une quelconque des revendications 196 à 198, dans lequel l'étape de réticulation est effectuée en présence d'au moins l'un parmi un agent réticulant, un initiateur thermique, un photoinitiateur, un catalyseur, un agent plastifiant ou d'une combinaison d'au moins deux de ceux-ci.

15 200. Procédé selon la revendication 199, dans lequel l'agent réticulant est le 2,2-diméthoxy-2-phénylacétophénone (Irgacure™ 651).

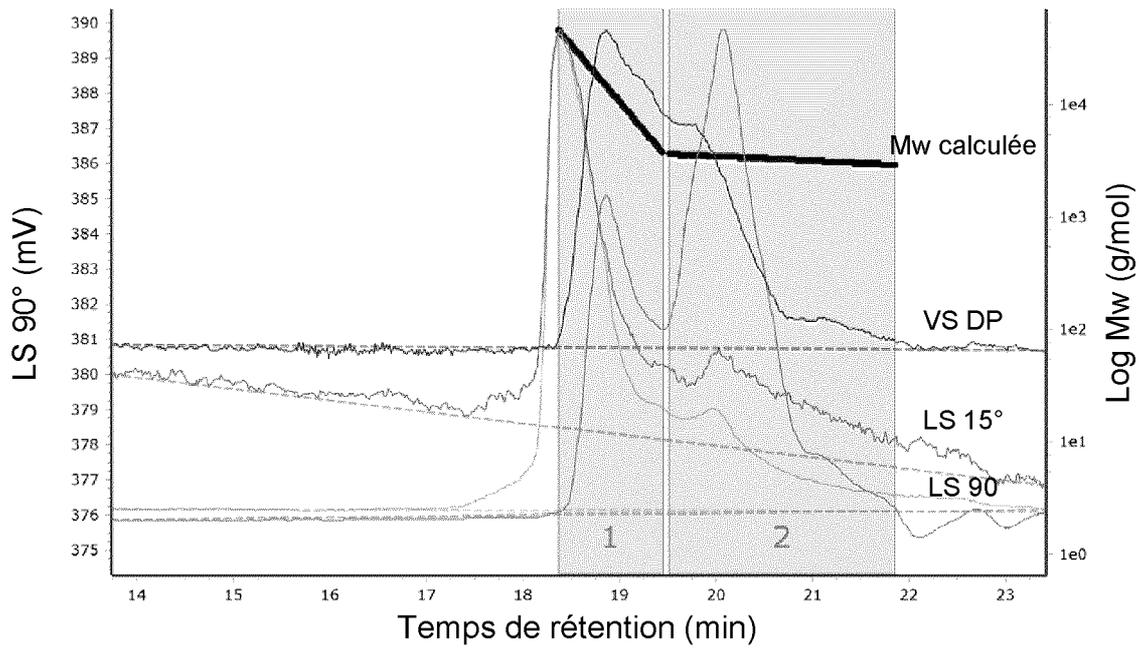


Figure 1

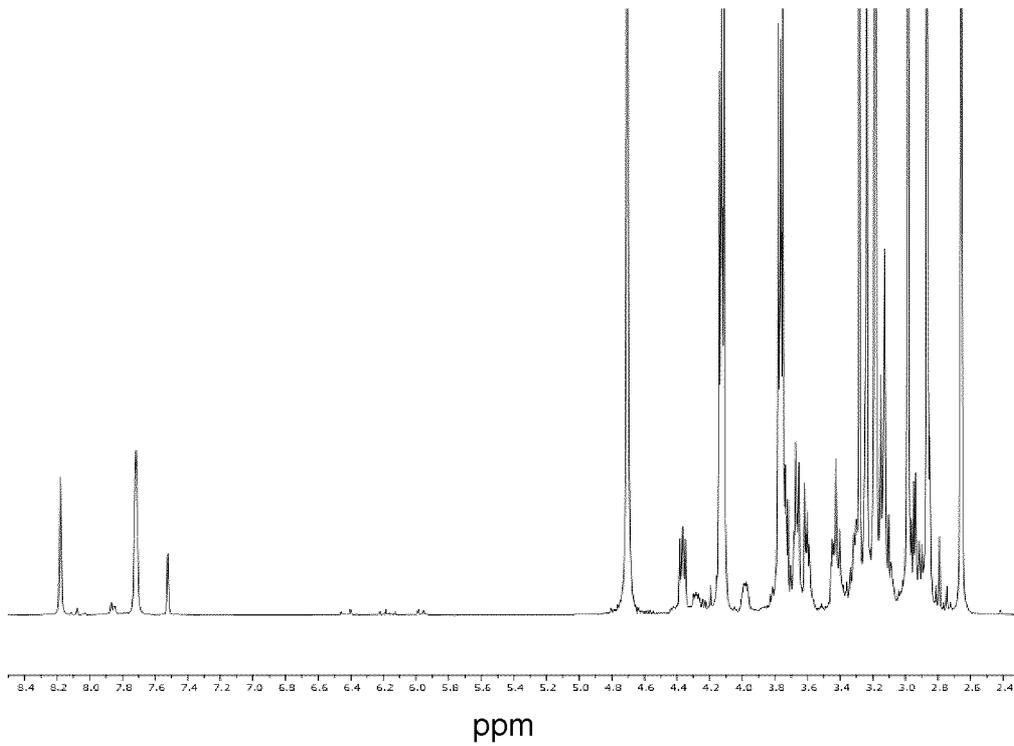


Figure 2

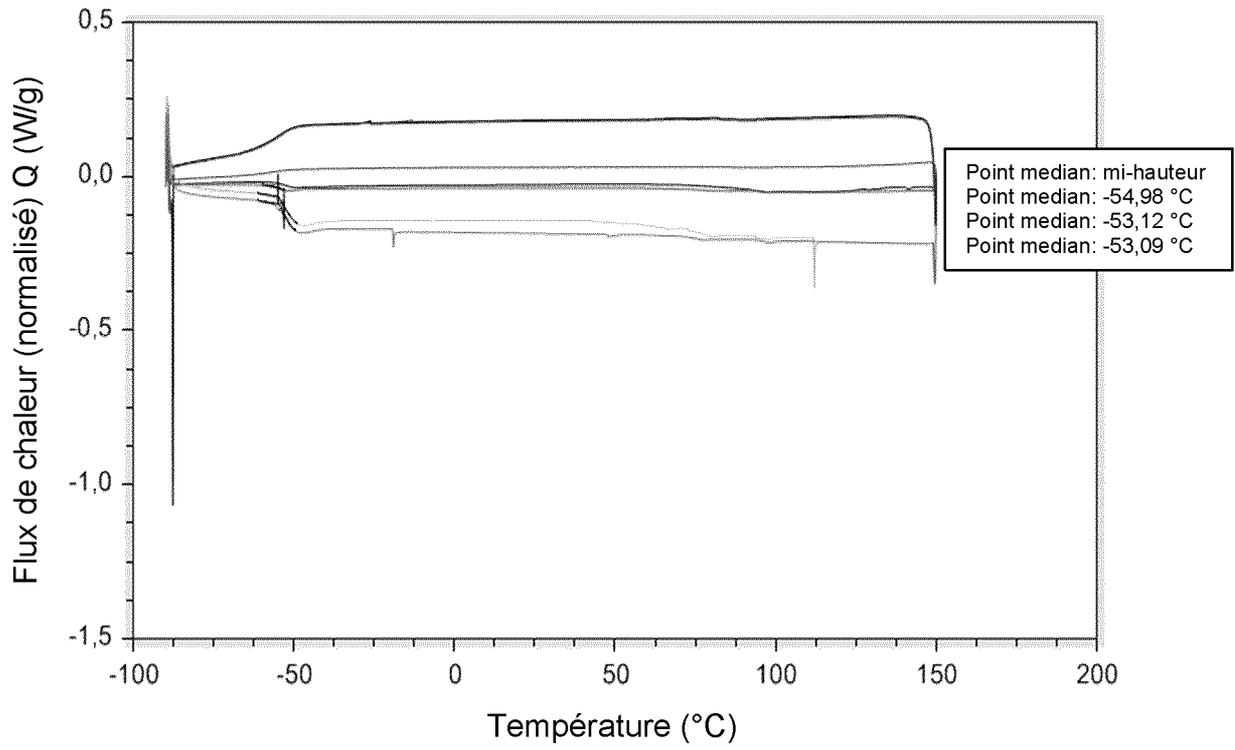


Figure 3

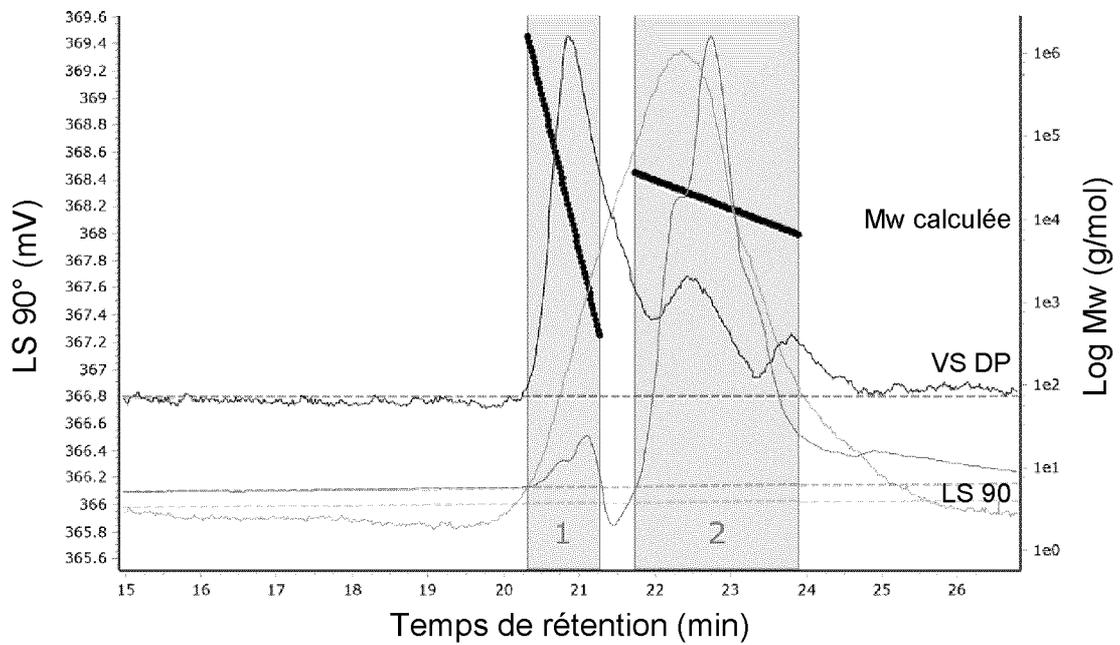


Figure 4

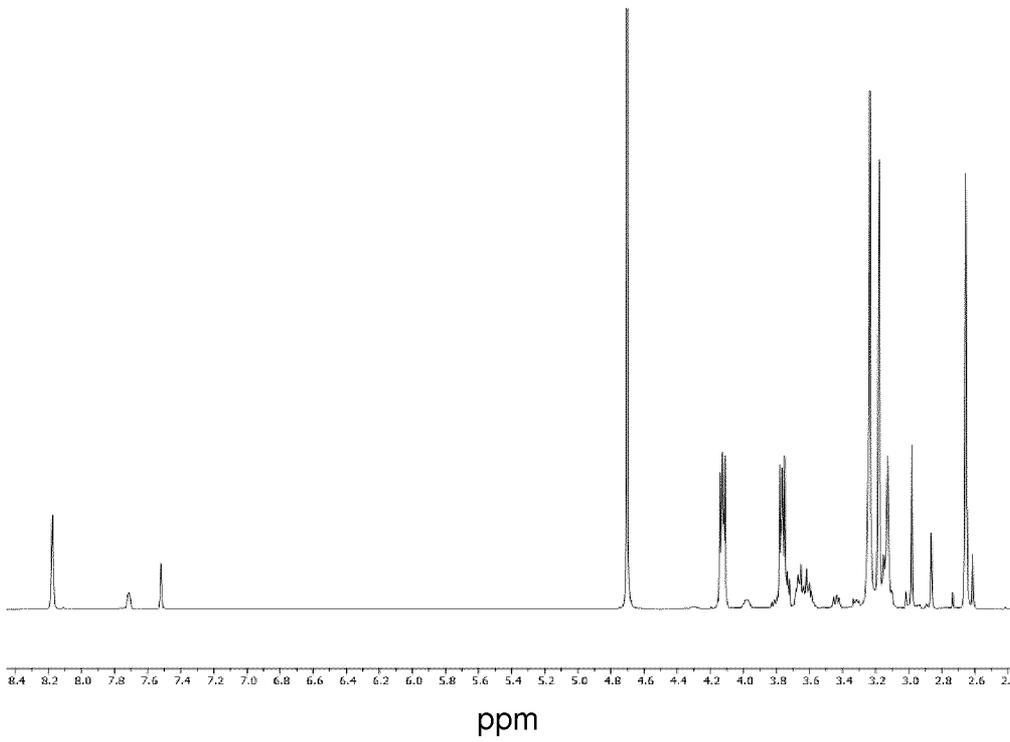


Figure 5

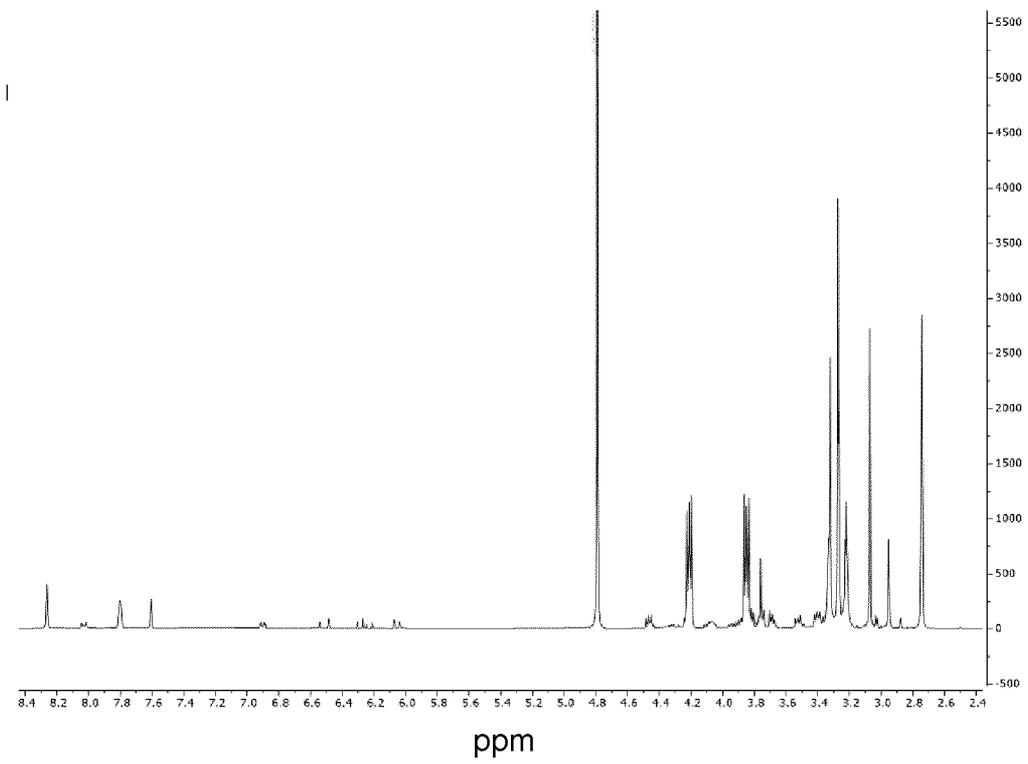


Figure 6

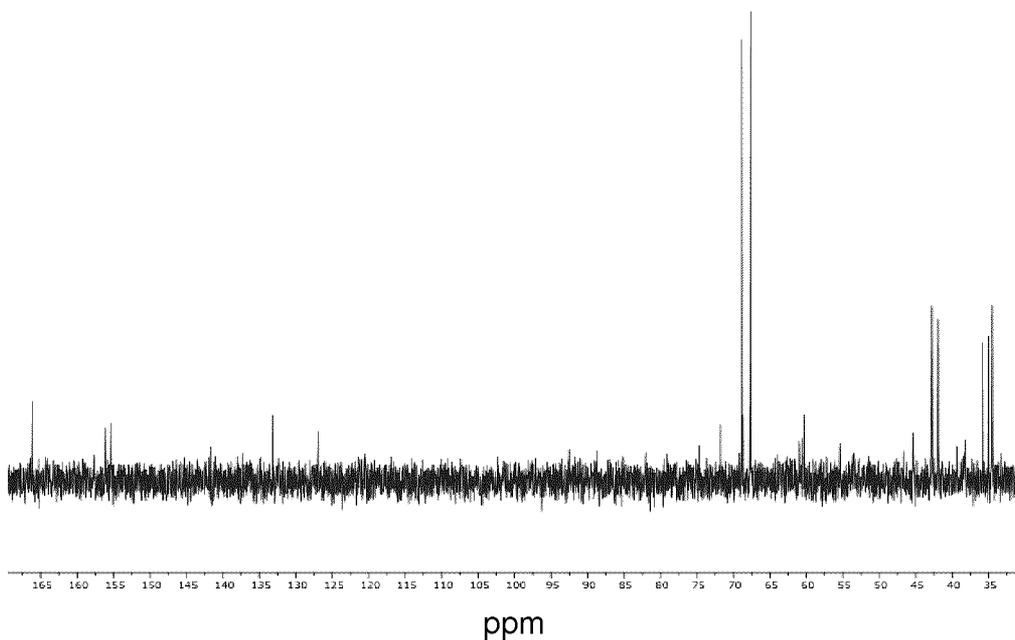


Figure 7

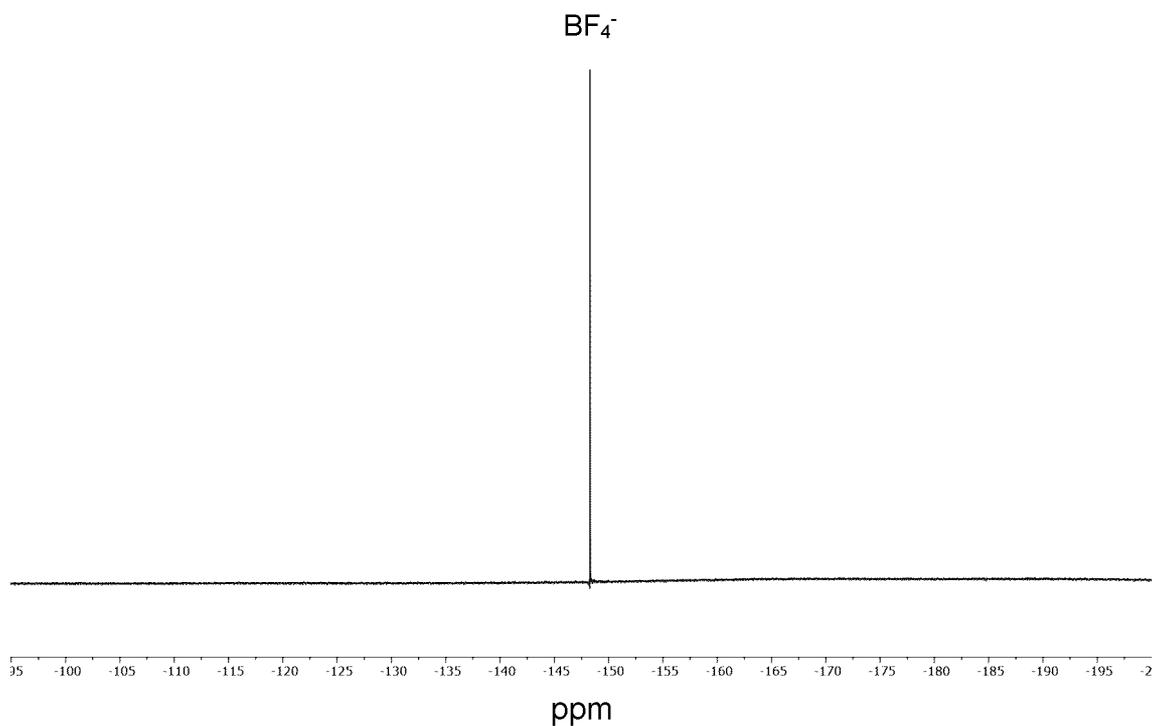


Figure 8

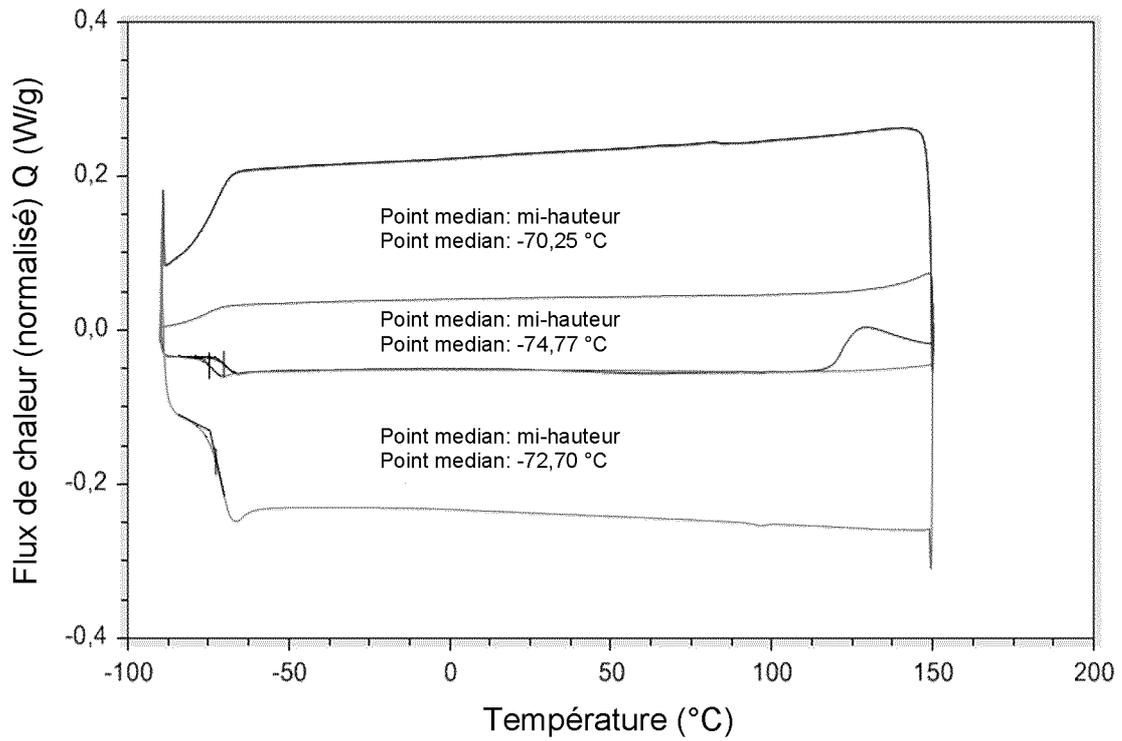


Figure 9

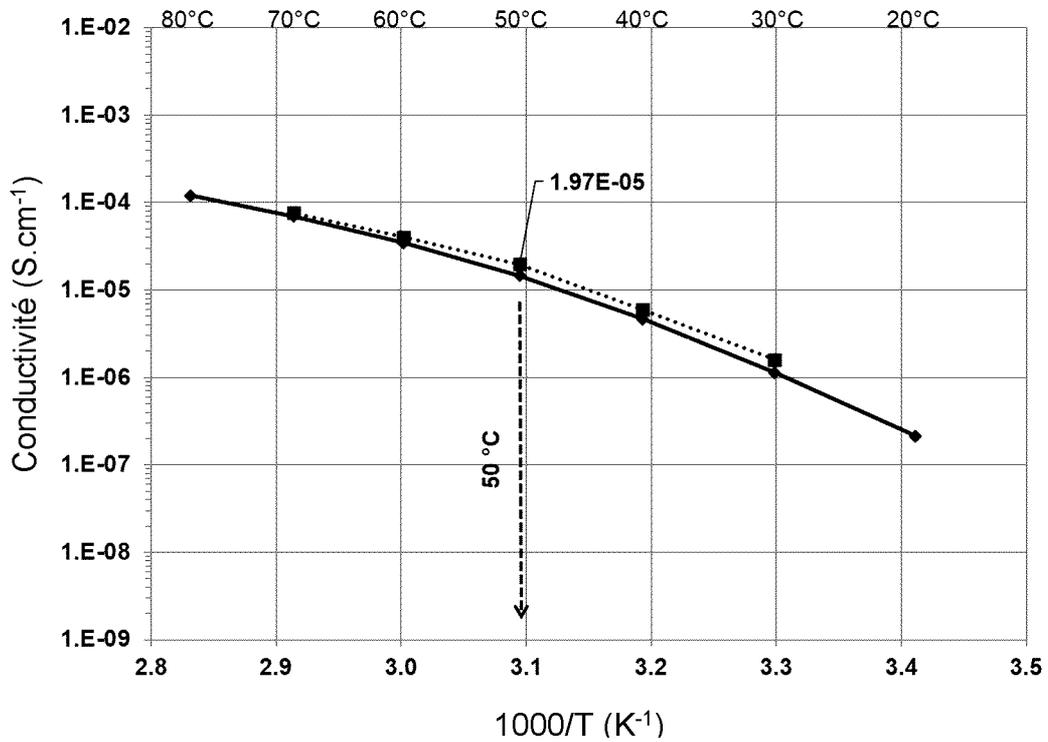


Figure 10

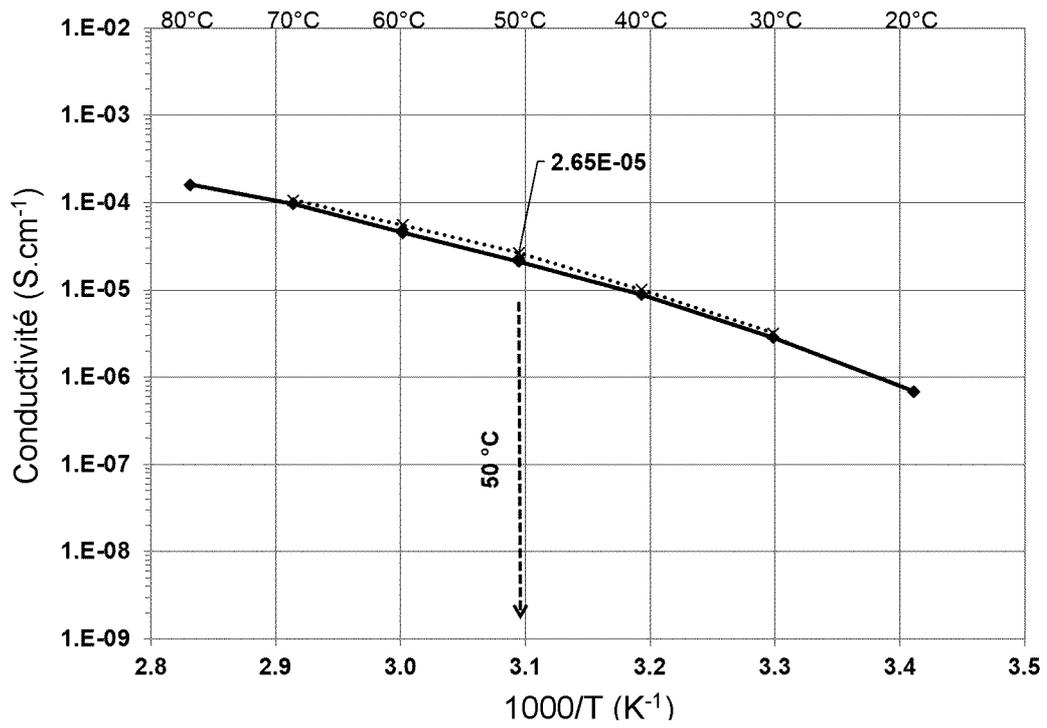


Figure 11

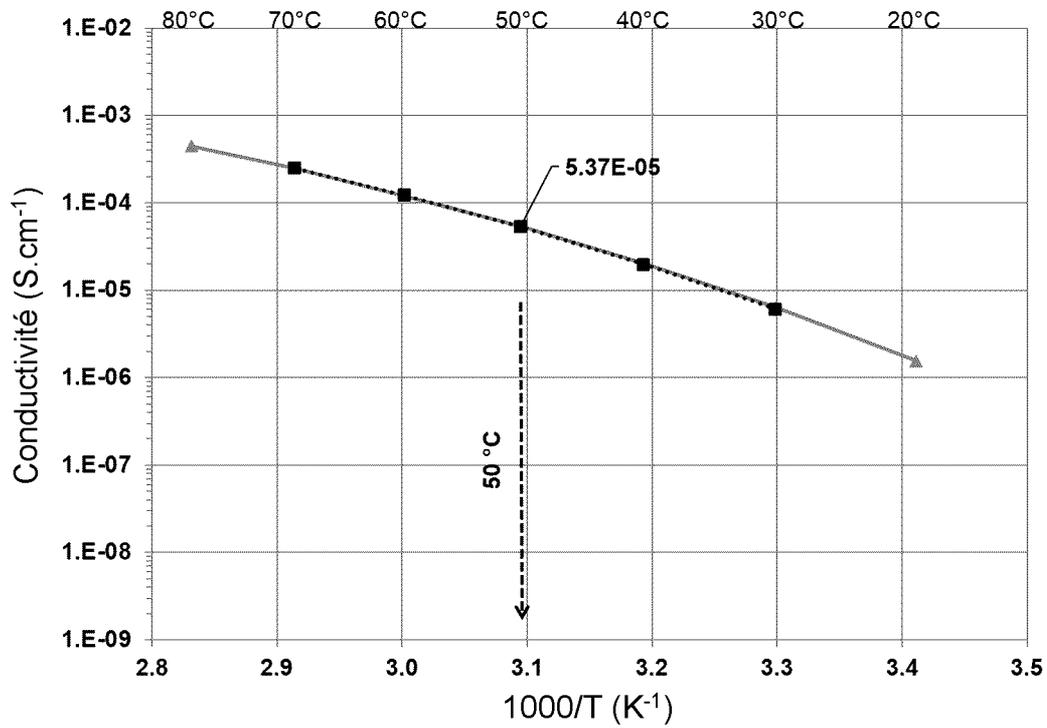


Figure 12

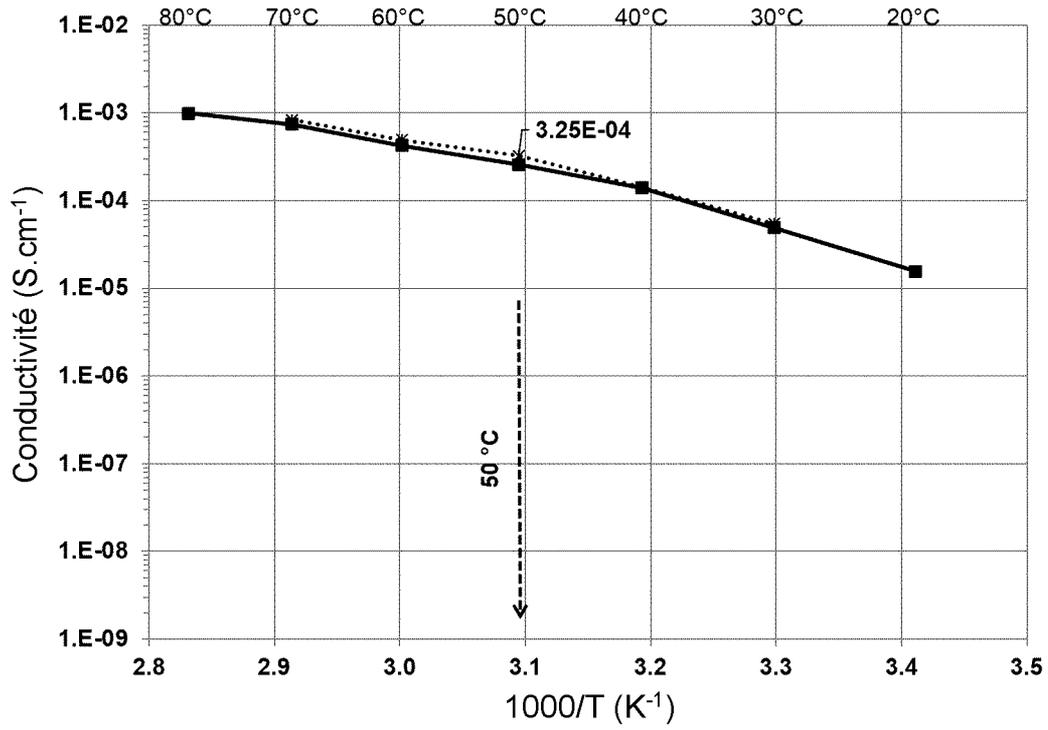


Figure 13

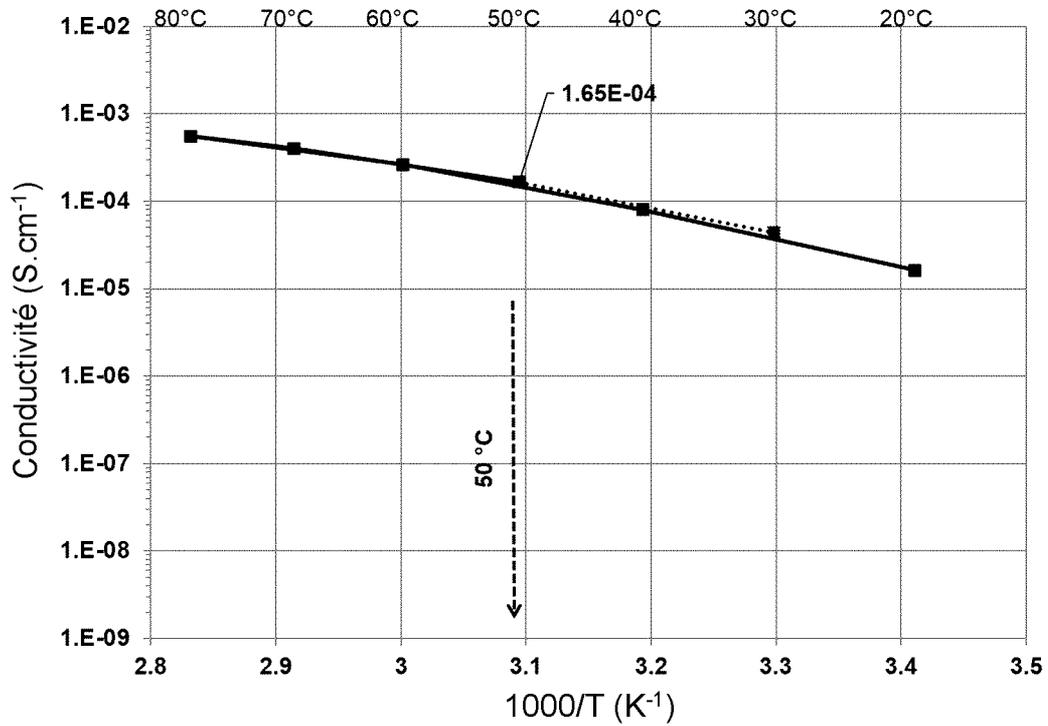


Figure 14

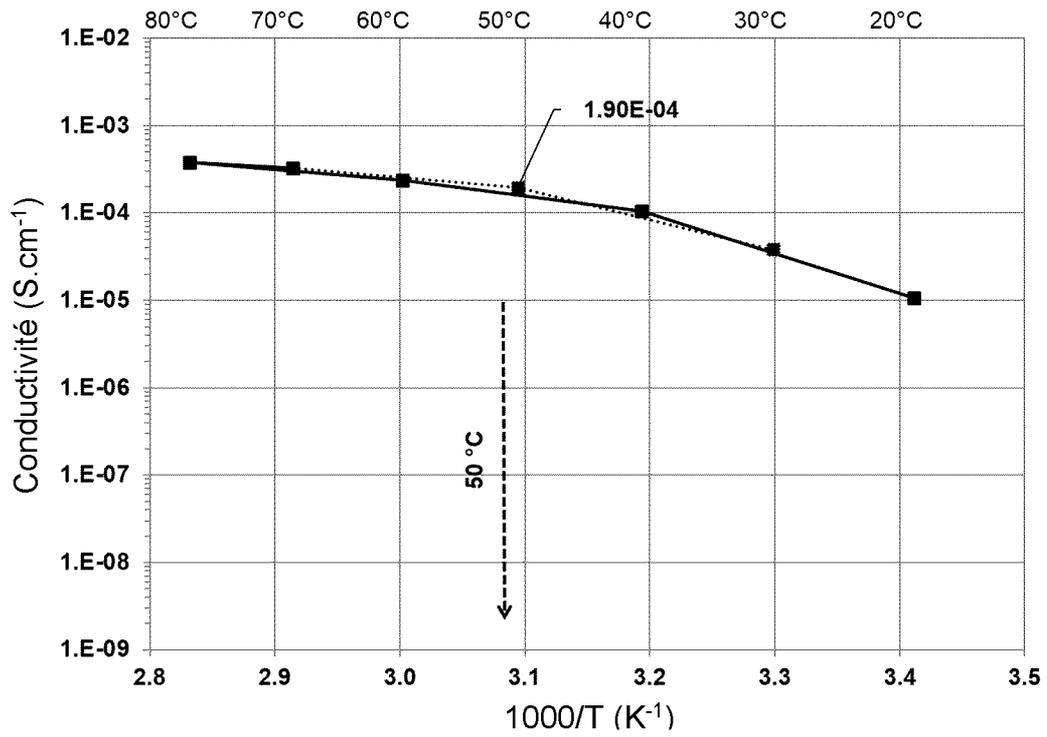


Figure 15

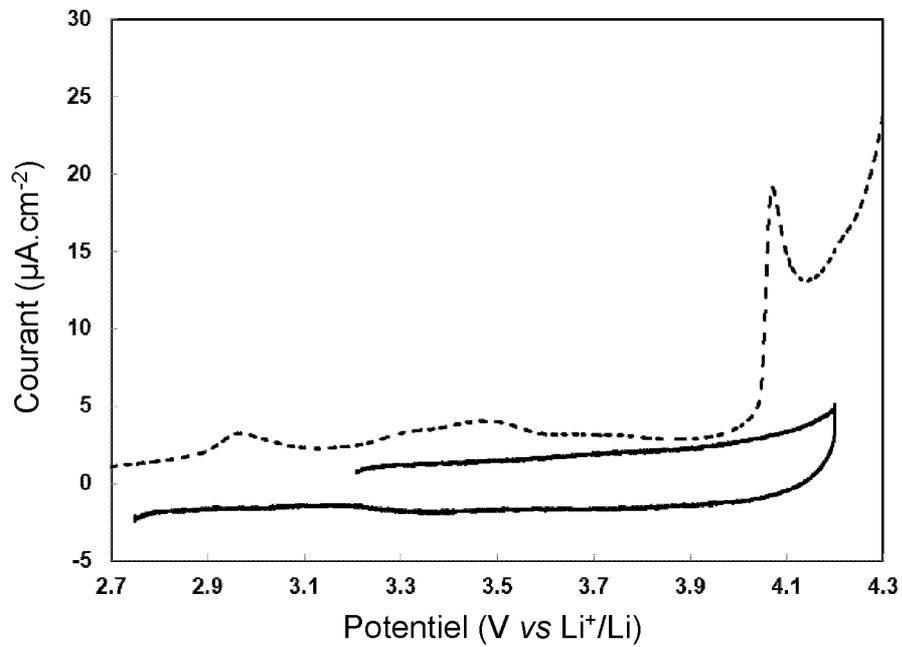


Figure 16

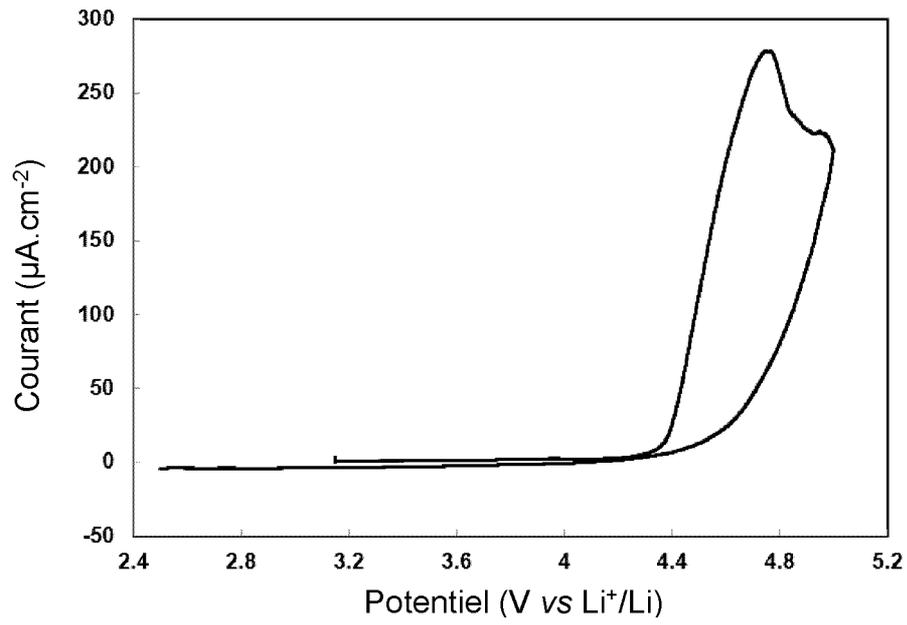


Figure 17

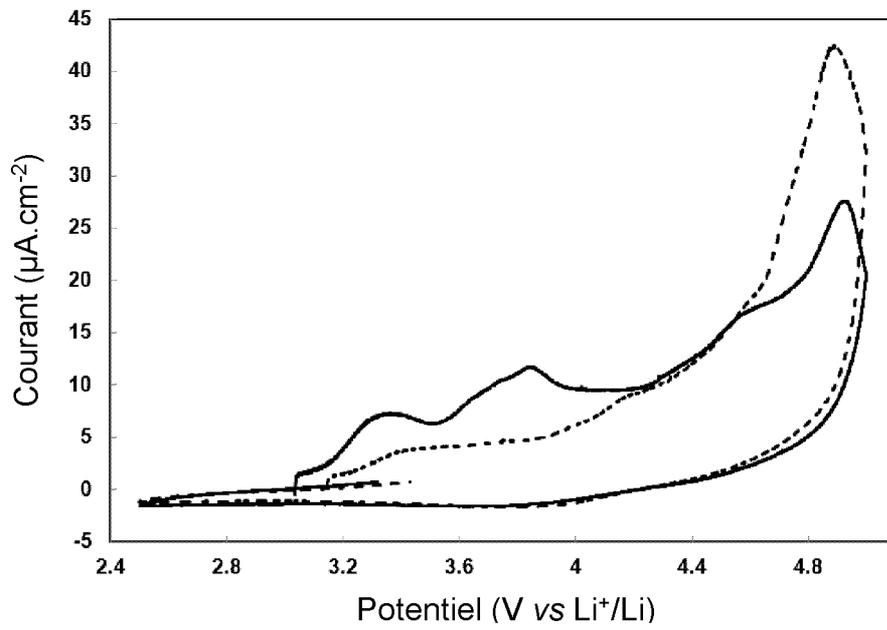
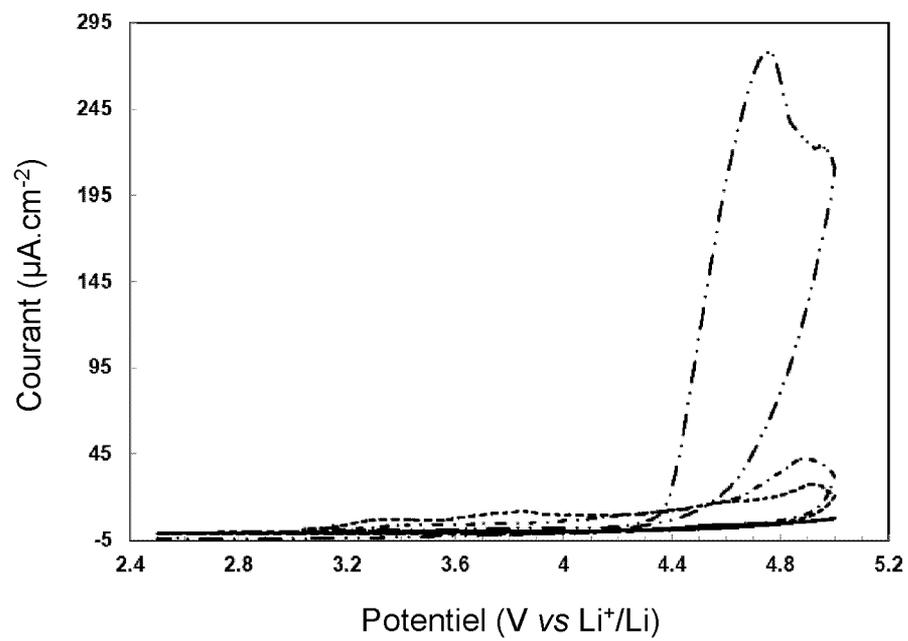


Figure 18

**Figure 19**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CA2021/050071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER CIB: C08G 75/30 (2006.01), C08L 81/10 (2006.01), C25B 13/08 (2006.01), H01G 11/48 (2013.01), H01M 10/0565 (2010.01), H01M 6/18 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) CIB: C08G 75/30 (2006.01), C08L 81/10 (2006.01), C25B 13/08 (2006.01), H01G 11/48 (2013.01), H01M 10/0565 (2010.01), H01M 6/18 (2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A		1-200
A		1-200
A		1-200
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 mars 2021 (24-03-2021)		Date of mailing of the international search report 01 avril 2021 (01-04-2021)
Name and mailing address of the ISA/ Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CA2021/050071

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
WO2018006016A1	04 January 2018 (04-01-2018)	WO2018006016A1 CN109478684A EP3479431A1 EP3479431A4 JP2019525396A JP6783330B2 KR20190007527A US2018006328A1 US10734676B2 US2020321653A1	04 January 2018 (04-01-2018) 15 March 2019 (15-03-2019) 08 May 2019 (08-05-2019) 11 December 2019 (11-12-2019) 05 September 2019 (05-09-2019) 11 November 2020 (11-11-2020) 22 January 2019 (22-01-2019) 04 January 2018 (04-01-2018) 04 August 2020 (04-08-2020) 08 October 2020 (08-10-2020)
CN1142610C	17 March 2004 (17-03-2004)	CN1320979A CN1142610C	07 November 2001 (07-11-2001) 17 March 2004 (17-03-2004)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/CA2021/050071

<p>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB: C08G 75/30 (2006.01), C08L 81/10 (2006.01), C25B 13/08 (2006.01), H01G 11/48 (2013.01), H01M 10/0565 (2010.01), H01M 6/18 (2006.01)</p>														
<p>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ</p> <p>Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB: C08G 75/30 (2006.01), C08L 81/10 (2006.01), C25B 13/08 (2006.01), H01G 11/48 (2013.01), H01M 10/0565 (2010.01), H01M 6/18 (2006.01)</p> <p>Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche</p> <p>Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) STNext (registry, CAPlus), Base de donnée des brevets canadiens, Scopus</p> <p>Termes de recherche : imide, imidure, polymère ionique, conductivité</p>														
<p>C. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Catégorie*</th> <th>Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents</th> <th>n° des revendications visées</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>ESHETU G. G. et al., « Ultrahigh Performance All Solid-State Lithium Sulfur Batteries: Salt Anion's Chemistry-Induced Anomalous Synergistic Effect », <i>J. Am. Chem. Soc.</i>, 2018, 140, 9921–9933. **voir la section expérimentale**</td> <td>1-200</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO2018006016A1 (O'NEILL C. et al.), 04 January 2018 (04-01-2018) **voir les exemples**</td> <td>1-200</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN1142610C (JIN N. et al.), 17 March 2004 (17-03-2004) **voir les revendications**</td> <td>1-200</td> </tr> </tbody> </table>			Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	n° des revendications visées	A	ESHETU G. G. et al., « Ultrahigh Performance All Solid-State Lithium Sulfur Batteries: Salt Anion's Chemistry-Induced Anomalous Synergistic Effect », <i>J. Am. Chem. Soc.</i> , 2018, 140, 9921–9933. **voir la section expérimentale**	1-200	A	WO2018006016A1 (O'NEILL C. et al.), 04 January 2018 (04-01-2018) **voir les exemples**	1-200	A	CN1142610C (JIN N. et al.), 17 March 2004 (17-03-2004) **voir les revendications**	1-200
Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	n° des revendications visées												
A	ESHETU G. G. et al., « Ultrahigh Performance All Solid-State Lithium Sulfur Batteries: Salt Anion's Chemistry-Induced Anomalous Synergistic Effect », <i>J. Am. Chem. Soc.</i> , 2018, 140, 9921–9933. **voir la section expérimentale**	1-200												
A	WO2018006016A1 (O'NEILL C. et al.), 04 January 2018 (04-01-2018) **voir les exemples**	1-200												
A	CN1142610C (JIN N. et al.), 17 March 2004 (17-03-2004) **voir les revendications**	1-200												
<p><input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents. <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe.</p>														
<p>* Catégories spéciales de documents cités :</p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, n'étant pas considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"D" document cité par le déposant dans la demande internationale</p> <p>"E" demande ou brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais après la date de priorité revendiquée</p> <p>"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour permettre de comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>"&" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>														
<p>Date à laquelle la recherche a été effectivement achevée 24 mars 2021 (24-03-2021)</p>		<p>Date d'expédition du rapport de recherche 01 avril 2021 (01-04-2021)</p>												
<p>Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale/CA Office de la propriété intellectuelle du Canada Place du Portage I, C114 - 1er étage, Boîte PCT 50, rue Victoria Gatineau, Québec K1A 0C9 n° de télécopieur : 001-819-953-6742</p>		<p>Fonctionnaire autorisé Guillaume Tessier (819) 639-8671</p>												

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/CA2021/050071

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
WO2018006016A1	04 January 2018 (04-01-2018)	WO2018006016A1 CN109478684A EP3479431A1 EP3479431A4 JP2019525396A JP6783330B2 KR20190007527A US2018006328A1 US10734676B2 US2020321653A1	04 January 2018 (04-01-2018) 15 March 2019 (15-03-2019) 08 May 2019 (08-05-2019) 11 December 2019 (11-12-2019) 05 September 2019 (05-09-2019) 11 November 2020 (11-11-2020) 22 January 2019 (22-01-2019) 04 January 2018 (04-01-2018) 04 August 2020 (04-08-2020) 08 October 2020 (08-10-2020)
CN1142610C	17 March 2004 (17-03-2004)	CN1320979A CN1142610C	07 November 2001 (07-11-2001) 17 March 2004 (17-03-2004)