



## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 37354 A1** (51) Cl. internationale : **C08L 65/02**

(43) Date de publication :  
**29.04.2016**

---

(21) N° Dépôt :  
**37354**

(22) Date de Dépôt :  
**17.09.2014**

(71) Demandeur(s) :  
**MASCIR (MORROCAN FOUNDATION FOR ADVANCED SCIENCE INNOVATION & RESEARCH), RUE MOHAMED EL JAZOULI, MADINAT AL IRFANE RABAT 10100 (MA)**

(72) Inventeur(s) :  
**qaiss abou el kacem ; bouhfid rachid**

(74) Mandataire :  
**ABDELHAQ AMMANI**

---

(54) Titre : **MATERIAU NANO COMPOSITE CONDUCTEUR ELECTRIQUE A BASE DE PLASTIQUE**

(57) Abrégé : La présente invention présente un nanocomposite sous forme de granules avec matrice thermoplastique formée de deux polymères immiscibles avec une morphologie de mélange co-continu, et un renfort à base de graphène.

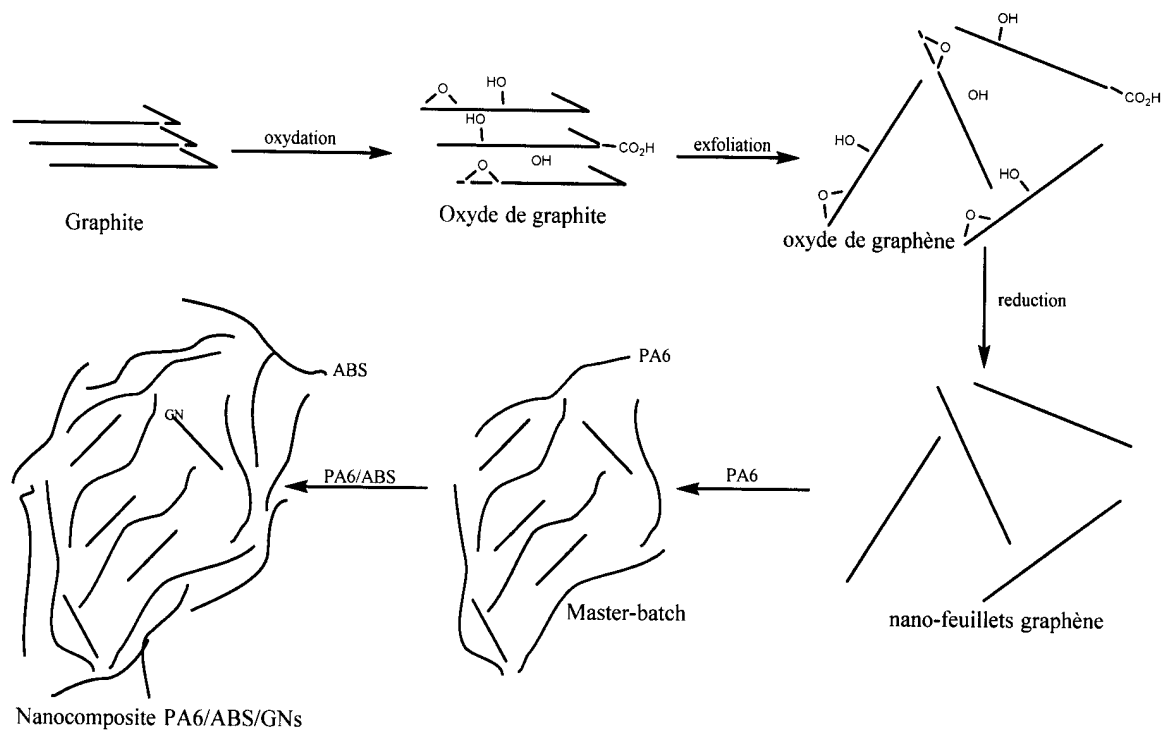


Fig.1

29 AVR 2016

**Matériau nanocomposite conducteur électrique à base de plastique**

5

**Domaine de l'invention :**

La présente invention concerne la mise au point de nouveau matériau nanocomposite conducteur électrique renforcé par des feuillets de graphène à matrice thermoplastique composés d'au moins deux polymères immiscibles dans une morphologie co-continue.

10

**Etat de l'art de l'invention :**

Parmi les nano-charges les plus prometteurs pour le renforcement de polymère [1-3], le graphène a récemment pris une grande popularité en raison de ses propriétés électriques, thermiques et mécaniques extraordinaires [4]. Cependant, certains défis doivent être pris jusqu'à obtention de maximum d'avantages de ces nano-charges. Ainsi, la haute disponibilité d'une bonne qualité de nanofeuillets de graphène (GNs) et leur dispersion uniforme et la distribution dans les polymères sont à noter les principaux défis. Un nanofeuillet de graphène est une couche bidimensionnelle formée de carbone en hybridation  $sp^2$  d'épaisseur un atome [5], aussi il est considéré comme la structure de base d'autres matériaux à base de carbone, tels que le graphite, le fullerène et des nanotubes de carbone [6]. La structure monocouche de graphène montre une percée scientifique et technologique innombrables dans plusieurs applications [6], l'une des applications les plus intrigants de GNs est les nanocomposites à matrices polymériques. Les GNs sont des excellentes nano-charges dans les nanocomposites polymères, en raison de leurs propriétés mécaniques, électriques et thermiques uniques telles que la résistance mécanique extrêmement élevée et un module (50 GPa) [6], une faible résistivité ( $10^{-6}\Omega\text{cm}$ ) [6] et à haute conductivité thermique (à  $27^\circ\text{C}$ ) ( $5,000\text{W/m K}$ ) [6]. Les nano-feuilles de graphène sont obtenues à partir du graphite brut, les premiers travaux pour produire le graphène ont été basés sur le clivage micromécanique de graphite cristal [7,8]. Depuis lors, de grands efforts ont été faits pour développer de nouvelles méthodes pour produire une bonne qualité de graphène. Ainsi, les méthodes

chimiques semblent avoir le plus grand potentiel pour la production de graphène à l'échelle industrielle [8]. Parmi les meilleures méthodes chimiques connues pour la production de graphène, la méthode basée sur l'oxydation, suivie de la sonification puis la réduction. Toutefois, les chercheurs ont constaté que, l'oxydation chimique du graphite  
5 suivie par exfoliation en phase liquide est un moyen efficace de la production des nano-feuillets de graphène [8].

Comme mentionné précédemment, et dans le but de prendre d'autres avantages de l'utilisation de GNs, le développement d'un matériau nanocomposite à base de GNs est nécessaire. Le mélanges de polymères composites ont été connu comme un moyen  
10 efficace et économique pour préparer des matériaux avec des avantages larges en raison de la combinaison de propriétés de plusieurs composants. Cependant, les propriétés finales de la matrice de polymère sont influencées par de nombreux facteurs tels que les méthodes de composition, morphologie, interactions interfaciales, nano-charge et de traitement [9]. En général, les polymères utilisés ne sont pas miscibles en raison de leur  
15 poids moléculaire élevé, et leur différence de polarité, ce qui conduit à la formation d'une multi-structure de phase. On distingue en général deux morphologies dans le cas de mélange de polymères immiscibles ; la morphologie en îles et la morphologie co-continue [9].

Ici, il est rapporté la préparation de mélange de polymères nanocomposites en polyamide  
20 6 (PA6)/ acrylonitrile styrène butadiène (ABS) renforcé par des nanofeuillets de graphène (GNs) en utilisant une approche de mélange-maître. Avant la préparation du nanocomposite, et dans le but d'obtenir une bonne dispersion de la GNs dans les mélanges de polymères, PA6 / GN mélange-maître ayant une teneur relativement élevée en GNs (10%) A été pré-fabriqué. Les nanocomposites préparés ont été analysés par des  
25 techniques mécaniques et électriques. Et, afin de confirmer la morphologie et la dispersion de GNs dans le mélange de polymères, la microscopie électronique à balayage (MEB) a été réalisée. L'utilisation des deux matrices de PA6 et ABS est justifiée par leurs propriétés connues; PA6 est un polymère technique avec de bonnes propriétés mécaniques, thermiques et de résistance à l'abrasion. Cependant, il est à faible résistance  
30 aux chocs et il a tendance à absorber l'humidité (existence de groupes amide polaires) conduit à une stabilité dimensionnelle inférieure et limite les applications de PA6 [9]. En

comparaison avec PA6, ABS terpolymère présente des avantages de haute résistance aux chocs, résistance à l'eau et à faible retrait au moulage [10]. En conclusion, les mélanges PA6/ABS se trouvent être un domaine de recherche intéressant d'obtenir des matériaux ayant des propriétés élevées [11,12].

5

#### **Description de l'invention :**

La présente invention concerne la préparation d'un nanocomposite à matrices co-continues de polymères immiscibles renforcées par des nanofeuillets de graphène. Cette préparation comprenant les étapes suivantes (figure 1):

- 10 1- Choix des polymères immiscibles (A : non compatible avec le graphène et B : compatible avec le graphène) dont leurs températures de mise en œuvre sont proches.
- 2- Détermination de la composition de mélange des deux polymères A et B donnant une morphologie co-continues.
- 15 3- Préparation du mélange maître (master-batch) du graphène avec le polymère compatible (B), le mélange est réalisé dans le solvant qui dissout le polymère compatible (B).
- 4- Mélange par extrusion à l'état fondu du nanocomposite composé des deux polymères (A : non compatible avec le graphène et B : compatible avec le
- 20 graphène) immiscibles et du maître.

#### **Brève description des dessins :**

**Figure 1.** Etape de préparation du matériau nanocomposite

**Figure 2.** Images du MEB (a) Mélange PA6/ABS (b) Nanocomposite PA6/ABS/GNs à 3%.

25 **Figure 3.** Test d'affinité (a) Nanocomposite dans le THF (b) Nanocomposites dans l'AF.

**Figure 4.** Image du MEB de la dispersion des nano-feuillets de graphène dans la matrice PA6.

**Figure 5.** (a) Module de Young et la contrainte maximale (b) L'allongement à la rupture du nanocomposites PA6/ABS/GNs en fonction du pourcentage de GNs.

**Figure 6.** La conductivité électrique en fonction du pourcentage massique du GNs.

**Exemple de réalisation de l'invention :**

- 5 **Préparation d'un matériau nanocomposite à matrice formée des deux polymères ; Polyamide 6 et l'acrylonitrile butadiène styrène (PA6/ABS) renforcée par des nano-feuillets de graphène :**

Pour la réalisation de cette invention les polymères choisis sont le polyamide 6 (PA6) / acrylonitrile butadiène styrène (ABS) qui sont deux polymères immiscibles avec une  
10 bonne compatibilité du PA6 avec le graphène et une incompatibilité de l'ABS avec le graphène. La température de mise en œuvre des deux polymères est d'environ 240°C.

Ici, il est rapporté la préparation de mélange de polymères nanocomposite en polyamide 6 (PA6) / acrylonitrile butadiène styrène (ABS) renforcé par des nano-feuillets de graphène (GNs) en utilisant une approche de mélange-maître. Avant la préparation du  
15 nanocomposite, et dans le but d'obtenir une bonne dispersion de la GNs dans les mélanges de polymères, PA6 / GNs mélange-maître ayant une teneur relativement élevée en GNs (10%) a été pré-fabriqué.

**Préparation du mélange-maitre :**

- 20 Le mélange-maitre (PA6/ GNs à 10%) avec une composition de 90% de PA6 et de 10% de GNs a été préparé par mélange en solution, de l'acide formique (solvent qui permet de dissoudre le PA6). Tout d'abord, 6g de nano-feuillets de graphène ont été mélangés avec 400 ml d'acide formique dans un ballon tricol de 1000 ml sous agitation à une température de 60°C, puis traités par ultrasons pendant 30 minutes. A cette suspension,  
25 on ajoute progressivement 54 g de PA6. Le mélange est traité sous agitation mécanique dans le bain d'eau à 60 °C pendant 3 heures. La suspension est versée dans une grande quantité d'eau distillée et le solide précipite. Le solide obtenu est lavé avec de l'eau distillée à plusieurs reprises et ensuite séché dans une étuve sous vide à 80 ° C pendant 72 heures. Le solide qui est le mélange-maître PA6/GNs à 10% séché est broyé en poudre.

**Préparation du nanocomposite :**

Les Mélanges (tableau 1) PA6 / ABS (45 / 55%) avec 0, 1, 2, 3 et 4% en poids de GNs ont été préparés en utilisant une extrudeuse à deux vis à une température de 240°C. Les mélanges (PA6-ABS/Mélange-maitre) de l'échantillon qui est de 200 g ont été préparés. A la sortie de la filière de diamètre 3 mm le cordon est refroidi et granulé pour obtenir du nanocomposite sous forme de granules.

Les granules ont été injectés dans une presse à injecter pour obtenir les échantillons pour les différents tests (Mécaniques, morphologique et électriques).

Le procédé d'injection a été utilisé pour vérifier la possibilité de mise en œuvre du nanocomposite ainsi développé et pour la préparation de différents échantillons pour les différents tests.

La mise en œuvre par injection a été vérifiée pour les quatre mélanges.

Tableau 1 : série de mélanges

Mélange	ABS (%)	PA6 (%)	Mélange-Maitre (%)
<b>M1</b>	55	35	10
<b>M2</b>	55	25	20
<b>M3</b>	55	15	30
<b>M4</b>	55	5	40

**Caractérisation morphologique**

La microscopie électronique à balayage (MEB) a été utilisée pour évaluer la structure de la morphologie des mélanges de polymères, et la dispersion de graphène dans la matrice polymère. Pour obtenir des faces de fractures nettes et précises, tous les échantillons composites ont été fracturés sous azote liquide.

La figure 2 montre la morphologie co-continue du nanocomposite PA6 / ABS / GNs.

La figure 3a et 3b présentent la préférence du graphène à se disperser dans le PA6 et l'ABS. Le nanocomposite PA6/ABS/GNs (42/55/3) dissous dans le solvant tétrahydrofurane (THF) et PA6/ABS/GNs mélange (42/55/3) dissous dans de l'acide formique (FA) pour dissoudre complètement respectivement l'ABS et le PA6. Ce test a

confirmé que le graphène a une affinité avec le PA6 et une incompatibilité parfaite avec l'ABS.

La figure 4 illustre la répartition de graphène et la dispersion dans le mélange-maître PA6.

5 On constate que le graphène est bien dispersée dans la phase de PA6. On voit également que les nanofeuillets de graphène sont exfoliés et bien dispersés dans la matrice et absence d'agrégats.

Les images du MEB montrent que les domaines de PA6 dispersés renforcés par GNs  
10 (mélange-maître) fusionnent pour former une phase continue complètement dans la matrice PA6/ABS. Cela devrait provenir de l'emplacement sélectif de GNs dans les domaines de PA6. En outre, un pourcentage de GNs plus élevé est nécessaire si la teneur en PA6 est inférieur [24]. La figure 2 illustre les morphologies de PA6 et de l'ABS à l'intérieur du mélange indiquant une mauvaise interaction entre les deux polymères. Les  
15 nombreux trous concaves de la figure 2a et leurs surfaces lisses indiquent que l'ABS et le PA6 sont faciles à décoller l'une de l'autre. De l'autre côté de la figure 2b montre l'amélioration de l'interaction de la surface lorsque le GNs a été ajouté au mélange PA6/ABS. D'autant plus, une solution d'essai a été effectuée pour détecter une localisation préférentielle dans des mélanges de GNs/PA6/ABS (voir figure 3). Le  
20 nanocomposite PA6/ABS/GNs à 4% est dissous dans le solvant respectif (THF) pour l'ABS (Figure 3a) et (FA) pour le PA6 (Figure 3b). On constate que les solutions apparaissent de couleur noire lorsque le nanocomposite a été dissous dans de l'acide formique en manifestant le GNs en suspension dans la solution alors aucun changement observable de couleur est constaté lorsque le nanocomposite a été dissous dans du THF. Ainsi, il est  
25 évident que les GNs ont une forte affinité pour le PA6.

### Propriétés mécaniques et thermiques

Les essais de traction ont été effectués pour montrer l'effet du GNs pour les propriétés  
mécaniques du nanocomposite. La figure 5 montre les résultats mécaniques des  
30 nanocomposites testés. Le module de young, résistance à la traction et l'allongement à la rupture ont été extraites à partir de la courbe contrainte déformation. Il est bien



observée à partir de la figure 5a que le module de Young augmente avec l'augmentation du pourcentage de graphène, pour la contrainte de traction (tensile strength), elle reste stable ce qui permet de conclure qu'on a une bonne adhérence à l'interface polymère-polymère (PA6-ABS) et polymère-graphène (PA6-GNs). La figure 5b montre également  
5 que l'allongement à la rupture (strain at yield) du nanocomposite diminue linéairement avec le pourcentage de graphène ce qui est normale dans le domaine des composites et nanocomposites avec l'ajout de renfort.

### Propriétés électriques

10 La conductivité électrique a été mesurée par application d'une haute tension (V) et la mesure du courant correspondant. La conductivité électrique ' $\sigma$ ', a été calculée avec l'équation (1)

$$\sigma = el/AV \quad (1)$$

Où ' $e$ ' est l'épaisseur de l'échantillon, et ' $A$ ' est la surface transversale perpendiculaire à la  
15 direction du courant dans l'échantillon. La mesure a été réalisée avec un électromètre haut résistivité (Keithely instruments, Inc. 6517B).

La figure 6 montre que l'addition de mélange-maître graphène dans le mélange de matrice PA6/ABS, conduit à une augmentation de la conductivité électrique du nanocomposite. Etant donné que les GNs sont localisées sélectivement dans les domaines  
20 de PA6, la continuité de la phase de PA6 dans la matrice d'ABS est essentielle pour le maintien d'un réseau conducteur à travers les nanocomposites. Comme le montre clairement l'évolution de la conductivité présente une avec trois régions principales (diélectrique, transition et conductivité) en forme de s. De la figure 6, il est clairement illustré qu'il y a du contenu de la charge critique (seuil de percolation) entre 1 et 2% de teneur en GNs. Le seuil de percolation faible observée est attribué à la surface spécifique  
25 élevée du graphène, son rapport d'aspect élevé et sa dispersion uniforme dans la phase de PA6.

Ainsi, l'avantage d'utiliser le GNs comme charge dans la matrice de polymère était d'améliorer la conductivité électrique du mélange de polymères à faible teneur de charge.

30 La mesure de la conductivité électrique nous a permis de conclure que l'approche structure co-continue de deux polymères immiscibles avec l'un des deux ayant une

affinité parfaite avec le graphène permet d'atteindre la conductivité électrique avec une faible concentration comparativement avec une matrice mono-polymère.

**Référence :**

1. M. El Achaby, F.Z. Arrakhiz, S. Vaudreuil, E.M. Essassi, A. Qaiss and M. Bousmina, *J. Appl. Polym. Sci.*, 127, 4697 (2013).
2. M. El Achaby, F.Z. Arrakhiz, S. Vaudreuil, A. Qaiss, M. Bousmina and O. Fassi-Fehri, *Polym. Comp.*, 33, 733 (2012).
3. M. El Achaby, F.Z. Arrakhiz, S. Vaudreuil, E.M. Essassi and A. Qaiss, *Appl. Surf. Sci.*, 258, 7668 (2012).
4. B. Saner, F. Okyay and Y. Yürüm, *Fuel*. 89, 1903 (2010).
5. V. Eswaraiyah, V. Sankaranarayanan and S. Ramaprabhu, *Macromol. Mater. Eng.* 296, 894 (2011).
6. S. Basua and P. Bhattacharyya, *Actuator B.*, 173, 1 (2012).
7. M. Qiana, Y.S. Zhou, Y. Gao, T. Feng, Z. Sun, L. Jiang and Y.F. Lu, *Appl. Surf. Sci.*, 258, 9092 (2012).
8. M.M. Gudarzi and F. Sharif, *J. Colloid. Interf. Sci.* 349, 63(2010).
9. X.Q. Liu, W. Yang, B.H. Xie and M.B. Yang, *Mater. Des.* 34, 355(2012).
10. J. Li and C.L. Cai, *Curr. Appl. Phys.* 11, 50 (2011).
11. N. Gamze Karsli, T. Yilmaz, A. Aytac and G. Ozkoc, *Compos. Part B-Eng.*, 44, 385 (2012).
12. **S. Bose, A.R. Bhattacharyya, A.R. Kulkarni and P. Pötschke, *Compos. Sci. Technol.*, 69, 365 (2009).**

**Revendications.**

1. Nanocomposite sous forme de granules **caractérisé en ce qu'il est** à base de feuillets de graphène comme renfort et d'une matrice à base d'au moins deux polymères immiscibles.
2. Nanocomposite selon la revendication 1 **caractérisée en ce que** les polymères qui forment la matrice sont immiscibles avec un chevauchement d'intervalle de température de mise en œuvre.
3. Nanocomposite selon la revendication 1 et 2 **caractérisée en ce que** le couple polymère constituant la matrice est choisi parmi le groupe= {ABS/PA6, PET/PVDF...}.
4. Nanocomposite selon les revendications 1 à 3 **caractérisée en ce que** la composition de mélange des polymères constituant la matrice donne une structure co-continue.
5. Nanocomposite selon les revendications 1 à 4 **caractérisée en ce que** la concentration du graphène dans la matrice finale est entre 1 et 5% en masse.
6. Nanocomposite selon les revendications 1 à 5 **caractérisée en ce que** l'un des polymères est compatible avec le graphène et l'autre est incompatible avec le graphène.
7. Nanocomposite selon les revendications 1 à 6 **caractérisée en ce que** le graphène est introduit dans le polymère compatible dans un mélange maître à une concentration comprise entre 10 et 20% en masse
8. Nanocomposite selon les revendications 1 à 7 **caractérisée en ce que** le mélange matrice-graphène se fait à l'état fondu dans une extrudeuse.

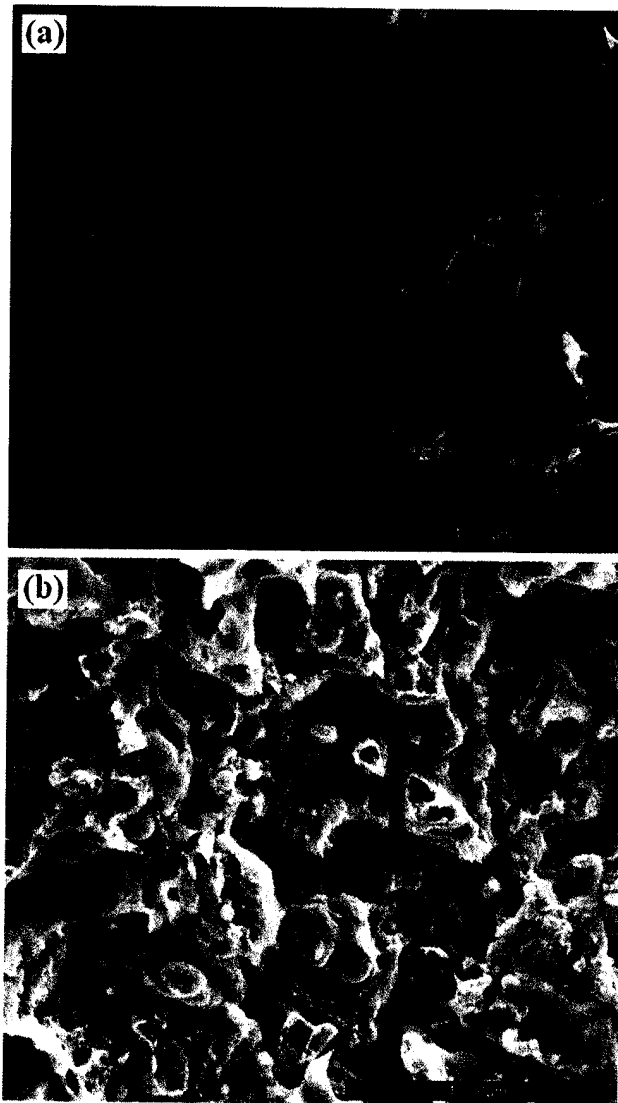


Fig. 2

3/5

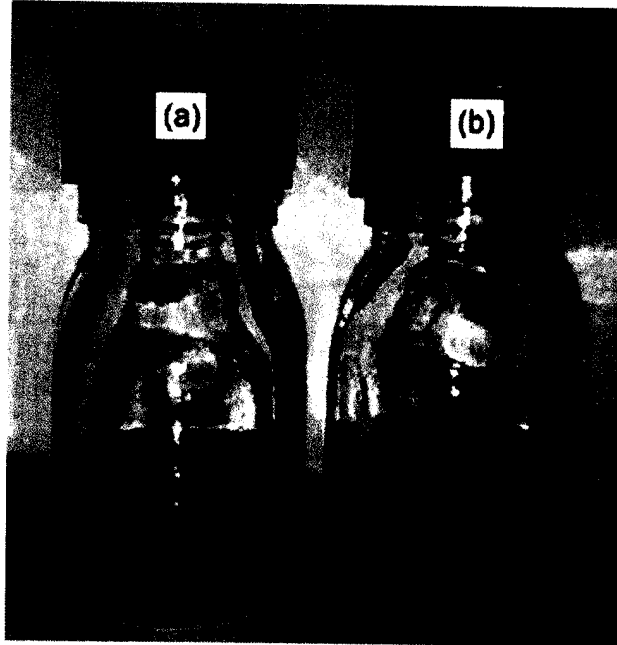


Fig. 3



Fig.4

4/5

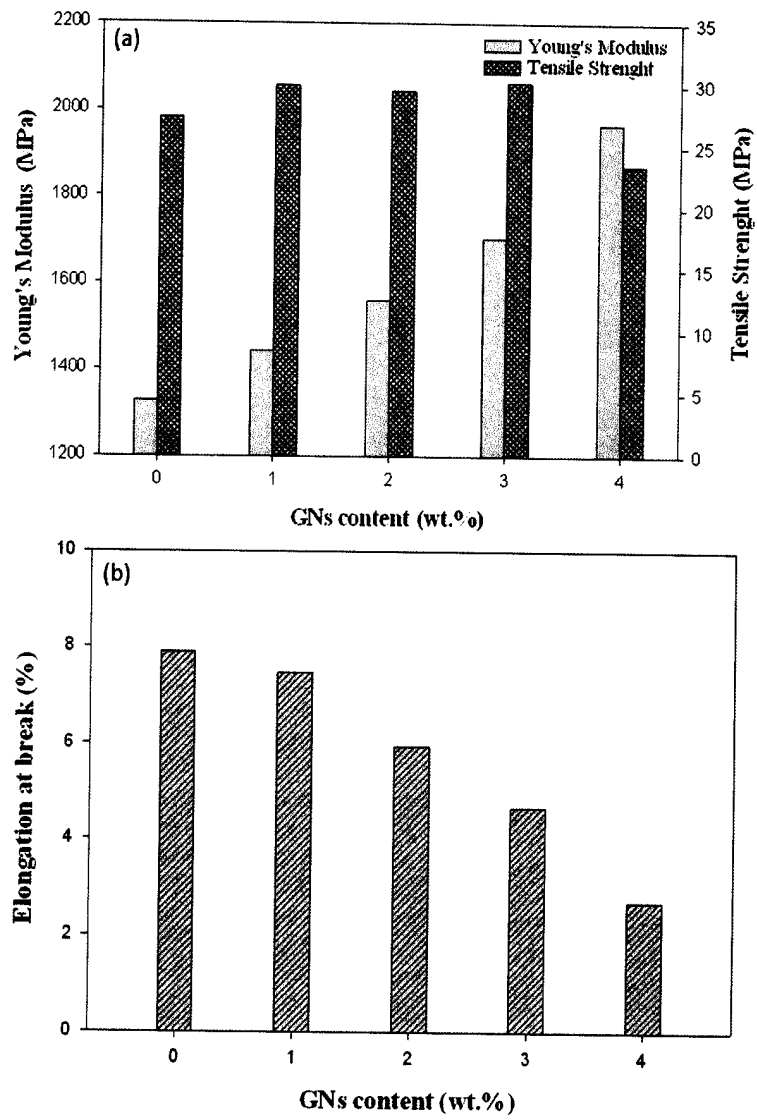


Fig.5

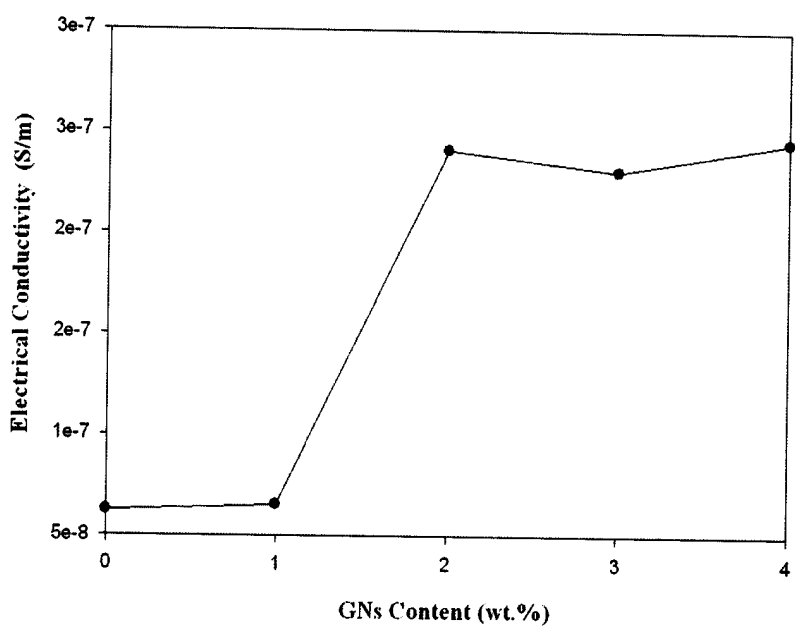


Fig. 6

## **Matériau nanocomposite conducteur électrique à base de plastique**

### **ABREGE**

La présente invention présente un nanocomposite sous forme de granules avec matrice thermoplastique formée de deux polymères immiscibles avec une morphologie de mélange co-continu, et un renfort à base de graphène.





**RAPPORT DE RECHERCHE  
 AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**  
 (Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la  
 protection de la propriété industrielle)

<b>Renseignements relatifs à la demande</b>	
N° de la demande : 37354	Date de dépôt : 19/09/2014 ;
Déposant : MASCIR	
Intitulé de l'invention : Matériaux nano composite conducteur électrique à base de plastique	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents cités par l'examineur dans la partie rapport de recherche sont joints au présent document	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée <input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: S.BENCHEKROUN	
Téléphone: (212) 5 22 58 64 14/00	Date d'établissement du rapport : 22/05/2015

**Partie 1 : Considérations générales**

*Cadre 1 : base du présent rapport*

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description  
9 Pages
- Revendications  
8
- Planches de dessin  
3 Pages

**Partie 2 : Rapport de recherche**

**Classement de l'objet de la demande :**

**CIB : B82Y30/00, C08K3/00, C08K3/04, C08L65/00, C08L65/02**

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

**EPOQUE, Orbit**

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	Compatibilization of Immiscible Polymer Blends Using Graphene Oxide Sheets, 15/06/2011, Yewen Cao, Jing Zhang, Jiachun Feng,* and Peiyi Wu	1-8
A	A novel reactive extrusion process for compatibilizing immiscible polymer blends, 01/10/2001, <u>Hervé Cartier</u> , <u>Guo-Hua Hu</u>	1-8
A	Nano composites graphènes-polymère thermoplastique: Fabrication et étude des propriétés structurales, thermiques, rhéologiques et mécaniques, 06/10/2012, Abdelilah Benyoussef (chapitre 5)	1-8

**\*Catégories spéciales de documents cités :**

-« 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  
 -« 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  
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent  
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs  
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

### Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

#### Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 1-8 Revendications aucune	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications 1-8 Revendications aucune	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-8 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

**D1 :** Compatibilization of Immiscible Polymer Blends Using Graphene Oxide Sheets, 15/06/2011, Yewen Cao, Jing Zhang, Jiachun Feng,\* and Peiyi Wu

#### 1. Nouveauté (N) :

Aucun des documents ci-dessus ne divulgue l'ensemble des caractéristiques techniques des revendications 1-8, d'où l'objet desdites revendications est nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

#### 2. Activité inventive (AI) :

L'objet de la revendication 1 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.

En effet, le document D1 qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1, décrit des nano composites à base de feuillets d'oxyde de graphènes et une matrice à base de deux polymères immiscibles, choisi parmi le groupe PA/PPO (polyamide/polyphenyl) avec une bonne compatibilité du PA/PPO avec l'oxyde de graphènes.

Par conséquent, l'objet de la revendication 1 diffère de l'état de la technique D1 en ce que le polymère constituant la matrice est choisi parmi le groupe ABS/PA6 et PET/PVDF.

Le problème technique que la présente demande tente de résoudre est l'élaboration d'une matrice thermoplastique formée de deux polymères immiscibles renforcés par des feuillets de graphènes.

La solution proposée par la présente demande peut être considérée comme impliquant une activité inventive, l'homme du métier ne serait pas capable de modifier les deux polymères immiscibles PA/PPO par ABS/PA6.

Les revendications 2-8, dépendent de la première revendication dont l'objet est considéré inventif pour les raisons énoncés ci-dessus, ainsi elles satisfont également, en tant que telles, aux exigences de l'article 28 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13 concernant l'activité inventive.

**3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :**

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.