

Table des matières

Préface. Nanocomposites polymères : des questions scientifiques sans réponse ?	1
---	---

Jean-François GÉRARD

Chapitre 1. Nanocomposites à matrice polymère chargée par des nanoplaquettes de graphite et graphène (GNP)	3
---	---

Marc PONÇOT, Adrien LETOFFE, Stéphane CUYNET, Sébastien FONTANA et Lucie SPEYER

1.1. Généralités sur le graphène	3
1.1.1. Définition et structure	3
1.1.2. Structures associées au graphène	4
1.1.3. Propriétés du graphène	5
1.2. Méthodes d'élaboration du graphène	5
1.2.1. Exfoliation du graphite	7
1.2.2. Exfoliation de composés dérivés du graphite	11
1.3. Méthodes de dispersion des nanocharges de carbone au sein d'une matrice polymère	16
1.3.1. Polymérisation <i>in situ</i>	16
1.3.2. Intercalation en solution	18
1.3.3. Mélange fondu	20
1.3.4. Comparaison des méthodes d'élaboration	24
1.4. Influence de la nanocharge sur les propriétés du nanocomposite	26
1.4.1. Analyse de la morphologie du matériau	26
1.4.2. Influence des nanocharges sur la microstructure semi-cristalline	27
1.4.3. Influence des nanocharges sur les propriétés mécaniques	28
1.4.4. Influence des nanocharges sur les propriétés électriques	32

1.4.5. Évolution de la résistance thermique	36
1.5. Bibliographie	37

Chapitre 2. Technique de caractérisation morphologique des polymères nanorenforcés 49

Adoté Sitou BLIVI, Benhui FAN, Djimédo KONDO et Fahmi BEDOUI

2.1. Microscopie électronique en transmission (MET)	49
2.1.1. Préparation de l'échantillon et acquisition des images MET.	50
2.1.2. Taille, dispersion et distance interparticulaire	51
2.2. Diffraction des rayons X	57
2.2.1. SAXS	58
2.2.2. WAXS	64
2.3. Conclusion	69
2.4. Bibliographie	70

Chapitre 3. Effets de taille et propriétés physiques et mécaniques des polymères nanorenforcés 73

Fahmi BEDOUI, Adoté Sitou BLIVI, Benhui FAN et Djimédo KONDO

3.1. Effet de taille sur la température de transition vitreuse	73
3.1.1. Calorimétrie différentielle à balayage (DSC).	73
3.1.2. Analyse mécanique dynamique (DMA).	75
3.1.3. Diffraction des rayons X synchrotron en température aux grands angles (WAXS)	76
3.2. Stabilité thermique	84
3.3. Effet de taille sur les propriétés mécaniques	85
3.3.1. Essais quasi statiques : propriétés élastiques	85
3.3.2. Essais dynamiques : propriétés viscoélastiques	90
3.4. Conclusion	92
3.5. Bibliographie	93

Chapitre 4. Effets de taille et de nature des charges sur les propriétés thermiques et mécaniques des composites à matrice PEEK 97

Marie DOUMENG, Karl DELBÉ, Florentin BERTHET, Olivier MARSAN, Jean DENAPE et France CHABERT

4.1. Introduction	97
4.2. Matériaux et méthodes	100
4.2.1. Polymère	100

4.2.2. Renforts.	101
4.2.3. Élaboration des nano- et microcomposites	105
4.2.4. Caractérisation.	106
4.3. Résultats.	109
4.3.1. Caractérisation des poudres	109
4.3.2. Répartition des charges dans la matrice	111
4.3.3. Effet de taille sur les transitions thermiques	117
4.3.4. Effet de taille sur le taux de cristallinité.	119
4.3.5. Propriétés thermiques	122
4.3.6. Effet de taille sur les propriétés mécaniques	125
4.4. Conclusion	140
4.5. Bibliographie.	142

Chapitre 5. Interface et interphase entre matrice époxyde et nanorenforts à base de carbone dans les nanocomposites

Yu LIU, Delong HE, Ann-Lenaig HAMON et Jinbo BAI

5.1. Introduction.	147
5.1.1. Modification de surface des renforts.	148
5.1.2. Techniques expérimentales	148
5.2. Analyse structurale de l'interface par spectroscopie de perte d'énergie des électrons	149
5.2.1. Technique d'analyse	149
5.2.2. Résultats	152
5.2.3. Interprétation.	154
5.3. Essai de traction <i>in situ</i> sous microscopie électronique à balayage	158
5.3.1. Montage expérimental	158
5.3.2. Résultats	160
5.3.3. Interprétation.	161
5.3.4. Perspectives	161
5.4. Conclusion	163
5.5. Remerciements.	163
5.6. Bibliographie.	164

Chapitre 6. Modélisation électromécanique non linéaire multi-échelle de nanocomposites graphène-polymère

Xiaoxin LU, Julien YVONNET, Fabrice DETREZ et Jinbo BAI

6.1. Introduction.	167
6.2. Modélisation du comportement électrique effectif non linéaire dans les nanocomposites graphène-polymère	169

6.2.1. Effet tunnel.	169
6.2.2. Modèle non linéaire de la conductivité électrique à l'échelle du VER.	171
6.3. Simulations numériques de la conductivité électrique effective	174
6.3.1. Effet de la hauteur de la barrière sur le seuil de percolation	174
6.3.2. Effet du facteur de forme du graphène sur le seuil de percolation	175
6.3.3. Effet de l'alignement des feuillets de graphène	176
6.3.4. Comparaison entre résultats numériques et expérimentaux	177
6.4. Approches à deux échelles	180
6.4.1. Construction du modèle de substitution de réseaux de neurones artificiels (ANN)	182
6.4.2. Application aux calculs de structures	183
6.5. Couplage électromécanique	184
6.5.1. Modélisation mécanique.	185
6.5.2. Lois de comportement	187
6.5.3. Forme faible du problème mécanique	188
6.5.4. Identification du modèle de zone cohésive	189
6.5.5. Évolution des propriétés électriques du nanocomposite sous étirement.	191
6.6. Conclusion	193
6.7. Bibliographie.	193

Chapitre 7. Modélisation numérique de réseaux de nanocharges en carbone dans les composites de polymères 199
 Angel MORA

7.1. Introduction.	199
7.2. Modélisation et simulation de nanocomposites CNT/polymère	202
7.2.1. Modélisation géométrique de nanocomposites CNT/polymère . .	202
7.2.2. Analyse de la conductivité électrique	204
7.3. Amélioration de la conductivité électrique de polymères chargés par des CNT	208
7.3.1. Introduction d'une définition du rendement de chargement	208
7.3.2. Rendement et conductivité électrique des polymères chargés par des CNT	211
7.3.3. Influence de la résistance de jonction	212
7.4. Amélioration de la conductivité électrique de polymères chargés par des particules hybrides	214
7.4.1. Particules hybrides	214

7.4.2. Rendement et conductivité électrique de réseaux de particules hybrides CNT-GNP	215
7.4.3. Optimisation de la géométrie des particules hybrides	215
7.5. Conclusion	220
7.6. Bibliographie	221

**Chapitre 8. Nanocomposites de polymères électrostrictifs :
aspects fondamentaux et applications 229**

Shenghong YAO et Jinkai YUAN

8.1. Introduction.	229
8.2. Relations d'électrostriction.	231
8.3. Détermination du coefficient d'électrostriction.	233
8.4. La voie vers des matériaux à forte électrostriction	238
8.5. Applications des matériaux électrostrictifs	243
8.5.1. Actionneurs	243
8.5.2. Capteurs capacitifs	244
8.5.3. Récupération d'énergie mécanique.	246
8.6. Conclusion	252
8.7. Bibliographie.	253

Liste des auteurs 259

Index 261