

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
-----------------------	---

Première partie : Revue Bibliographique

I VUE D'ENSEMBLE	6
------------------	---

A. Origine du projet	7
----------------------	---

1. Résultats expérimentaux et interprétation	7
--	---

2. Commentaires	8
-----------------	---

B. Choix des systèmes étudiés	9
-------------------------------	---

1. Le matériau composite	9
--------------------------	---

a) La matrice	10
---------------	----

b) La charge	11
--------------	----

2. Le polypyrrole	11
-------------------	----

a) Généralités	11
----------------	----

b) Optimisation de la réaction de polymérisation	13
--	----

c) Les latex	15
--------------	----

d) Les dépôts	17
---------------	----

(1) Substrats utilisés	17
------------------------	----

(2) Morphologie des dépôts	18
----------------------------	----

(3) POLYMÉRISATION SUR "PATRONS"	19
----------------------------------	----

C. CONCLUSION DU PREMIER CHAPITRE	20
-----------------------------------	----

II Propriétés électriques et mécaniques des systèmes binaires	21
---	----

A. Position du problème	21
-------------------------	----

B. Modélisation tenant compte des phénomènes de voisinages : notions de percolation	24
---	----

1. Propriétés statistiques sur réseau	25
---------------------------------------	----

a) Introduction	25
b) Définitions	25
c) Résolution	27
d) Exposants critiques	27
2. Application aux propriétés électriques	29
a) La Conductivité	29
b) La permittivité	30
3. Application aux propriétés mécaniques	33
4. Comparaison "des percolations"	34
C. Conclusion du second chapitre	36
 III LA CONDUCTIVITÉ COMME SONDE DE LA MICROSTRUCTURE	 37
A. Évidences expérimentales	37
1. Relation microstructure propriétés électriques	37
(1) Influence du facteur de forme	38
(2) Influence de la dispersion	38
2. Dépendance en fréquence	41
B. Simulations numériques des propriétés de transport	42
1. Généralités	42
2. Méthodologie	42
3. Exemple de simulation	43
C. Caractérisation de l'endommagement	45
1. Position du problème	45
2. Méthodes de caractérisation	45
3. Méthode électrique	46
 IV CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE	 48

Seconde partie : Matériaux et méthodes expérimentales

I. MATÉRIAUX UTILISÉS	52
A. Les charges	52
1. Les "whiskers" de cellulose	52
2. Les charges conductrices	54
B. La matrice	58
C. Le composite	59
D. Les matériaux résine Epoxy - Noir de carbone	60
II. TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES	63
A. Caractérisation morphologique : les microscopies	63
1. Microscopie optique	63
2. Microscopie électronique à transmission	64
3. Microscopie électronique à balayage	64
B. Caractérisation électriques et mécanique	64
1. Analyse mécanique dynamique	64
2. Mesures diélectriques à basses fréquences	67
3. Mesures couplées sous grandes déformations	69
III. LES OUTILS DE SIMULATIONS NUMÉRIQUES	71
A. Logiciels utilisés	72
B. Codes développés	73
1. Principe du calcul	73
2. Effet de taille finie	74
3. Détermination des propriétés géométriques	75
4. Détermination des propriétés électriques	76

Troisième partie : Résultats originaux et discussion

I. ELABORATION ET CARACTÉRISATION D'UN MATÉRIAU MODÈLE __ 81

A. Abstract	82
B. Introduction	83
C. Experimental	84
D. Sample preparation	84
1. PPy latex	85
2. Colloidal dispersion of PPy covered cellulose whiskers	85
3. Preparation of the composite films	86
E. Electrical and mechanical results	87
1. Electrical results	87
2. Mechanical results	88
F. Conclusion	90
G. Figure captions	92
H. References	94

I. DE LA MICROSTRUCTURE AU COMPORTEMENT MACROSCOPIQUE 105

A. Abstract	106
B. Introduction	107
C. Simulation on a 2D network	109
1. Results on a 2D network	110
D. A 3D simulation with a random microstructure	111
1. Microstructure generation and resolution	111
2. Results for random 3D microstructures	114
E. Conclusion	117
F. Acknowledgment	117
G. References and notes	119

III. UN SUIVI CONTINU DE L'ENDOMMAGEMENT	129
A. Abstract	130
B. Introduction	131
C. Experimental techniques	132
D. Results and discussion	133
1. Real part of the conductivity at low frequency	134
a) Tensile test	134
b) Relaxation test	134
c) Cyclic deformation	135
2. Frequency dependence	136
E. Numerical simulations	137
1. Electrical modeling	137
2. influence of the deformation	138
3. Mechanical and electrical modeling	139
F. Concluding remarks	140
G. Acknowledgment	141
H. Figures caption	142
I. References	143

I. UN COMPORTEMENT SINGULIER	153
A. Abstract	154
B. Introduction	155
C. Theory	157
1. Percolation	157
2. Particle-particle interactions	158
D. Experimental	158
E. Results and discussion	159
1. Frequency dependence	159
2. Real and imaginary part of the conductivity	160
3. Interpretation of the transitions	161
4. Optical transmission microscopy	163
F. Conclusions	164

Troisième partie : Résultats originaux et discussion

I. ELABORATION ET CARACTÉRISATION D'UN MATÉRIAU MODÈLE __ 81

A. Abstract	82
B. Introduction	83
C. Experimental	84
D. Sample preparation	84
1. PPy latex	85
2. Colloidal dispersion of PPy covered cellulose whiskers	85
3. Preparation of the composite films	86
E. Electrical and mechanical results	87
1. Electrical results	87
2. Mechanical results	88
F. Conclusion	90
G. Figure captions	92
H. References	94

I. DE LA MICROSTRUCTURE AU COMPORTEMENT MACROSCOPIQUE 105

A. Abstract	106
B. Introduction	107
C. Simulation on a 2D network	109
1. Results on a 2D network	110
D. A 3D simulation with a random microstructure	111
1. Microstructure generation and resolution	111
2. Results for random 3D microstructures	114
E. Conclusion	117
F. Acknowledgment	117
G. References and notes	119

III. UN SUIVI CONTINU DE L'ENDOMMAGEMENT	129
A. Abstract	130
B. Introduction	131
C. Experimental techniques	132
D. Results and discussion	133
1. Real part of the conductivity at low frequency	134
a) Tensile test	134
b) Relaxation test	134
c) Cyclic deformation	135
2. Frequency dependence	136
E. Numerical simulations	137
1. Electrical modeling	137
2. influence of the deformation	138
3. Mechanical and electrical modeling	139
F. Concluding remarks	140
G. Acknowledgment	141
H. Figures caption	142
I. References	143
 I. UN COMPORTEMENT SINGULIER	 153
A. Abstract	154
B. Introduction	155
C. Theory	157
1. Percolation	157
2. Particle-particle interactions	158
D. Experimental	158
E. Results and discussion	159
1. Frequency dependence	159
2. Real and imaginary part of the conductivity	160
3. Interpretation of the transitions	161
4. Optical transmission microscopy	163
F. Conclusions	164

G. Acknowledgment	165
H. Figure captions	165
I. References and notes	167

CONCLUSION GÉNÉRALE 175

Annexe 1 : Caractérisation chimique du polypyrrole	179
Annexe 2 : Remarques complémentaires sur la simulation "RC"	181
Annexe 3 : Au delà d'une déformation homogène	183
Annexe 4: Simulation numérique du phénomène d'agglomération de particules chargées	185

Table des figures et des tableaux	193
-----------------------------------	-----

Références bibliographiques	199
-----------------------------	-----