

COMPLEXITÉ ET DÉSORDRE

ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION

Sous la direction de **Jean-Claude S. LÉVY**



17, avenue du Hoggar
Parc d'Activité de Courtabœuf - BP 112
91944 Les Ulis Cedex A - France

Table des matières

Introduction	1
1. Démarche analytique	1
2. Démarche synthétique	2
3. Le thème <i>complexité et désordre</i>	4
3.1. Le choix du thème	4
3.2. Complexité du désordre	5
3.3. Nuance entre complexité et désordre	5
3.4. Complexité et désordre observés	6
3.5. Complexité et désordre en magnétisme	6
3.6. L'aspect numérique de la complexité et du désordre	8
3.7. Un thème fédérateur de ces communications : l'existence de différents niveaux de désordre	9
4. Le contenu	10
Références	13
1 - Complexité statique et dynamique	15
Résumé	15
1.1. Exemples de systèmes dynamiques à échelles de temps multiples	16
1.2. Bifurcation nœud-col : ralentissement critique	18
1.3. Autre scénario de catastrophe : accélération critique	21
1.4. Discussion : rôle de la dynamique globale	23
Références	24
2 - Les systèmes déterministes simples sont-ils toujours prédictibles ?	25
Résumé	25
2.1. Un peu d'histoire : un monde déterministe et prédictible	25
2.2. Les premières attaques à la conception d'un monde déterministe et prédictible	27
2.3. Des systèmes apparemment simples	29
2.4. L'irréductibilité computationnelle : une nouvelle cause d'imprédictibilité ..	32
Références	34

3 - Dynamique d'un carré magnétique nanométrique	35
Résumé.....	35
3.1. Interactions magnétiques.....	36
3.2. Simulation numérique.....	37
Le mouvement gyrotropique.....	38
Comment comprendre ce schéma ?	40
Références.....	43
4 - Complexité et désordre des structures magnétiques, application aux réseaux neuronaux	45
Résumé.....	45
4.1. Structuration magnétique : l'effet de l'interaction dipolaire.....	48
4.2. Le câblage de réseaux neuronaux et l'interaction dipolaire	55
4.3. Conclusion	60
Références.....	61
5 - Désordre et complexité dans les structures photoniques naturelles : le prix de l'économie et de la multifonctionnalité	63
Résumé.....	63
5.1. Diversité des structures photoniques.....	66
5.1.1. Optimisation et robustesse.....	66
5.1.2. Les nano et micro structures animales	66
Structure 1D.....	68
Structures 2D.....	69
Structures 3D.....	70
5.2. Caractérisation et évaluation du désordre	72
5.2.1. Entropie de configuration	72
5.2.2. Désordre multi-échelle.....	72
5.3. Aspect dynamique.....	74
5.3.1. Déformations d'une structure hiérarchisée.....	75
5.3.2. Orientation des écailles	75
5.3.2. Déformation des ailes	75
5.4. Modélisation	76
5.5. Conclusion	79
Références, pour en savoir plus.....	81
Sur les structures photoniques naturelles.....	81
Sur la renormalisation.....	81
Sur les éléments finis.....	81
Sur les méthodes RCWA.....	81
Sur les matrices d'Abeles	81
Sur l'entropie de configuration	81

6 - Complexité, ordre et hasard en biologie : le cas de l'évolution	83
Résumé	83
6.1. Le processus de l'évolution	83
6.2. Comment ce système code-t-il un organisme ?	85
6.3. Le hasard des mutations	88
6.4. Le hasard de la sélection	89
6.5. Comment le produit de deux hasards peut-il produire de l'ordre ?	91
6.6. L'évolution et le langage : complexité et désordre !	94
6.7. Conclusion	95
Références	96
7 - L'imprévisibilité dans le monde social	97
Résumé	97
7.1. Les formes de l'imprévisibilité	99
7.2. Irréversibilités	103
7.3. Les bifurcations comme articulations de niveaux d'action	105
7.3.1. Les trois dimensions des phénomènes sociaux	105
7.3.2. Articuler les niveaux	107
7.4. Conclusion	110
Références	111
8 - Concevoir la résilience urbaine : un défi face à des complexités	113
Résumé	113
8.1. La ville et le risque : concentration des enjeux et incertitudes	114
8.1.1. Un développement urbain fulgurant et un climat changeant	115
8.1.2. La complexité des systèmes techniques urbains	
amplifie et propage le risque en ville	116
La construction de la ville au xx ^e siècle	116
... face aux défis du xxi ^e siècle	116
Les réseaux techniques et les risques	117
8.2. Concevoir la résilience urbaine :	
quelles méthodes pour appréhender la complexité ?	120
8.2.1. Analyser et évaluer la résilience urbaine	120
8.2.2. Simuler et partager pour décider en faveur de la ville résiliente	124
8.3. Conclusion	124
Références	125
Annexe	128

9 - Complexité et désordre dans la vie communale	135
Résumé.....	135
9.1. La mairie : l'organisation des services	138
9.1.1. La mairie d'autrefois.....	138
9.1.2. La mairie d'aujourd'hui.....	138
9.2. L'Urbanisme	144
9.3. Les élections municipales.....	147
10 - Complexité et entropie directionnelles spatio-temporelles	149
Résumé.....	149
10.1. Systèmes dynamiques sur réseaux	153
Exemple 1 : réseau d'applications couplées	153
Exemple 2 : Les automates cellulaires unidimensionnels.....	154
10.2. Systèmes dynamiques modélisant un transport unidimensionnel déterministe : les relèvements des applications du cercle	159
10.3. Conclusion	164
Glossaire.....	165
Remerciement	167
Références.....	167
11 - Comparaison entre fractals déterministes et aléatoires	
Analyse spectrale et comportements critiques	169
Résumé.....	169
11.1. Fractalité et invariance d'échelle	169
11.1.1. Invariance d'échelle discrète déterministe	170
11.1.2. Invariance d'échelle discrète aléatoire	170
11.1.3. Invariance d'échelle aléatoire	171
11.2. Comportement critique en dimension non entière	172
11.3. Analyse spectrale des modes d'excitation magnétiques : ondes de spin	178
11.3.1. Invariance d'échelle déterministe discrète	181
11.3.2. Invariance d'échelle aléatoire	184
11.4. Conclusion	185
Références.....	185

12 - Matériaux granulaires.	
Désordre, complexité et théorie des graphes	187
Résumé.....	187
12.1. Écoulement et blocage des granulaires secs	187
12.1.1. Introduction.....	187
12.1.2. Le granulaire comme un graphe	188
12.1.3. Circuits impairs (arches), R-boucle et contacts critiques	189
12.1.4. Chaîne de blobs (regions fluides) connectés par des contacts critiques ..	190
12.1.5. Rhéologie à toutes les échelles.....	190
12.2. Granulaires secs :	
exemple simple de système complexe, modélisé par graphe.....	191
12.3. Théorie algébrique des graphes :	
matrice d'adjacence A et matrice dynamique Q = Δ - A	192
12.4. Entropie et matrice d'adjacence	
(matrice de contact) des protéines repliées.....	194
12.5. Conclusion.....	195
Références.....	196
Conclusion.....	197
Glossaire.....	199