

# **SYSTÈMES COMPLEXES THÉORIE & PRATIQUES**

**30<sup>ème</sup> édition des JSR**  
**Journées Scientifiques de Rochebrune**

*Rochebrune : 3–9 avril 2022*

*Sous la direction de*

Danièle Bourcier

Paul Bourguine

Salma Mesmoudi

Ce livre a été publié avec [www.bookelis.com](http://www.bookelis.com)

ISBN : 979-10-359-9815-8

Edité par AFSCET, 2023

AFSCET (Association Française de Science des Systèmes),

ENSAM, 151 Boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris,

[www.afscet.asso.fr](http://www.afscet.asso.fr)

Cet ouvrage est publié sous licence Creative Commons BY-SA-NC



Cet ouvrage sera disponible en ligne sous forme d'un numéro spécial des  
la revue Res-Systemica.

<http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/accueil.html>

## **Res-Systemica Libri**

L'Association française de science des systèmes (AFSCET, [afscet.asso.fr](http://afscet.asso.fr)) se réunit depuis plus de vingt ans chaque année pour des journées de travail au Moulin d'Andé.

Elle édite la revue en ligne Res-Systemica ([res-systemica.org](http://res-systemica.org)), fondée par Évelyne Andreewsky en 2001. Avec « Res-Systemica Libri », elle propose des ouvrages d'auteur, des publications collectives, des bandes dessinées ou la réédition d'ouvrages épuisés.

La collection « Res-Systemica Libri » permet de diffuser les travaux de science des systèmes ou systémique. L'approche peut être historique, disciplinaire ou pluridisciplinaire, théorique ou fondée sur les applications. Elle présente des œuvres issues de recherches originales ou des travaux pédagogiques.

Elle s'adresse à toute personne qui s'intéresse à la théorie des systèmes et à ses applications, aux enseignants et aux étudiants de l'université, des écoles d'ingénieurs, des écoles de management, des instituts de science politique et bien entendu aux professionnels qui se sentent concernés par l'approche systémique. Bonne lecture !

Le Conseil d'administration de l'AFSCET,

## **Dans la même collection :**

*La systémique, Penser et Agir dans la complexité*

Gérard Donnadiou et Michel Karsky, 2021 (réédition)

*La gouvernance dans les systèmes,*

Ouvrage collectif de l'AFSCET, 2021 (réédition)

*Fractaquantum - La nature est-elle quantique à toutes les échelles ?*

François Dubois, 2022

*Miscela de Physique, systémique et électronique (2 tomes)*

Olivier Maurice, 2022

# Table des matières

<b>Préface de l'édition</b>	5
<b>Introduction</b>	7
<b>De la Complexité à la Simplexité : théorie, métrique et applications aux technologies cognitives (C. Tijus &amp; F. Jouen)</b>	11
Introduction : de la complexité novice à la simplexité experte des choses	14
De la complexité organisée des choses à celle des systèmes autonomes	16
La complexité-simplexité organisée des objets smart	26
Discussion et conclusion : les technologies cognitives dédiées aux systèmes autonomes	29
Bibliographie	30
<b>Traiter le flou et la complexité du droit (D. Bourcier)</b>	35
Présentation	38
I- Logiques traditionnelles et concept de flou	43
II- De modèles plus souples pour traiter la complexité du droit : les apports de l'Intelligence Artificielle	53
<b>La fonction <math>\zeta</math> ou le passage du discret au continu (P. Riot)</b>	63
<b>De la contrainte à l'émergence comprendre la morphogenèse par la matrice extracellulaire (A. Fronville &amp; F. Mercier)</b>	95
Introduction	95
1. Analyse mutationnelle et morphologique	96
2. Algorithme discret pour la morphogenèse	97
3. Structures biologiques contrôlant la morphogenèse	99
4. Stabilisation des formes biologique	101
Conclusion	102

Bibliographie	103
<b>Cartographier le paysage sémantique de la science des systèmes complexes (Q. Lobbé &amp; A. Delanoë)</b>	107
Compte rendu d'atelier cartographique	107
1) Carte sémantique	110
2) Phyloméme	114
Références	116
<b>Pour une approche systémique des groupes sociaux (R. Padieu)</b>	117
Acte I	119
Scène 1	119
Scène 2	121
Acte II, Scène 1	124
Acte III, Scène 1	127
<b>Vers une perception de l'identité numérique comme système complexe (B. Merhi)</b>	133
Introduction	135
I. L'identité humaine, caractéristique du soi « irréductible »	137
II. La confusion d'espaces, corollaire de l'émergence de l'identité numérique	151
III. L'identité numérique émergente, caractéristique du « soi connecté »	158
Conclusion	167
Références	169
<b>Complex systems science and urban science: towards applications to sustainability trade-offs in territorial systems (J. Raimbault &amp; D. Pumain)</b>	175
1 - Introduction	176
2 - Complexity and urban science	178
3 - Perspectives towards sustainable planning	181
4 - Trade-offs between SDGs in systems of cities	183
Conclusion	186

References	187
<b>Le cerveau, un système complexe (S. Mesmoudi)</b>	191
I. Introduction	194
II. Intégration en temps réel dans l’anneau VSA et intégration multi-temporelles dans l’anneau PTF	197
III Avantages topologiques de l’entrelacement	201
IV L’architecture en double anneau et la plasticité du cerveau	202
VI Émergence : fonctionnement à deux échelles temporelle	204
Références	206
<b>Les grands projets infrastructurels – questions sur la relation aux espaces de déplacement (A. Cicchi &amp; L. Bertrand)</b>	209
La relation à l’espace dans les trajets urbains	212
Les disjointures ferroviaires, grandes gares parisiennes, petite ceinture et métropolitain	214
Le passage du crédo ferroviaire au crédo routier, un choix décisif	215
Les projets urbains sur la zone non aedificandi	217
Le nouveau quadrillage - l’être humain/usager, acteur du dispositif fonctionnel	219
Le crédo de l’enfouissement infrastructurel - Le boulevard périphérique et le RER	223
Le déplacement, une fenêtre ouverte sur l’espace intérieur et sur le roman urbain	225
Conclusion	227
<b>Une modélisation catégorielle du débat numérique (J. Sallantin &amp; al.)</b>	231
Introduction	232
Modéliser avec des catégories	238
La modélisation catégorielle du débat	240
Conclusion	247
Références	248
<b>Vers une théorie supersymétrique des dynamiques complexes (P. Bourguine)</b>	251

## SYSTÈMES COMPLEXES : THÉORIE & PRATIQUES

Introduction	253
1. La théorie supersymétrique des systèmes dynamiques	254
2. Vers une théorie supersymétrique des dynamiques complexes	260
3. Conclusion : définition d'une « dynamique stochastique complexe »	270



## PRÉFACE DE L'ÉDITION

La phénoménologie d'un système complexe est celle de *l'émergence d'un réseau créant de nouveaux nœuds et de nouveaux liens dans son cycle naissance/vie/disparition au sein de son environnement*. Son environnement ainsi que chacun de ses nœuds sont *récurivement* des systèmes complexes. Il y a deux grandes manières d'étudier les systèmes complexes. Soit on part des grandes questions théoriques et on regarde comment elles traversent les grands domaines expérimentaux : l'on construit alors la « science des systèmes complexes ». Soit on part d'un grand objet d'étude et on regarde quelles sont les questions théoriques qui le traversent : on trace alors la voie à un approfondissement de chaque discipline expérimentale comme « science intégrative et prédictive ». Toutes les feuilles de route vers une science des systèmes complexes sont écrites de cette façon.

L'étude *in vivo* des systèmes complexes soulève de grandes difficultés en raison de leur définition récursive : si l'observation *in vivo* concomitante d'un système complexe et de son environnement n'est pas trop problématique, l'observation de chacun de ses nœuds n'est pas toujours possible et, a fortiori, les nœuds de ses nœuds. Cette difficulté est la question fondamentale de la 'mécanique statistique'.

La série des Journées de Rochebrune est consacrée à ces deux grandes manières d'étudier les systèmes complexes et leurs applications dans toutes les disciplines, y compris les sciences sociales et les humanités.

Paul Bourgine  
Danièle Bourcier  
Salma Mesmoudi

Paris, Le 10 février 2023



## INTRODUCTION

Les journées scientifiques de Rochebrune ont été créées par Paul Bourguine, Thierry Fuhs, et Évelyne Andreewsky (ECAL) en 1992. Pour leur trentième anniversaire, nous avons repris l'esprit et la finalité qui ont présidé au lancement de ces Rencontres à savoir la dimension scientifique et épistémologique de la science des systèmes complexes dans leur dimension théorique et expérimentale. Ces rencontres se sont caractérisées par : l'existence d'un comité scientifique, la perspective d'une publication, le financement des missions ou des subventions par des institutions scientifiques, la révision des contributions par les pairs.

Ces rencontres ont eu lieu du dimanche 3 au 9 avril 2022 à Rochebrune (Haute-Savoie).

La science des systèmes complexes s'est considérablement organisée depuis la création de Rochebrune, essentiellement sous l'impulsion de ses fondateurs. Ces journées s'inscrivent dans la perspective de la feuille de route de Cargèse (2006-2008-2010) (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00392486/document>), de la création de la Complex System Society en 2005

(<https://cssociety.org> ) et du Complex System Digital Campus (CSDC <https://csdc.org> ) (un UniTwin UNESCO de 149 universités depuis 2014).

Ces Journées ont été l'occasion d'analyser cette évolution dans le monde scientifique. Compte tenu de cet anniversaire, nous avons proposé aux auteurs d'inscrire leur intervention sous les deux thèmes suivants :

1. Bilan de la science des systèmes complexes : quels résultats, quelles méthodes et quels problèmes critiques ces rencontres vous ont aidé à redéfinir dans vos disciplines ou vos champs d'intervention en termes de systèmes complexes ?

2. Perspectives pour la science des systèmes complexes : depuis 30 ans se sont développés des outils de modélisation, de simulation ou d'Intelligence artificielle des systèmes complexes dans un contexte de massification des données complètement nouveau et de prise en compte des besoins de modèles tenant compte du développement durable et de ses enjeux. Les sciences humaines et les sciences formelles ont développé de nouveaux concepts pour analyser ces résultats. Dans ce contexte, quelles nouvelles formes de transdisciplinarité peuvent être mises en place aujourd'hui pour enrichir la science des systèmes complexes ? Quels nouveaux modèles, et nouveaux usages de la science des systèmes complexes peut-on inventer ? quelles formations, quelles innovations, quelles précautions, quelles applications à prévoir, à développer aussi bien au plan théorique qu'expérimental.

Comme par le passé, ces rencontres sont très fortement interdisciplinaires. Ont été présentées des recherches articulant biologie/santé ; cognition ; IA et systèmes complexes ; droit et IA ; sociologie ; environnement et exploitation des données ; organisation des territoires et urbanisme ; conception et usages des plateformes ; création, gestion et diffusion de Communs naturels, artificiels ou numériques.

**Comité scientifique** : Paul Bourguine (UniTwin Unesco CSDC), Danièle Bourcier (CNRS-CERSA), Pierre Collet (univ. de Strasbourg), Niels Ferrand (INRAE), Anne Jeannin-Girardon (Univ. de Strasbourg), Pierre Livet (Iméra - IEA d'Aix-Marseille), Salma Mesmoudi (Univ. Paris1), Luiz Carlos Pereira (Fondation Getulio Vargas Brésil), Nadine Peyrieras (CNRS), Denis Phan (CNRS), Denise Pumain (Univ. Paris1), Céline Rozenblat (Univ. Lausanne), Pierre Saurel (Sorbonne Univ.), Véronique Thomas-Vaslin (CNRS), Charles Tijus (Univ. Paris 8), Gerard Weisbuch (ENS).

**Comité d'organisation** : Yann Girard, Betty Merhi, Jennifer Verney

