

Gérard DONNADIEU / Michel KARSKY

# **LA SYSTÉMIQUE,** PENSER ET AGIR DANS LA COMPLEXITÉ

Réédition de 2021

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

ISBN : 979-10-227-9538-8

Edité par AFSCET, 2021

AFSCET (Association Française de Science des Systèmes),

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

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

Tous droits de reproduction, d'adaptation et de traduction, intégrale ou partielle réservés pour tous pays.

## **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, novembre 2020



# **PREFACE DE « LA SYSTEMIQUE : PENSER ET AGIR DANS LA COMPLEXITE »**

par **François Dubois**

Président de l' AFSCET

(Association Française de Science des Systèmes)

C'est un grand plaisir et un grand honneur de préfacer la seconde édition de l'ouvrage de Gérard Donnadiou et Michel Karsky « La systémique : Penser et agir dans la complexité ».

Initialement publié en 2002 aux éditions Liaisons à Paris, cet ouvrage a eu un grand succès et est épuisé depuis plusieurs années. Avec le lancement de la collection « Res-Systemica Libri », l'AFSCET est heureuse de contribuer à la diffusion de l'approche systémique proposée par Gérard et Michel.

L'étude de la complexité est l'une des grandes aventures des vingtième et vingt et unième siècles. Complexité de la nature mais aussi de la vie, des systèmes artificiels et des sociétés humaines. La mondialisation des échanges commerciaux, financiers et culturels ne fait qu'accélérer cette prise de conscience de la complexité et en accentuer les effets. La crise sanitaire illustre ce couplage complexe et les interdépendances. Comment alors orienter l'action dans ce monde de plus en plus en plus complexe ? L'approche systémique, connue en France depuis les années 1970, permet d'agir dans ce contexte global. Elle a donné lieu à de multiples applications en biologie, thérapies familiales, management des entreprises, finance ou urbanisme. Elle se met en œuvre avec le processus de modélisation, avec un langage graphique qui permet l'élaboration de modèles qualitatifs jusqu'à la construction de modèles dynamiques quantitatifs. Cet effort d'apprentissage conceptuel et pratique est soutenu tout au long de l'ouvrage de Gérard Donnadiou et Michel Karsky ; il présente l'essentiel puis en donne une illustration concrète au travers d'une série d'applications choisies dans des domaines très variés comme l'économie, l'écologie ou la psychologie sociale. C'est un véritable

guide qui permet aux lecteurs de réaliser une plongée heureuse dans la complexité.

Cette préface est également l'occasion de rendre hommage aux deux auteurs. Michel Karsky, ingénieur « Supélec », s'était investi dans la dynamique des systèmes durant de longues années, en entreprise et dans sa transmission dans les universités et les écoles d'ingénieurs, en France et à l'étranger. Il a choisi ensuite de s'orienter vers la musique et la composition musicale contemporaine ; il est membre de l'Ousonmupo, l'analogue pour la musique du célèbre OUVroir de Littérature POtentielle.

Gérard Donnadiou, ingénieur « Arts et Métiers », docteur ès sciences physiques, a connu pendant plus de trente ans le monde des entreprises. Il a été membre du Conseil économique, social et environnemental et professeur associé à l'Université de Paris Panthéon-Sorbonne. Homme d'entreprise et de dialogue, également très investi dans l'étude des systèmes symboliques et religieux, il a été un des grands animateurs de l'AFSCET durant près de quinze ans. Il a eu un rôle déterminant, en collaboration avec le Président Emmanuel Nunez, dans le succès du sixième congrès de systémique organisé par l'AFSCET à Paris en 2005.

L'AFSCET et moi-même souhaitons une longue vie régénérée à cet ouvrage fondamental de systémique au sein de la collection « Res-Systemica Libri ».

Le 07 décembre 2020

# SOMMAIRE

|   | <i>pages</i> |
|---|--------------|
| Introduction générale. . . . .  | 11           |
| <hr/>   |              |
| <b>Première partie</b>  |              |
| <b>THÉORIES ET MÉTHODES</b>   |              |
| <b>Chapitre I. Le défi de la complexité . . . . .</b>                     | <b>17</b>    |
| I – La notion de complexité . . . . .                                     | 18           |
| 1 – Placement des participants autour d’une table<br>de réunion . . . . . | 18           |
| 2 – Fonctionnement d’un réseau d’acteurs . . . . .                        | 18           |
| 3 – Récapitulation . . . . .  | 19           |
| II – La dérive de complexification . . . . .                              | 21           |
| III – Les formes de la complexité . . . . .                               | 26           |
| 1 – Objets complexes et situations complexes . . . . .                    | 26           |
| 2 – Autour de la notion de système . . . . .                              | 28           |
| IV – Les systèmes hypercomplexes . . . . .                                | 30           |
| 1 – Les SHC sont à la fois clos et ouverts . . . . .                      | 31           |
| 2 – Les SHC sont d’abord définis par leurs relations . . . . .            | 31           |
| 3 – Les SHC sont arborescents . . . . .                                   | 32           |
| 4 – Les SHC sont finalisés . . . . .                                      | 33           |
| 5 – Les SHC ont besoin de variété . . . . .                               | 34           |
| 6 – Les SHC sont auto-organisateurs . . . . .                             | 35           |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Chapitre II. L'approche systémique</b>  | 37     |
| I – Les concepts de base   | 38     |
| 1 – La représentation des systèmes   | 38     |
| 2 – La structure des systèmes  | 39     |
| 3 – Variables de flux, variables d'état  | 40     |
| 4 – Au cœur des systèmes, un mécanisme de base :<br>la rétroaction               | 41     |
| 5 – En guise de récapitulation   | 43     |
| II – La régulation des systèmes  | 45     |
| 1 – Autour du concept de régulation  | 45     |
| 2 – Régulation et information  | 47     |
| III – Régulation du vivant et ago-antagonisme :<br>un premier saut de complexité | 50     |
| 1 – Le langage élémentaire de la vie   | 51     |
| 2 – Ces étranges boucles ago-antagonistes  | 52     |
| IV – Régulation du social et communication :<br>un second saut de complexité     | 57     |
| 1 – Les enseignements de l'échange symbolique                                    | 58     |
| 2 – Les fondements de la théorie de la communication                             | 59     |
| 3 – De quelques concepts de la théorie<br>de la communication                    | 61     |
| 4 – Traduire l'analogique en digital   | 65     |
| V – Niveaux d'organisation et régulation   | 67     |
| 1 – Une première distinction : système opérant/système<br>de pilotage            | 68     |
| 2 – L'émergence du système d'information   | 70     |
| 3 – La recherche de l'intégration et de l'optimisation                           | 71     |
| 4 – L'auto-organisation et l'autofinalisation                                    | 72     |
| <br><b>Chapitre III. La méthode systémique</b>                                   | <br>77 |
| I – L'axiome constructiviste   | 78     |



|   |           |
|---|-----------|
| II – De la cartographie à la modélisation .....                         | 80        |
| 1 – L'exploration systémique .....                                      | 81        |
| 2 – La modélisation qualitative .....                                   | 83        |
| 3 – La modélisation dynamique .....                                     | 83        |
| 4 – Récapitulation .....  | 86        |
| III – Des outils pour modéliser .....                                   | 86        |
| 1 – La triangulation systémique .....                                   | 87        |
| 2 – Le découpage systémique .....                                       | 88        |
| 3 – L'analogie .....  | 89        |
| IV – Conseils pour la mise en œuvre .....                               | 91        |
| 1 – Maintenir la variété pour pouvoir l'utiliser ....                   | 91        |
| 2 – Différencier pour mieux intégrer .....                              | 92        |
| 3 – Concentrer son action sur les points sensibles .                    | 93        |
| 4 – Faire jouer les contraintes et pour cela ouvrir<br>le système ..... | 94        |
| 5 – Connaître et prendre en compte les temps<br>de réponses .....       | 94        |
| <b>Chapitre IV. La dynamique des systèmes complexes .....</b>           | <b>97</b> |
| I – Complexité et complexités .....                                     | 97        |
| 1 – la complexité spatiale .....  | 98        |
| 2 – La complexité « imprévisible » .....                                | 98        |
| 3 – La complexité dynamique .....                                       | 100       |
| II – Les principaux concepts .....                                      | 101       |
| 1 – Définitions et domaines d'application .....                         | 101       |
| 2 – Les boucles stabilisatrices .....                                   | 102       |
| 3 – Les boucles explosives .....  | 103       |
| 4 – Notion d'objectif .....   | 104       |
| 5 – Interaction entre boucles .....                                     | 105       |
| 6 – Retards et délais .....   | 108       |
| 7 – Les non-linéarités .....  | 110       |

|   |     |
|---|-----|
| 8 – L'évolution structurelle .....                  | 111 |
| 9 – Synthèse .....                                  | 114 |
| 10 – Positionnement de la dynamique des systèmes    | 116 |
| III – Le processus et les étapes de la modélisation |     |
| dynamique .....                                     | 119 |
| 1 – Analyse causale (modélisation qualitative) .... | 119 |
| 2 – Modélisation .....                              | 124 |
| 3 – Formalisation et quantification .....           | 129 |
| 4 – Simulation .....                                | 131 |
| 5 – Calibrage et validation .....                   | 132 |
| 6 – Remarques terminales .....                      | 135 |

## Deuxième partie

### APPLICATIONS

|  |            |
|--|------------|
| <b>Chapitre V. Construire l'objet par l'exploration systémique</b>                     | <b>141</b> |
| I – Essai d'interprétation d'un rite initiatique<br>par l'exploration systémique ..... | 141        |
| II – Le système « entreprise » .....   | 157        |
| 1 – Un système complexe qui se complexifie .....                                       | 157        |
| 2 – Un rapport permanent et fort à l'environnement                                     | 160        |
| 3 – Un système à multifinalités .....  | 162        |
| 4 – Retour à l'aspect structural .....   | 165        |
| <b>Chapitre VI. Représenter l'objet par un modèle</b> .....                            | <b>169</b> |
| I – La modélisation du système de décision<br>d'une organisation .....                 | 170        |
| 1 – La boucle élémentaire de la décision<br>ou boucle IDAR .....                       | 171        |

|   |            |
|---|------------|
| 2 – Structure canonique du système d'Information-Décision .....   | 173        |
| 3 – Exemple d'une entreprise d'exploration pétrolière .....   | 177        |
| II – Le système de gestion des personnes .....  | 179        |
| 1 – Remarque préliminaire .....   | 179        |
| 2 – Au centre du processus, l'interaction homme/emploi .....  | 181        |
| 3 – Les variables de pilotage et leur interconnexion .....  | 183        |
| 4 – L'impératif de complexité .....   | 185        |
| III – L'analogie neuronale: un exemple d'homomorphisme biologie/sciences de gestion .....                     | 187        |
| 1 – Aperçu sur le système nerveux central (SNC) ..  | 187        |
| 2 – Présentation de l'homomorphisme .....   | 192        |
| <br><b>Chapitre VII. Comprendre l'objet par la modélisation et la simulation .....</b>                        | <b>199</b> |
| I – Application en stratégie de gestion de produit par une entreprise .....                                   | 200        |
| 1 – Fonction PRODUCTION .....   | 202        |
| 2 – Fonction PRIX: comment modéliser et formaliser cette fonction? De quoi dépend la variation de prix? ..... | 204        |
| II – Application en écologie: de la possibilité d'apparition de catastrophes différées .....                  | 205        |
| 1 – Description du modèle .....   | 206        |
| 2 – Simulations .....   | 209        |
| 3 – Quelques remarques concernant ce modèle et les résultats correspondants .....                             | 212        |
| III – Application en management: la gestion évolutive d'un projet complexe .....                              | 214        |
| 1 – Principe .....  | 214        |
| 2 – Première idée de base .....   | 216        |

|  |            |
|--|------------|
| 3 – Deuxième idée de base .....  | 219        |
| 4 – Troisième idée de base .....   | 224        |
| IV – Application en économie : le marché pétrolier mondial .....             | 226        |
| 1 – Les principales hypothèses du modèle .....                               | 226        |
| 2 – Validation du modèle .....   | 232        |
| V – Application en sciences humaines : les dynamiques de la motivation ..... | 236        |
| 1 – Remarques préliminaires .....  | 236        |
| 2 – Le modèle selon les notions psychosociologiques classiques .....         | 240        |
| 3 – Introduction des processus cognitifs .....                               | 249        |
| 4 – Un exemple d'utilisation de « Modéré » : le sevrage d'un fumeur .....    | 257        |
| 5 – Conclusion .....   | 261        |
| <b>Conclusion .....</b>  | <b>263</b> |
| <b>Bibliographie .....</b>   | <b>267</b> |

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

La grande aventure intellectuelle de la fin du XX<sup>e</sup> siècle aura été la découverte de l'extraordinaire complexité du monde qui nous entoure. Complexité du cosmos, des organismes vivants, des sociétés humaines, mais aussi de tous ces systèmes artificiels conçus par les hommes et qui sont, comme l'entreprise, de facture aussi bien technique, organisationnelle, qu'économique et sociale. Le phénomène de mondialisation des échanges, qu'ils soient commerciaux, financiers ou culturels, ne fait qu'accélérer cette prise de conscience de la complexité et en accentuer les effets.

Certes, la complexité a toujours existé même si sa perception est récente. Pendant longtemps, dans leur quête de connaissance et de sagesse, les hommes ont recherché des explications simples et logiques à la luxuriance du monde. Ce fut d'abord le programme de la philosophie puis, à l'âge moderne, celui de la science positive fondée sur la méthode cartésienne et caractérisée par la tentative de réduction de la complexité à ses composants élémentaires. Fabuleuse méthode d'ailleurs, puisqu'elle est à l'origine des grands progrès réalisés par la science au cours des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles.

Il se trouve cependant que cette méthode, parfaitement adaptée à l'étude des systèmes simples constitués par un nombre limité d'éléments aux interactions linéaires (c'est-à-dire pouvant être décrites par des lois mathématiques continues et additives), ne convient plus dès lors que l'on considère la complexité organisée telle que rencontrée dans les grands systèmes biologiques, économiques et sociaux. Une autre approche est alors requise, fondée sur de nouvelles représentations de la réalité prenant en compte l'instabilité, l'ouverture, la fluctuation, le chaos, le désordre, le flou, la créativité, la contradiction, l'ambiguïté, le paradoxe. Tous ces aspects, qui étaient perçus naguère comme a-scientifiques par le positivisme régnant, sont désormais considérés