

Revue Internationale de

ISSN 0980-1472

systemique

LA THÉORIE DE L'AUTONOMIE

Vol. 11, N° 5, 1997

afcet

DUNOD

AFSCET

Revue Internationale de
systemique

Revue
Internationale
de Sytémique

volume 11, numéro 5, pages 535 - 550, 1997

L'autonomie dans le cadre de la théorie de la viabilité

Jean-Pierre Aubin

Numérisation Afsct, mars 2016.



Creative Commons

Cependant, la civilisation de l'information qu'on nous promet pour l'avenir nous semble porteuse d'espoirs. En effet, le développement de la technicité moderne s'accélère dans les outils de communication entre les hommes. Ces outils leur permettent de communiquer, pas d'échanger des informations. Gageons que cet accroissement d'importance de la communication obligera à véritablement la penser comme telle, autrement que par cette affligeante métaphore du canal de Shannon, et amènera à prendre conscience de la nécessité de concilier la clôture technologique et celle de la création de l'individu social comme reflet du regard des autres. Varela et Castoriadis font œuvre de pionniers dans cette direction, en nous engageant à imaginer des mondes pour-soi totalement différents des nôtres. Ce geste est, nous l'avons vu, à la base de la conquête de l'autonomie spécifiquement humaine.

Références

- CASTORIADIS C., « La polis Grecque et la création de la démocratie ». *Domaines de l'homme. Les carrefours du labyrinthe II*. Seuil 1986a
- CASTORIADIS C., « La logique des Magma et la question de l'autonomie ». *Domaines de l'homme. Les carrefours du labyrinthe II*. Seuil 1986b
- CASTORIADIS C., « Individu, société, rationalité, histoire ». *Le monde morcelé. Les carrefours du labyrinthe III*. Seuil 1990.
- CASTORIADIS C., « De la monade à l'autonomie ». *Fait et à faire*. Le Seuil, 1997.
- CLASTRES P., *La société contre l'état*. Editions de Minuit. 1974.
- DEFFUANT G., « Mécanismes empathiques et complexité sociale : autour de J.P. Dupuy ». *Actes des journées de Rochebrune* 1996.
- DEFFUANT G., « Les modèles cognitifs à l'épreuve du phénomène religieux : Proposition de directions de recherche nouvelles fondées sur l'empathie ». *A paraître dans Intellectica*.
- DUMONT L., *Essais sur l'individualisme*. Le Seuil. 1983.
- DUMOUCHEL P., in *L'Auto-organisation : du physique au politique*. Seuil 1983.
- DUPUY J.P., *Introduction aux sciences sociales*. Ellipses. 1992.
- EDELMAN G., *Biologie de la conscience*. Odile Jacob. 1992.
- GIRARD R., *La violence et le sacré*. Grasset. 1981.
- GIRARD R., *Le bouc émissaire*. Grasset. 1982.
- MATURANA H. et VARELA F., *L'arbre de la connaissance*. Addison-Wesley. 1994.
- PETITOT J., *Physique du sens*. Editions du CNRS. 1992.
- PROUST J., *Comment l'esprit vient aux bêtes. Essai sur la représentation*. Gallimard. 1997.
- VARELA F., *Autonomie et connaissance*. Seuil. 1989.
- VARELA F., THOMPSON E., ROSH E., *The embodied mind*. MIT Press. 1991.

L'AUTONOMIE DANS LE CADRE DE LA THÉORIE DE LA VIABILITÉ

Jean-Pierre AUBIN ¹

Résumé

Le mathématicien que je suis, peu au fait de la vaste littérature sur l'autonomie, a néanmoins accepté avec reconnaissance l'invitation de Pascal Goyeau et Jacques Lorigny de replacer le concept d'autonomie dans le cadre de la théorie de la viabilité. Elle propose diverses métaphores mathématiques de systèmes ou d'organismes décrits comme des systèmes dynamiques contingents dont les variables évoluent dans un environnement incertain leur imposant des contraintes de viabilité.

La nécessité de s'adapter aux contraintes environnementales conduit à répartir dans un premier temps ces variables en deux classes : Les « variables d'état », sur lesquelles s'exercent les contraintes environnementales, et les « régulons », qui sont des variables de régulation sur lesquelles n'agissent aucun acteur identifié. Les théorèmes fondamentaux fournissent les rétroactions de viabilité, qui associent à chaque variable d'état l'ensemble des régulons viables permettant aux variables d'état de s'adapter en permanence aux contraintes de viabilité.

L'hypothèse proposée dans cet article est que le but d'une organisation hiérarchique de certains systèmes tels ceux qui impliquent des organismes vivants est de protéger les « sous-systèmes » en leur garantissant un environnement évoluant de façon « régulière » (constante ou périodique, par exemple) au lieu d'un environnement « inconnu » du système.

Ces sous-systèmes protégés peuvent donc être autonomes, fournissant au système global des entrées endogènes fournies par les rétroactions de viabilité, réduisant ainsi l'incertitude en restreignant le nombre de variables d'entrée exogènes.

Ce point de vue réhabilite l'authentique théorie de l'évolution de Lamarck qui a trait à l'évolution croissante de la complexité des structures biologiques.

1. Université de Paris-Dauphine, place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75016 Paris.

Abstract

Although being a mathematician unaware of the vast "system literature" on the topic dealing with autonomy, I have thankfully acquiesced the invitation of Pascal Goyeau and Jacques Lorigny to revisit this concept in the framework of viability theory. It deals with mathematical metaphors of systems or organisms described as contingent dynamical systems evolving in an uncertain environment imposing constraints to the variables of the system. The necessity of adapting to these environmental constraints leads to classify the variables in at least two broad classes: The "state variables", on which the environment assumed to evolve exogenously imposes the constraints, the "regulees", which are regulatory variables on which no identifiable actor acts. The main theorems provide viability feedbacks mapping state variables to subsets of viable regulees which guarantee the permanent adaptation of the evolving state variables to the viability constraints.

The assumption proposed in this paper is that the purpose of hierarchical organization of systems such as the ones involving living organisms is to protect the subsystems by guaranteeing them a "regular" (for instance constant or periodic) evolving environment instead of an evolving environment "unknown" to the system. These "protected" subsystems can thus be (relatively) autonomous, providing the whole system with regularly evolving endogeneous inputs through the viability feedbacks, thus shrinking the amount of irregularity of the environment by restricting the number of exogeneous input variables.

This view rehabilitates the genuine Lamarckian evolution theory dealing with the increasingly complexification of the biological structures.

« La nature, dans toutes ses opérations, ne pouvant procéder que graduellement, n'a pu produire tous les animaux à la fois : elle n'a d'abord formé que les plus simples : et passant de ceux-ci jusqu'aux plus composés, elle a établi successivement en eux différents systèmes d'organes particuliers, les a multipliés, en a augmenté de plus en plus l'énergie, et, les cumulant dans les plus parfaits, elle a fait exister tous les animaux connus avec l'organisation et les facultés que nous leur observons »

PHILOSOPHIE ZOOLOGIQUE

Jean-Baptiste de Monet, chevalier de Lamarck

I. INTRODUCTION

Comme les systèmes formés d'êtres vivants sont ouverts, il est impossible de les décrire entièrement et par conséquent, de démontrer la vérité d'une assertion quelconque à leur sujet. On ne peut que proposer des métaphores, parmi lesquelles des métaphores mathématiques, qui peuvent être validées par consensus dans un groupe social donné à un moment donné.

Par suite, l'activité scientifique commence en répartissant les variables d'un « système » en deux classes :

1. celles de l'**organisme** du système étudié, supposé autonome – *Autos-Nomos* – c'est-à-dire « administré » selon ses propres lois, se fixant objectifs et moyens d'y parvenir, par rapport à

2. celles de l'**environnement** auquel cet organisme est confronté, imposant au système autonome des contraintes « externes », « passivement subies ».

Cette définition d'un système divisé entre un organisme et son environnement est arbitraire, mais justifiée dans chaque cas par les scientifiques qui tentent d'expliquer le fonctionnement du système qu'ils étudient.

Dans l'analyse de l'évolution de ces systèmes, on suppose implicitement que **l'évolution de l'environnement est prescrite de façon exogène et on étudie l'évolution endogène de l'organisme en fonction de celle, donnée ou supposée, de l'environnement**. Les contraintes de viabilité du système expriment une partie des interactions entre l'organisme et l'environnement d'un système. Le lieu de ces interactions est appelé la **frontière de viabilité** du système. Dans sa version la plus simple, l'environnement rétroagit sur le système en imposant à l'organisme d'évoluer en respectant les contraintes de viabilité imposées par l'environnement.

On remarque ensuite que les variables décrivant l'organisme d'un système peuvent dans un premier temps être réparties en plusieurs classes :

1. les *variables d'état* (ou phénotypes), évoluant sous l'action d'un acteur identifié, et soumises aux contraintes de viabilité imposées par l'environnement, par l'intermédiaire éventuel de variables de commande (ou contrôle, en français) que nous négligerons ici,

2. les *régulons* (ou variables de régulation) servant à régler – on dit maintenant, régler – l'organisme pour qu'il respecte ses contraintes de viabilité.

Un système ainsi structuré est appelé **macrosystème**. La possibilité de gouverner l'évolution des systèmes sociaux et écologiques est limitée par la présence de ces régulons sur lesquels on ne peut agir, mais dont il faut reconnaître l'existence et le rôle afin de comprendre l'évolution du système étudié.

L'un des objectifs de la théorie de la viabilité est de remplacer la recherche inutile d'équilibres (définis comme état stationnaires) qui n'existent qu'exceptionnellement dans un cadre évolutif ou la recherche d'objectifs intertemporels optimaux impossibles à définir dans des systèmes qui ne sont pas entièrement conçus par des hommes par l'étude de la *viabilité des évolutions*, c'est-à-dire du respect à chaque instant des contraintes de viabilité. Les systèmes formés d'organismes vivants, en évoluant, modifient en effet leur environnement. Car

le système doit constamment s'**adapter** à de telles contraintes, au risque de mourir, de disparaître en tant que tel lorsqu'elles sont violées. « *Quel est le but visible et connu de tous les mouvements de tous les êtres ? C'est de conserver leur existence actuelle, c'est d'y persévérer; c'est de la fortifier; c'est d'attirer ce qui lui est favorable, c'est de repousser ce qui peut lui nuire, c'est de résister aux impulsions contraires à sa façon d'être et à sa tendance naturelle.* » répondait dans le SYSTÈME DE LA NATURE Paul Henri Thiry, baron d'Holbach.

La théorie mathématique de la viabilité¹ commence tout d'abord par caractériser les contraintes de viabilité compatibles avec une dynamique incertaine au sens où de tout état initial part au moins une évolution viable parmi toutes les évolutions possibles. Sinon, elle permet d'affirmer l'existence et de calculer le plus grand ensemble de viabilité – **noyau de viabilité** – en dehors duquel toutes les évolutions violent les contraintes en temps fini.

Ensuite, elle permet de calculer les rétroactions du système qui maintiennent la viabilité du système. La connaissance de ces rétroactions, qui très souvent ne sont pas déterministes, permet d'expliquer – et éventuellement, de corriger – les nombreux effets pervers, paradoxaux ou inattendus. Ceux-ci sont souvent causés par des raisonnements statiques ignorant les mécanismes d'évolution, cherchant désespérément des équilibres là où il ne peut en exister, des décisions optimales plutôt que des décisions prises à temps. Ils peuvent résulter d'une optimisation de critères intertemporels là où la myopie des acteurs permet au mieux des optimisations instantanées, remises en cause à chaque instant.

Contrairement à la théorie de la commande optimale, on ne cherche pas dans un premier temps à optimiser des critères portant sur les états futurs du système, mais à échanger ce pari impossible à tenir sur la connaissance du futur avec une meilleure connaissance du passé, et des contraintes qu'il nous lègue. Car, s'il n'y a plus de pilotes gouvernant ce système, il devient **impossible de prévoir et ensuite, de prédire l'évolution future** du système, laissant ainsi la place à un hasard que la science s'est donné pour mission de traquer, à une incertitude qu'il s'agira de réduire, sans naturellement pouvoir la supprimer à coup sûr, à une liberté d'évolution qu'il s'agira d'apprivoiser par la nécessité.

Cet héritage du passé se traduit par le **principe d'inertie** : Ces régulons, laissés à eux mêmes, auront donc tendance à demeurer constants tant que la viabilité du système n'est pas en jeu, ce qui n'empêche pas les états du système d'évoluer.

On introduit alors le concept de **niche de viabilité** d'un régulon, qui est l'ensemble des états du macrosystème qui sont régulés par ce régulon lorsqu'il

est maintenu constant (ou périodique, dans des versions plus sophistiquées de la théorie, qui est valable quelque soit la nature supposée – ou imposée – des régulons). La niche de viabilité d'un régulon peut être vide, auquel cas le régulon devra être changé lorsque l'état du système violera les contraintes de viabilité. Partant de la niche de viabilité d'un régulon, au moins une évolution du macrosystème peut (mais ne doit pas) évoluer dans cette niche en ne changeant pas le régulon initial.

En respectant le principe d'inertie, les régulons ne se mettent en mouvement que lorsqu'une « crise de viabilité » survient, et ce, jusqu'à ce que la viabilité soit rétablie et « stabilisée ».

Cela ne suffit pas encore à réduire complètement l'incertitude : il faut découvrir des mécanismes qui obéissent à ce principe d'inertie. Le plus simple est celui qui consiste à **choisir parmi tous les régulons viables celui qui a la plus petite vitesse**, le plus paresseux. Les évolutions viables correspondantes seront qualifiées de **lourdes**. Elles ont la propriété d'**accrocher** (lock-in en anglais) la niche de viabilité d'un régulon : lorsque l'évolution lourde d'un état le conduit dans la niche de viabilité d'un régulon, alors ce dernier devient constant et l'état demeure à jamais dans sa niche. Il y aura bien « stabilisation sélective » de ce régulon.

II. L'HÉTÉROCHRONIE

En fait, bien qu'à la source de nombreuses difficultés mathématiques en partie surmontées, cette distinction entre deux classes est bien trop grossière. Les régulons sont des variables « vectorielles » ayant de nombreuses composantes, évoluant avec des « constantes de temps » différentes, selon des échelles de temps différentes. Il nous faut donc prendre en compte l'**hétérochronie** sous-jacente à l'articulation entre écologie et économie, entre le temps long de la géologie, celui moins long de la climatologie, celui plus rapide de la phylogénèse, le temps psychologique – notre temps – de l'ontogénèse, et le temps accéléré de l'évolution culturelle. La plus grande inertie d'une composante du système induit de ce fait des contraintes sur les composantes plus labiles du système. Lorsqu'il y a plusieurs catégories de régulons, on obtient des mécanismes de régulation viables en classant les régulons par inertie croissante, selon un principe d'inertie hiérarchique. Lorsque la viabilité est en jeu, seul le régulon le plus « léger » évolue, les autres demeurant constants tant que la viabilité est assurée. Sinon, le second se met à son tour en branle, et ainsi de suite. On obtient ainsi une « régulation en cascade ».

Les inerties différentes de ces composantes tiennent naturellement aux difficultés des actions et rétroactions de chaque milieu de l'environnement sur les autres. En ce qui concerne les actions des hommes, c'est le milieu physique qui leur offre le plus de résistance. Le milieu organique est lui plus malléable à leurs actions, alors que le milieu social est bien plus labile. Quant au milieu culturel, il n'offre aucune résistance aux discours. On peut remarquer au passage que la durée des conséquences de ces actions sont plus longues dans le milieu physique, moins longues dans le milieu organique, fragiles dans le milieu social et pour la plupart éphémères dans le milieu culturel.

III. HÉTÉROCHRONIE ET HIÉRARCHISATION

Cette hétérochronie des divers régulons d'un système peut conduire à le structurer en « sous-systèmes ». L'organisme de chaque sous-système peut être appelé **organe**. Ces sous-systèmes sont interdépendants : des **couplages** lient ces sous-systèmes entre eux et entre le système initial. On parle dans ce cas de **métasystèmes**.

Puisque ces couplages sont de nature interactive, les organes d'un sous-système imposent des contraintes de viabilité à l'organisme, qui s'ajoutent à celles imposées par l'environnement du système initial. On appelle **endotype** l'environnement interne formé par les organes des sous-systèmes qui rétroagit sur l'organisme du système.

A son tour, l'organe d'un sous-système est soumis aux contraintes imposées par son sous-environnement, l'environnement du système initial, son organisme et les organes des autres sous-systèmes. Leur réunion forme l'**exotype** de l'organe du sous-système².

L'endotype et l'exotype d'un sous-système sont séparés l'un de l'autre par des frontières que l'on pourrait représenter comme des membranes poreuses abstraites en s'inspirant des systèmes biologiques. Une membrane séparant l'endotype d'un sous-système de l'exotype est le lieu des interactions entre le sous-système et les autres sous-systèmes. Les couplages s'opèrent le plus souvent au moyen de signaux qui s'échangent au travers de cette « membrane », formée dans ce cas « d'émetteurs et de récepteurs de signaux ». Chaque signal reçu par les récepteurs du système déclenche une action de ce sous-système, et chaque signal émis par le sous-système vers les autres sous-systèmes y déclenche également des évolutions. La répartition d'émetteurs et de récepteurs sur une membrane « polarise » le sous-système en lui permettant de distinguer son endotype de l'exotype.

Ces sous-systèmes peuvent naturellement être eux-mêmes divisés en sous-systèmes, de sorte que l'on peut étudier des métasystèmes **hiérarchisés** en plusieurs niveaux de sous-systèmes. C'est cette organisation hiérarchique d'un système en plusieurs niveaux de sous-systèmes qui conduit à la notion de **complexité connexionniste** au sens où les biologistes l'entendent depuis Lamarck.

IV. HIÉRARCHISATION ET AUTONOMIE

Une telle organisation permet de faire bénéficier les organismes d'une autonomie qui les préserve en partie des contraintes de viabilité extérieures en les remplaçant par des contraintes de viabilité internes qui sont sous le contrôle du métasystème.

L'endotype de chaque sous-système « internalise » en quelque sorte une partie des contraintes dans l'organisme afin d'en prendre le contrôle et de maîtriser leur régulation, **bref, de le rendre aussi autonome que possible**. Elle revient, du point de vue d'un métasystème, à transformer une partie de l'environnement en un « endotype » que l'organisme doit contrôler par une sorte d'homéostasie – la constance du milieu intérieur, disait Claude Bernard. Lorsqu'il s'agit des systèmes cognitifs des êtres humains, les endotypes décrivent leur domaine de liberté de choix, le fameux libre-arbitre, qui les protègent des perturbations du monde extérieur. La régulation d'un système afin qu'il puisse s'adapter revient alors à réguler ses sous-systèmes pour permettre à chacun des endotypes d'obéir à ses propres contraintes de viabilité.

La structuration d'un système en une hiérarchie de sous-systèmes est dictée en partie par des raisons « économiques ». Les organismes vivants transforment leur environnement en consommant des ressources et en produisant des déchets, eux-mêmes ressources d'organismes d'autres systèmes. Afin d'avoir accès aux ressources aux ressources nécessaires à sa survie, un organisme doit mobiliser ceux des autres organismes dont la production totale de déchets fournit le montant de ces ressources. Et ainsi de suite.

Un organisme autarcique dans un environnement donné n'a nul besoin de se structurer en sous-systèmes. C'est le cas des virus, qui perdurent sans que l'on sache qui des virus ou des hommes sortira vainqueur de la guerre qu'ils se livrent.

L'organe d'un sous-système mobilisé pour fournir des ressources à l'organisme d'un système devient de ce fait **spécialisé**. Mais rien n'exclut que cet organe produise d'autres déchets qui contribuent à l'endotype du système. Ils

ne doivent pas nuire à l'organisme en introduisant des contraintes léthales. Rien n'exclut d'autre part que certains déchets produits par l'organe desservent les contraintes que l'endotype induit sur le système, offrant un luxe non nécessaire à sa survie qui lui permet d'ouvrir des possibilités opportunistes d'évolution. L'endotype d'un système modifie l'environnement initial d'un système, certaines de ces modifications étant inhibitrices (négatives), d'autres étant dynamogéniques (positives) et d'autres neutres. La fragilité est le prix à payer pour la complexité hiérarchique.

Les métasystèmes se construisent en intégrant – souvent de façon opportuniste – l'activité de ses sous-systèmes au fur et à mesure qu'elles se mettent en place. C'est le cas en biologie de l'intégration des parasites, dans la mesure où les parasites ménagent leur hôte dans leur propre intérêt, car sinon, ils meurent avec lui. D'après Lynn Margulis, le parasitisme est un facteur majeur d'évolution biologique, plus efficace que la seule apparition des mutations, car ils permettent à l'organisme colonisateur de s'approprier des organes sans avoir à les « inventer » par le long processus de l'évolution. Des organismes se sont construits en colonisant d'autres organismes plus élémentaires, leur garantissant l'environnement qui leur permette de survivre et exploitant leurs comportements. Pour cela, ils contrôlent leurs contraintes de viabilité, de sorte que, par exemple, l'évolution de ces sous-systèmes peut très souvent être « fixée » ou rendue périodique tant que le métasystème maintient les contraintes de viabilité du sous-système constantes. Ce faisant, les métasystèmes « mémorisent » l'information que recèle l'évolution contrôlée de leurs sous-systèmes en quelque sorte conservés dans des sous-environnements « congelés ». La mémoire des métasystèmes est constituée de sous-systèmes dont l'évolution protégée des perturbations de l'extérieur est autonome, permanente et auto-entretenu, contrôlés par les autres sous-systèmes en activant ou désactivant les membranes qui les séparent.

L'évolution de l'organisation en poupées russes – ou boîtes chinoises – que l'on observe dans les métasystèmes décrivant des systèmes vivants tend vers une complexité lamarckienne croissante le long de la phylogénèse, faisant apparaître de nouveaux sous-systèmes se branchant sur d'anciens, en régulant la viabilité de leurs endotypes, la soustrayant des perturbations incontrôlées de l'environnement du seul métasystème, qui dès lors n'interagit directement qu'avec les sous-systèmes des derniers niveaux du métasystème. Ceux-ci auront plus tendance à évoluer que les sous-systèmes des niveaux inférieurs – c'est-à-dire anciens – qui se stabilisent et évoluent lentement au point de devenir fixés ou périodiques lorsqu'un nouveau niveau d'organisation se constitue au-dessus (ou autour) d'eux. Descendus dans l'échelle hiérarchique – en

fait, généalogique, l'avancement étant réduit ici à la seule ancienneté –, ils sont protégés des perturbations ne portant généralement que sur les derniers niveaux de l'organisation hiérarchique du fait même de cette organisation. S'il fallait chercher où sont les Idées de Platon, éternelles et immuables, c'est au niveau le plus bas de l'organisation hiérarchique. Timée ne plaçait-il pas « l'âme » du monde au centre de la sphère qui représentait l'univers, contenant les autres systèmes, imparfaits, « ceux qui naissent et disparaissent », bref, ceux qui évoluent ?

L'irréversibilité des processus biologiques – favorisée par le principe d'inertie – interdit de retoucher ou de recréer les sous-systèmes anciens, ceux qui sont enfouis aux niveaux les plus bas de l'organisation. C'est une contrainte qui interdit de faire table rase du passé, comme trop d'apprentis sorciers l'ont appris aux dépens de millions de morts dans l'histoire récente. S'il est une leçon que l'on peut tirer de ces considérations, c'est qu'il existe des liens non perceptibles liant une composante du système à une autre, qui, même sans avoir recours aux théories physiques du chaos³, peuvent provoquer des conséquences insoupçonnées : il suffit de compléter la citation du baron d'Holbach : « *C'est peut-être dans les plaines arides de la Lybie que s'amasent les premiers éléments d'un orage qui, portés par les vents, viendra vers nous, appesantira notre atmosphère, influera sur le tempérament et les passions d'un homme que ses circonstances mettent à la portée d'influer sur beaucoup d'autres, et qui décidera, d'après ses volontés, du sort de plusieurs nations.* »

V. AUTONOMIE ET COMPLEXITÉ CONNEXIONNISTE

Ce faisant, les organismes deviennent complexes : la complexité ne décrit-elle pas dans le langage de tous les jours le labyrinthe des connections entre les composantes d'un organisme vivant ou d'une organisation ou d'un système ? « *Enfin, si tout est lié dans la nature, si tous les mouvements y naissent les uns des autres quoique leurs communications secrètes échappent souvent à notre vue, nous devons être assurés qu'il n'est point de cause si petite ou si éloignée qui ne produise quelque fois les effets les plus grands et les plus immédiats sur nous-mêmes* » écrivait le baron d'Holbach. L'objectif de cet aspect de la complexité est le maintien de la viabilité imposée par son environnement. La croissance de la complexité connexionniste est alors parallèle à celle de la densité de ce réseau de contraintes. Dans ce sens, la complexité⁴ a émergé dès l'apparition de la vie et semble nécessaire à la poursuite de son évolution à tous les

niveaux de son organisation. L'histoire économique et sociale a montré par exemple une tendance permanente à l'accroissement de cette complexité connexionniste.

Je considère donc ici le *connexionnisme* – un terme moins normatif et plus neutre que celui de *coopération* lorsque le système est de nature biologique ou économique – comme une réponse à l'adaptation à des contraintes de viabilité de plus en plus nombreuses, qui implique l'émergence de liens entre les composantes d'un système et leur évolution. Ces liens entre chaque variable du système et les autres variables forment ce que j'appelle une **matrice de connexion**. Cette matrice de connexion décrivant cet aspect de la complexité du système est elle-même appelée à évoluer. Un système est **déconnecté (ou autonome, libre, décentralisé, etc.)** si la « matrice de connexion » est la matrice identité dont tous les liens liant chaque variable aux variables distinctes sont nuls. La distance⁵ entre la **matrice de connexion** et la matrice identité peut traduire et mesurer le concept d'**indice de complexité (connexionniste)**. Plus grande est cette distance, plus grand est cet indice de complexité connexionniste, plus complexe est le système.

On peut ainsi rendre compte d'un aspect de la complexité, la *complexité connexionniste*, comme une réponse au problème de l'adaptation à des contraintes de viabilité de plus en plus nombreuses, qui sont à l'origine de l'émergence de liens entre les composantes d'un système dynamique. En reprenant ces idées dans un cadre mathématique, on peut utiliser les matrices connexionnistes comme régulateurs d'un système, intervenant à la fois dans les dynamiques et dans les contraintes, obéissant au principe d'inertie, et décrivant ainsi – de façon métaphorique – l'évolution de la complexité connexionniste des systèmes. On propose alors divers modes d'évolution de ces matrices de connexion afin de garantir à chaque instant la viabilité du système, dictant une coopération entre les composantes du système. Plus nombreuses sont les contraintes, plus nombreuses sont les connexions entre les composantes du système. Par exemple, le problème de la décentralisation maximale exige de trouver des matrices de connexion aussi proches que possible de la matrice identité – **évolution lente** – ou qui évolue aussi lentement que possible – **évolution lourde** – de façon à ce que la matrice de connexion reste constante tant que la viabilité du système n'est pas en jeu. Ce second mode a la propriété de « bloquer » les matrices de connexion qui régulent pour toujours un sous-ensemble d'états, appelé **niche de viabilité de la matrice de connexion**.

On démontre alors dans certains cas des théorèmes d'équivalence, en montrant que l'évolution de l'état associée aux matrices de connexion minimisant la

distance à la matrice identité et celle associée à des catégories de régulateurs (comme les prix en économie). Ceci conforte en quelque sorte l'intuition du rôle décentralisateur des prix en économie.

Cette tentative de maintenir la viabilité d'un système en connectant les dynamiques de ses composantes est un trait général des « systèmes complexes ». L'évolution de cette complexité connexionniste soumise à des contraintes de viabilité pourrait suivre celle des régulateurs, obéissant au principe d'inertie et évoluant selon les canons des évolutions lourdes. Cette piste, toute récente, mérite d'être discutée afin de déceler des liens insoupçonnés entre des composantes d'un système qui s'établissent ou se renforcent afin de maintenir la viabilité du système étudié.

VI. CONCLUSION

Autonomie et complexité sont l'avvers et l'envers d'une même médaille, car la complexité d'une organisation se manifeste par la relative autonomie de ses composantes.

La tentative de maintenir la viabilité d'un système en connectant les dynamiques de ses composantes est un trait général des « systèmes complexes ». L'évolution de cette complexité connexionniste soumise à des contraintes de viabilité pourrait suivre celle des régulateurs, obéissant au principe d'inertie et évoluant selon les canons des évolutions lourdes. Cette piste, toute récente, mérite d'être discutée afin de déceler des liens insoupçonnés entre des composantes d'un système qui s'établissent ou se renforcent afin de maintenir la viabilité du système étudié.

C'est l'examen des coefficients de la matrice de connexion entre les diverses composantes d'un système qui détermine la présence de sous-systèmes autonomes ou de la relative autonomie des sous-systèmes les uns par rapports aux autres, sujette, comme le reste, à une évolution que l'on peut supposer contingente, guidée par les contraintes auxquelles elle est soumise, respectant un principe d'inertie qui n'est autre qu'un des principes de parcimonie que les hommes prêtent à la nature qu'ils tentent d'interpréter. Les mathématiques nous disent que traduites dans leur langage – et ainsi appauvries – ces conditions suffisent sous des hypothèses adéquates à assurer l'existence de telles évolutions.

Genèse de la théorie de la viabilité

Comme toujours, il y eut beaucoup de tâtonnements pour défricher de nouvelles pistes avant de trouver les bonnes. Les premières qui furent frayées dans des cas particuliers conduisirent à formuler à la fin des années 1970 le type d'énoncé du théorème de viabilité qui répondait à la question que nous ne savions pas poser. Une fois dégagée la caractérisation de la propriété de viabilité et constaté qu'elle était effectivement intuitive, il devenait plus facile de forger les techniques adéquates. Le hasard contingent qui préside à l'évolution des idées a conduit à cette époque le mathématicien italien Arrigo Cellina à l'Université de Paris-Dauphine. Il nous a initié aux **inclusions différentielles** – ces outils à l'aide desquels j'avais choisi de prendre en compte le hasard contingent – qu'il était l'un des rares à connaître de ce côté-ci du rideau de fer.

Comme toujours, il n'y a pas de conditions initiales dans l'histoire des idées. S'il faut malgré tout choisir un début à cette histoire, il était une fois un mathématicien, George Bouligand, qui dans les années trente introduisit un nouveau concept de direction tangente permettant d'implanter mathématiquement la notion de tangence dans le cas de n'importe quel ensemble et donc de vitesse tangente dans n'importe quelle situation. Si depuis lors de multiples autres tentatives différentes de traduire mathématiquement l'idée de tangence ont été proposées, il s'avère que ce fut la première qui fut la bonne, au sens où c'est grâce à elle que l'on démontre le plus de théorèmes fondamentaux.

Marchaud et Zaremba, deux élèves de Bouligand, ont au début des années trente été les premiers à étudier les **inclusions différentielles**, grâce à ce nouveau concept de direction tangente. Mais ces travaux, poursuivis pour leur seul intérêt mathématique, sont venus trop tôt, longtemps avant que d'autres mathématiciens s'y intéressent, et sont donc passés inaperçus et furent oubliés.

Ce n'est que dans les années 50 que Wazewski, qui créa l'école de Cracovie, fit le lien entre la théorie de la commande (dont l'informa à l'époque C. Olech) et les inclusions différentielles qu'il connaissait par les travaux de Zaremba. Il contribua, en même temps que le mathématicien russe A.F. Filippov à démontrer dans les années 60 les principaux théorèmes adaptant aux inclusions différentielles les résultats connus concernant les équations différentielles. Il fallut cependant attendre près de trente ans pour que son usage commence à diffuser auprès de certains automaticiens.

En ce qui concerne la viabilité, c'est-à-dire le problème de rendre compatible l'évolution avec des contraintes portant sur l'état du système, c'est le mathématicien japonais Nagumo qui a démontré le premier théorème dans le cas des équations différentielles en 1942, dans un article rédigé en allemand, ce qui n'a pas contribué à son succès ! Entre cette date et 1968, il a été redécouvert au moins 14 fois, dans des versions voisines et pour des besoins mathématiques différents. La situation était donc mûre pour que ce problème cesse d'être confidentiel.

Le théorème de viabilité pour les inclusions différentielles a été démontré par Bebernes et Schuur dans les années 70, sans qu'il attire l'attention de quiconque, au point que ce théorème a lui aussi été redécouvert entre temps à plusieurs reprises quelques années après. Ce théorème général a été démontré par Georges Haddad dans la formulation décrite ci-dessus au début des années 80. Il a été ensuite adapté au cas des équations différentielles stochastiques par Giuseppe Da Prato de la Scuola Normale di Pisa et l'auteur.

Depuis lors quelques spécialistes de la théorie du contrôle, parmi lesquels figurent les chercheurs du groupe de recherche **Viabilité, Jeux, Contrôle** de l'Université de Paris-Dauphine, ont été conduits à utiliser et à développer l'analyse multivoque, les inclusions différentielles et la théorie de la viabilité.

La nécessité de postuler le principe d'inertie et l'idée d'évolution lourde se sont imposées très tôt, avant qu'apparaissent les outils mathématiques qui ont permis d'avancer dans cette direction, avant que le concept d'équilibre ponctué d'Eldredge et Gould arrive à notre connaissance, avant la lecture du livre *Tout empire périra* de J.-B. Duroselle qui se terminait sur des exemples de telles évolutions en histoire. Les premiers travaux sur ce sujet en collaboration avec Hélène Frankowska (qui a débuté ses recherches sous la direction de C. Olech) datent de 1983 et sont à l'origine de la découverte du calcul différentiel des applications multivoques. Ce dernier, pierre angulaire de l'analyse multivoque, a depuis pris son essor autonome⁶ et est de plus en plus utilisé dans divers domaines des mathématiques.

Après bien des détours, c'est surtout le concept de **noyau de viabilité**, dégagé en 1984, qui a permis d'apporter les premières réponses aux questions posées par l'évolution lourde. Il s'est avéré être jusqu'à présent l'outil le plus efficace de la panoplie des théorèmes de viabilité pour résoudre un grand nombre de questions, et en particulier celui de **permanence** introduit par les bio-mathématiciens autrichiens Karl Sigmund et Josef Hofbauer. Des programmes informatiques conçus depuis 1990 par Hélène Frankowska, Philippe Lacoue, Marc Quincampoix, Patrick Saint-Pierre et leurs élèves permettent de le calculer numériquement.

Il a fallu ensuite se préoccuper de l'évolution endogène des ensembles contraints, et de répondre à la question de gouverner l'évolution des ensembles de la même façon que les équations différentielles régissent l'évolution des vecteurs. Ceci a été fait dans le cadre des **équations mutationnelles** et de la **morphologie mathématique** par Luc Doyen, Anne Gorre, Juliette Mattioli et Laurent Najman⁷.

Plusieurs théorèmes de viabilité ont été utilisés comme outils mathématiques pour résoudre des problèmes pour lesquels ils n'ont pas été conçus au départ. C'est en particulier le cas de la théorie du contrôle optimal⁸ des systèmes non linéaires. Il en est de même pour répondre à des questions posées il y a un siècle par Liapounov pour étudier la stabilité, pour concevoir de nouveaux algorithmes de minimisation de fonctions et de recherche d'équilibres, ou encore pour aborder l'**automatique floue**.

Marc Quincampoix et Pierre Cardaliaguet ont utilisé ces idées en théorie des jeux dynamiques, faisant le lien avec des concepts développés en France par Pierre Bernhard et des points de vue voisins développés en Russie par l'école de Sverdlovsk-Ekaterinbourg autour de Krasovski et de Kurzhanski. En théorie des jeux dynamiques, le concept de trajectoire lourde fait place à celui de « cascades » étudiées en ce moment par Katharina Müllers, où les régulateurs des différents joueurs sont choisis selon leur plus ou moins grande inertie. Olivier Dordan a utilisé ces concepts pour étudier qualitativement les systèmes dynamiques et concevoir des algorithmes de physique qualitative⁹ et Nicolas Seube pour piloter des systèmes contrôlés à l'aide de réseaux de neurones. Le cas où les contraintes dépendent du temps a été résolu avec succès par H. Frankowska en France, S. Plackacz, T. Rzezuchowski en Pologne et P. Tallos en Hongrie, celui des contraintes d'inégalité par Nina Maderner en Autriche, l'adaptation de la théorie de la viabilité au cas des équations de diffusion-réaction a été conduite en Chine par Shi Shuzhong et ses élèves, la prise en compte des retards, du cumul des conséquences héritées du passé par Rémi Duluc et Christine Vigneron, d'autres méthodes de sélection de solutions ont été proposées par W. Krivan en République Tchèque.

Notes et références

1. La théorie de la viabilité est le thème d'un essai en préparation [6]. Son propos est de divulguer auprès d'un large public cette théorie mathématique motivée par les traits communs partagés par nombre de systèmes biologiques, économiques, sociaux et culturels, systèmes formés d'êtres vivants. La théorie mathématique générale est exposée dans [1]. Cette théorie s'appuie sur des résultats de l'analyse multivoque (qu'elle a motivés en grande partie) exposés [14]. L'ouvrage [4] est consacré à la version « économique » de la théorie de la viabilité et [3] applique à certains domaines de l'Intelligence Artificielle et des sciences cognitives les outils de l'analyse multivoque et de la théorie de la viabilité, tandis que [5] traite de l'évolution conjointe – coadaptation – de l'état et de l'environnement dont l'évolution est gouvernée par des « équations mutationnelles ».
 2. Ou, par abus de langage, l'**exotype** du sous-système.
 3. Au sens d'une très grande sensibilité aux conditions initiales ; il n'existe pas de définition précise et consensuelle du chaos, ce qui rend la situation quelque peu chaotique. La théorie de la viabilité se situe en quelque sorte à l'opposé de celle du chaos, qui a pour objet d'étudier l'indéterminisme produit à partir de systèmes déterministes. Ici, c'est le contraire qui nous préoccupe : il s'agit de produire de petits nombres d'évolutions, de déceler une certaine régularité à partir d'un mécanisme non déterministe, dès lors que l'on respecte des contraintes de viabilité et que l'on obéit au principe d'inertie.
 4. Les physiciens ont tenté de **mesurer** la « complexité » de diverses façons, par le concept de l'entropie de Boltzmann, par l'information de Shannon, par celle de G. Chauvet, qui est non symétrique, par le degré de régularité en opposition au degré des aléas, par la « complexité hiérarchique » due aux niveaux d'interactions, par la « complexité grammaticale » mesurant la complexité du langage utilisé pour décrire le système, par la longueur du programme ou la place mémoire prise par cette description, etc.
 5. Ou une mesure de la vitesse de matrices de connexion issues de la matrice identité dans le cas où les connexions évoluent. On pourrait également mesurer d'autres aspects de la complexité connexionniste par le nombre et la position des coefficients non nuls de la matrice de connexion. Voir dans [4] les détails mathématiques de la complexité connexionniste.
 6. Grâce aux travaux d'Hélène Frankowska, en particulier ceux qui concernent les théorèmes des fonctions inverses, qui font l'objet de l'ouvrage *Set-Valued Analysis*.
 7. Qui sont exposés dans l'ouvrage [5].
 8. Voir à ce sujet la monographie, *Control of nonlinear systems and differential inclusions* de Hélène Frankowska à paraître chez Birkhäuser.
 9. Voir l'ouvrage *Physique qualitative* d'Olivier Dordan, (1995), Masson.
- AUBIN J.-P. (1991), *Viability Theory*, Birkhäuser.
- AUBIN J.-P. (1996), *Une Métaphore Mathématique du principe de précaution*, Natures, Sciences, Sociétés, 4, 146-154.
- AUBIN J.-P. (1996), *Neural Networks and Qualitative Physics: A Viability Approach* Cambridge University Press.
- AUBIN J.-P. (1997), *Dynamic Economic Theory: A Viability Approach*, Springer-Verlag.

- AUBIN J.-P. (1998), *Mutational and morphological analysis: tools for shape regulation and morphogenesis*, Birkhäuser.
- AUBIN J.-P. (en préparation), *La mort du devin, l'émergence du démiurge* Essai sur la contingence et la viabilité des systèmes.
- AUBIN J.-P. & DA PRATO G. (1995), *The viability theorem for stochastic differential inclusions*.
- AUBIN J.-P. & DAY R. H. (1980), *Homeostatic trajectories for a class of adaptive economic systems*, J. Economic Dyn. Control, 2, 185-203.
- AUBIN J.-P. & DORDAN O. (1996), *Fuzzy Control Systems and Toll Sets*, In Handbook of Fuzzy Systems, Hung Nguyen Ed.
- AUBIN J.-P. & DORDAN O. (in preparation), *Qualitative economies*.
- AUBIN J.-P. & FORAY D. (to appear), *The Emergence of Network Organizations in Processes of Technological Choice: a Viability Approach*, IIASA WP 96.
- AUBIN J.-P. & FRANKOWSKA H. (1984), *Trajectoires lourdes de systèmes contrôlés*, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 298, 521-524.
- AUBIN J.-P. & FRANKOWSKA H. (1985), *Heavy viable trajectories of controlled systems*, Annales de l'Institut Henri Poincaré, Analyse Non Linéaire, 2, 371-395.
- AUBIN J.-P. & FRANKOWSKA H. (1990), *Set-Valued Analysis*, Birkhäuser, Boston, Basel, Berlin.
- BONNEUIL N. (1994), *Malthus, Boserup and population viability*, Mathematical population studies, 4.
- BONNEUIL N. (1994), *Capital accumulation, inertia of consumption and norms of reproduction*, Journal of population economics, 7, 49-62.
- BONNEUIL N. & MULLERS K. (to appear), *Viable populations in a predator-prey system*, J. Mathematical Biology.
- BONNEUIL N. (to appear), *Viabilité chez Fredrik Barth*.
- CARDALIAGUET P. (1995), *A differential game with one target and two players*, Bull. Polish Acad. Sc., 43, 69-74.
- CARDALIAGUET P., QUINCAMPOIX M. & SAINT-PIERRE P. (1994), *Some algorithms for differential games with two players and one target*, MAM, 28, 441-461.
- CARDALIAGUET P., QUINCAMPOIX M. & SAINT-PIERRE P. (1994), *Temps optimaux pour des problèmes avec contraintes et sans contrôlabilité locale*, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série I, Paris, 318, 607-612.
- CARDALIAGUET P., QUINCAMPOIX M. & SAINT-PIERRE P. (1995), *Contribution à l'étude des jeux différentiels quantitatifs et qualitatifs avec contrainte sur l'état*, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 321, 1543-1548.
- CARDALIAGUET P., QUINCAMPOIX M. & SAINT-PIERRE P. (1995), *Numerical methods for optimal control and differential games*, Cahiers de Mathématiques de la Décision 9510.
- CHIARAMONTE F. (in preparation), *Dealing with diversity among economic agents: can viability theory help us to understand?*
- CLEMENT-PITOT H. & DOYEN L. (to appear), *Modèle bio-économique et viabilité: le cas de la ressource halieutique*.
- CLEMENT-PITOT H. & DOYEN L. (1994), *Le comportement des acteurs sur le marché des produits de la pêche: une approche de viabilité*, Rapport CNRS.

- DAVID P., FORAY D. & DALLE J.-M. (1996), *Marshallian externalities and the emergence and spatial stability of technological enclaves*, Economics of Innovation and New Technologies.
- DAY R.H. (1994), *Complex Economic Dynamics*, Vol. I, An introduction to dynamical systems and market mechanisms, MIT Press.
- DAY R.H. (1995), *L'existence hors de l'équilibre*, Revue économique.
- DAY R.H. (to appear), *Complex Economic Dynamics*, Vol. II, An introduction to macroeconomic dynamics, MIT Press.
- DORDAN O. (1995), *Physique qualitative*, Masson.
- DOSI G. & NESLON R.R. (1993), *Evolutionary Theories in Economics: Assessment and Prospects*, IIASA WP 93-064.
- DOYEN L. & GABAY D. (to appear), *Risque climatique, technologie et viabilité*.
- DOYEN L., GABAY D. & HOURCADE J.-C. (to appear), *Economie des ressources renouvelables et viabilité*.
- FORAY D. & FREEMAN C. Eds (1992), *Technology and the wealth of nations*, Pinter.
- D'HOLBACH P. H. (1770), *Système de la nature ou des lois du monde physique et du monde moral*, Réédition 1990, Fayard.
- MULLERS K. (1994), *Cascades for dynamical games*, J. Math. Systems, Estimation and Control.
- MULLERS K. (1994), *Regulation of control systems with oscillatory control by viability constraints*, Cahiers de Mathématiques de la Décision.
- NELSON R. & WINTER S. (1982), *An evolutionary theory of economic change*, The Belknap Press of Harvard University Press.
- QUINCAMPOIX M. (1993), *Contribution à l'étude des perturbations singulières pour les systèmes contrôlés et les inclusions différentielles*, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 316, 133-138.
- QUINCAMPOIX M. & SAINT-PIERRE (1995), *An algorithm for viability kernels in Hölderian case: Approximation by discrete viability kernels*, J. Math. Syst. Est. and Control, Summary : 115-120.
- SAINT-PIERRE P. (1994), *Approximation of the viability kernel*, Applied Mathematics & Optimisation, 29, 187-209.
- SIGMUND K. (1993), *Games of Life*, Oxford University Press.

Congrès International « Cybernetics and Ecology »

Ce congrès, organisé par l'Acaémie de cybernétique Stefan Odobleja et l'Association Européenne pour les Études Bio-économiques, aura lieu du **7 au 11 novembre 1998 à Palma de Majorque** dans les locaux de la Fondation Européenne Dragan.

Les thèmes principaux seront les suivants : théorie générale des systèmes vivants, implications de l'écologie dans la vie et les sociétés, interdépendances entre cybernétique et écologie, épistémologie évolutionniste et bio-économie.

Conférenciers invités : J. Ramekers (B), R. Vallée (F), R. Revans (GB), W.H. Pemberton (EU), F.M. Wuketits (A), J. Gowdy (EU).

Les propositions de communications (titre, thèmes principaux) doivent être soumises, avant le 1^{er} janvier 1998, à :

Cybernetics Academy « Stefan Odobleja »,
Dragan European Foundation,
153 Calea Rahovei, sector 5, Bucarest, Roumanie.

Les droits d'inscription sont de 350 dollars (E.-U.) couvrant les repas, le logement et les activités sociales.

Pour tout renseignement complémentaire contacter : Iona Hoiescu, Secrétaire scientifique, Cybernetics Academy « Stefan Odobleja ».

Tél. : + 40-1-335 3719, télécopie : + 40-1-336 0779.

REVUE INTERNATIONALE DE SYSTÉMIQUE

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer à votre librairie spécialisé ou à la S.E.S.J.M. - Société des éditions scientifiques, juridiques et médicales

Nom _____ Organisme _____

Adresse _____

Pays _____ Date _____

Tarifs 1998 (5 numéros par an)

France	1 134 FF
Export	1 544 FF

☐ Je désire m'abonner pour 1998

☐ Je désire recevoir une facture pro-forma

☐ Paiement joint

☐ Veuillez débiter ma CB (VISA / EUROCARD / MASTERCARD)

N° _____

Date d'expiration : _____ Signature : _____

S.E.S.J.M. - Société des éditions scientifiques, juridiques et médicales,

BP 22, 41354 VINEUIL Cedex - France

Tél. : (33) 02 54 50 46 12 - Fax : (33) 02 54 50 46 11

En application de l'article 27 de la Loi 78-17 Informatique et Liberté vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur notre fichier. Dunod Editeur peut être amené à communiquer ces informations aux organismes qui lui sont liés contractuellement, sauf opposition de votre part notifiée par écrit.

Reproduction in whole or in part without the permission of the author or his representative is prohibited (law of March 11, 1957, Article 40, line 1). Such reproduction by whatever means, constitutes an infringement forbidden by Article 425 and those following it of the Penal Code. The law of March 11, 1975, line 2 and 3 of Article 41, authorizes only those copies or reproductions made for the exclusive use to the copyst, and not intended for collective use and such analyses and short quotations as are made for the purposes of an example or illustration.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite (loi du 11 mars 1957, alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal. La loi du 11 mars 1957 n'autorise, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective d'une part et d'autre part que les analyses et les courtes citations dans un bout d'exemple et d'illustration.

The appearance of the code at the bottom of the first page of an article in this journal indicates the copyright owner's consent that copies of the article may be made for personal or internal use, or for the personal or internal use of specific clients. This consent is given on the condition, however, that the copier pay the stated per-copy fee through the Copyright Clearance Center, Inc., Operations Center, 21 Congress St., Salem, Mass. 01970, U.S.A. for copying beyond that permitted by Sections 107 or 108 or the U.S. Copyright Law. This consent does not extend to other kinds of copying, such as copying for general distribution, for advertising or promotional purpose, for creating new collective works, or for resale.

© AFCET Gauthier-Villars 1997

La *Revue Internationale de Systémique*, publiée sous la marque Dunod, est une publication de la SESJM, Société Anonyme, constituée pour 99 ans, au capital de 253 000 F. Siège social : 120, boulevard Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06, France. P.D.G. : C. Binnendyk. Actionnaire : CEP Communication (99,68 % des parts). Directeur de la publication : C. Binnendyk. Responsable de la Rédaction : Bernard Paulré.

STEDI, 1, boulevard Ney, 75018 Paris n° 5038

Imprimé en France. Dépôt légal 1998. Ed. n° 6852 N° CPPAP 68951 - Janvier 1998

Revue Internationale de systémique

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

La Revue Internationale de Systémique publie essentiellement des articles de langue française. Toutefois, des articles rédigés dans d'autres langues peuvent également être publiés. Ces articles sont consacrés à la systémique (théorie, fondements et épistémologie, sciences de la cognition, application, archives...).

Toute proposition d'article, de note ou de compte rendu, doit être adressée en double exemplaire sous forme dactylographiée (30 pages maximum, en double interligne ou sous forme de disquette), à Revue Internationale de Systémique, B. Paulré, Rédacteur en Chef, 54, rue Bonaparte, 75006 Paris (France).

Chaque article doit être précédé d'un résumé en français et d'un résumé en anglais, de 6 lignes chacun au plus. Les noms des auteurs et leurs adresses professionnelles doivent être indiqués après le titre. Les figures, sur des feuilles séparées et numérotées au crayon, doivent pouvoir être reproduites sans modification. Toute référence est signalée dans le texte par les noms des auteurs suivis de l'année de publication. Les références sont rassemblées dans la bibliographie par ordre alphabétique.

Chaque projet d'article, ou de note, est soumis à deux rapporteurs. Les auteurs d'articles acceptés reçoivent un seul jeu d'épreuves qu'ils doivent retourner, corrigé, dans un délai d'une semaine. Les auteurs reçoivent 50 tirés à part à titre gracieux, ils peuvent en obtenir un plus grand nombre à leurs frais. Ils doivent signaler l'adresse à laquelle "épreuves et tirés à part" doivent être envoyés. La Revue n'est pas responsable des manuscrits.

NOTICE TO AUTHORS

The Revue Internationale de Systémique publishes papers in French and occasionally in other languages. The papers are devoted to systems science (theory, foundations and epistemology, cognitive sciences, applications, archives...).

Every proposed paper, note or review, must be sent in duplicate in type-written form (no more than 30 pages with double spacing or as a disquette) to Revue Internationale de Systémique, B. Paulré, Rédacteur en Chef, 54, rue Bonaparte, 75006 Paris (France).

Each paper must begin with an abstract in French and an abstract in English of no more than 6 lines each. The names of the authors and their professional addresses must be given after the title. Figure, on separate sheets and pencil numbered, must be reproduced without modification. Each reference is cited in the text with the names of the authors and followed by the year of publication. Reference should be listed, in alphabetic order, in the bibliography.

Each proposed paper, or note, is submitted to two referees. The authors of accepted papers receive only one proof which they must send back, after correction, within a week. Authors receive 50 reprints free of charge, they can purchase additional ones. They must give the address to which proofs and reprints must be sent. The Journal is not responsible of the manuscripts.

REVUE INTERNATIONALE DE SYSTÉMIQUE

DUNOD Editeur, Revues Scientifiques et techniques,

120, bd Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06, France. Tél. : (33) 01.40.46.62.00. Fax : (33) 01.40.46.62.01.

Dunod, American Promotion Office. **Gauthier-Villars North America Inc.**

875-81 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139, USA. Tél. (1) 617.354.78.75. - Fax (1) 617.354.68.75.

Abonnements/ Subscriptions, Société des éditions scientifiques, juridiques et médicales (SESJM)

BP 22, 41354 Vineuil Cedex, France. Tél. : (33) 02.54.50.46.12. Fax : (33) 02.54.50.46.11.

Abonnements/Subscription rates: 1998, Vol. 12, un an 5 numéros - one year 5 issues

France : 1 134 F; Autres pays/Foreign countries : 1 544 FF.

Envoi gratuit de spécimen sur demande/Specimen copy sent on request.

Réclamations : Les réclamations pour les numéros manquants ne sont recevables que dans un délai de six mois après la date de la publication. *Claims : Claims for missing issues should be made within six months of the publication date.*

Collections et numéros anciens selon disponibilité, sur demande à/Back issues, series annual volumes are available from: SESJM, BP 22, 41354 Vineuil Cedex, France.

AFCET - DUNOD