

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 425 - 443, 1997

Introduction à la journée d'étude
et présentation sommaire de la théorie
des systèmes autonomes

Jacques Lorigny

[Numérisation Afcet, mars 2016.](#)



Creative Commons

(25 février 1997)

Rédacteur en chef : B. Paulré
Rédacteur en chef adjoint : E. Andreevsky

Comité scientifique

J. Aracil, Université de Séville; H. Atlan, Université Hébraïque de Jérusalem; A. Bensoussan, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique; M. Bunge, Université McGill; C. Castoriadis, École des Hautes Études en Sciences Sociales; G. Chauvet, Université d'Angers; A. Danzin, Consultant indépendant; P. Davous, EUREQUIP; J. P. Dupuy, CREA - École Polytechnique; H. Eto, Université de Tsukuba; H. von Foerster, Université d'Illinois; N.C. Hu, Université de Technologie de Shanghai; R. E. Kalman, École Polytechnique Fédérale de Zurich; G. Kfir, Université d'État de New York à Binghamton; E. Laszlo, Institution des Nations Unies pour la Formation et la Recherche; J.-L. Le Moigne, Université Aix-Marseille II; J. Lesourne, Conservatoire National des Arts et Métiers; L. Löfgren, Université de Lund; N. Luhmann, Université de Bielefeld; M. Mesarovic, Université Case Western Reserve; E. Morin, École des Hautes Études en Sciences Sociales; E. Nicolau, École Polytechnique de Bucarest; A. Perez, Académie Tchèque des Sciences; E. W. Ploman, Université des Nations Unies; I. Prigogine, Université Libre de Bruxelles; B. Roy, Université Paris-Dauphine; H. Simon, Université Carnegie-Mellon; L. Sfez, Université Paris-Dauphine; R. Trappl, Université de Vienne; R. Thom, Institut des Hautes Études Scientifiques; F. Varela, CREA - École Polytechnique.

Comité de rédaction

Bureau

D. Andler, CREA - École Polytechnique (*Rubrique Cognition*); E. Andreevsky, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Rédacteur en chef adjoint); H. Barreau, Centre National de la Recherche Scientifique (*Rubrique Archives*); E. Bernard-Weil, CNEMATER - Hôpital de la Pitié (*Rubrique Applications*); B. Bouchon-Meurier, Centre National de la Recherche Scientifique (*Rubrique Applications*); P. Livet, CREA - École Polytechnique (*Rubrique Fondements et Épistémologie*); T. Moulin, École Nationale Supérieure des Techniques Avancées (*Rubrique Théorie*); B. Paulré, Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne (Rédacteur en chef); J. Richalet, ADERSA (*Rubrique Applications*); R. Vallée, Université Paris-Nord (*Rubrique Théorie*); J.-L. Vullierme, Université de Paris-I (*Rubrique Fondements et Épistémologie*).

Autres membres

J.-P. Algoud, Université Lyon-II; A. Dussauchoy, Université Lyon-I; E. Heurgon, Régie Autonome des Transports Parisiens; M. Karsky, ELF-Aquitaine - CNRS; M. Locquin, Commissariat Général de la Langue Française; P. Marchand, Aérospatiale - Université Paris-I; J.-F. Quilici-Pacaud, Chercheur en Technologie; A. Rénier, Laboratoire d'Architecture n° 1 de l'UPA 6; J.-C. Tabary, Université Paris-V; B. Walliser, École Nationale des Ponts et Chaussées; Z. Wolkowski, Université Pierre-et-Marie-Curie.

Membres correspondants

ARGENTINE : C. François (Association Argentine de Théorie Générale des Systèmes et de Cybernétique). BELGIQUE : J. Ramaekers (Facultés Universitaires de Notre-Dame de la Paix). BRÉSIL : A. Lopez Pereira (Université Fédérale de Rio de Janeiro). ESPAGNE : R. Rodriguez Delgado (Société Espagnole des Systèmes Généraux). ÉTATS-UNIS : J.-P. Van Gigh (Université d'État de Californie). GRÈCE : M. Decleris (Société Grecque de Systémique). ITALIE : G. Teubner (Institut Universitaire Européen). MAROC : M. Najim (Université de Rabat). MEXIQUE : N. Elohim (Institut Polytechnique National). SUISSE : S. Munari (Université de Lausanne).

Le mardi 25 février 1997 s'est déroulée dans les locaux de l'Institut Européen des Affaires, 49 rue de Ponthieu (Immeuble D, 2^e étage) 75008 Paris, une Journée d'étude sur la Théorisation de l'Autonomie, organisée par Jacques Lorigny, responsable à l'AF CET du Groupe « Autonomie et Cognition », et Pascal Goyeau, ancien animateur du Groupe « Adaptation, Évolution, Autonomie ». A l'étage de l'AF CET (3^e étage), s'est tenue en même temps une exposition de revues et d'ouvrages relatifs au thème de l'Autonomie, et, après la pause du déjeuner-buffet, a été projeté par Mme Duzert, du Pôle Européen d'Enseignement à Distance (Rennes), un film inspiré de la théorie de Francisco Varela, et intitulé « L'autonomie (et la commande) ». La participation a été nombreuse, de l'ordre d'une cinquantaine de personnes, et les discussions animées et variées, allant de la cognitive à la métaphysique en passant par la biologie ou la sociologie, selon la tradition et la vocation de la systémique. Il a semblé utile de consacrer un numéro spécial de la R.I.S. à la publication des exposés de cette Journée :

Jacques Lorigny : Introduction à la Journée d'Étude et Présentation sommaire de la Théorie des Systèmes Autonomes

Robert Vallée : Théorisation de la perception-action et autonomie de Vendryès

Elie Bernard-Weil : La théorie de l'autonomie peut-elle être autonome ?

Jean-Louis Plagnol : Mécanisme hôte d'un système autonome

Régis Ribette : Autonomie des acteurs individuels dans les organisations collectives

Pascal Goyeau : Autonomie du social et rôle de l'observateur

Guillaume Deffuant : L'autonomie est-elle création ou rupture d'une clôture ? Tentative d'articulation entre les visions de l'autonomie de F. Varela et de C. Castoriadis

Jean-Pierre Aubin : L'autonomie dans le cadre de la théorie de la viabilité

INTRODUCTION À LA JOURNÉE D'ÉTUDE ET PRÉSENTATION SOMMAIRE DE LA THÉORIE DES SYSTÈMES AUTONOMES

Jacques LORIGNY ¹

Résumé

Notre rencontre a pour but d'examiner quelques réflexions relatives à différentes approches de la théorie de l'autonomie, notamment celles d'Humberto Maturana et Francisco Varela, de Jean-Pierre Dupuy, et de Jean-Pierre Aubin. Quant à ma propre « théorie des systèmes autonomes » dérivée de la théorie de Pierre Vendryès et encore peu connue, on peut la résumer en quelques mots. Le concept vendryésien de « relation aléatoire » permet d'interpréter la Vie comme l'interface active entre l'esprit (*res cogitans*) et la matière (*res extensa*). On en déduit une représentation mathématique double, à la fois bifaciale, comme régulation cybernétique multi-niveaux dans l'espace physique Φ et reconnaissance de formes multi-couches avec apprentissage dans l'espace psychique Ψ , et interfaciale, comme processus stochastique matriciel de fréquence d'échange entre les espaces Φ et Ψ . On donne aussi l'interprétation méta-physique correspondante du « système autonome fondamental », c'est-à-dire de la nature vivante et de la culture humaine, stratifié en quatre niveaux et cinq sous-niveaux au dernier niveau, celui de l'humanité, et qui sert, ou devrait servir, de source d'inspiration aux systèmes autonomes pratiques, c'est-à-dire artificiels, sociaux ou techniques.

Abstract

Our meeting intends to examine a few comments about different approaches to the theory of autonomy, in particular those of Humberto Maturana and Francisco Varela, Jean-Pierre Dupuy, and Jean-Pierre Aubin. As for my own "theory of autonomous systems", derived from the theory of Pierre Vendryès and still not very known, one can summarize it in a few words. The vendryesian concept of "relation aléatoire" allows to interpret Life as the active interface between spirit (*res cogitans*) and matter (*res extensa*). We deduce of it a double mathematical representation, at once bifacial, as a multilevel cybernetical regulation in the physical space Φ and a multi-layer pattern recognition with learning in the psychical space Ψ , and interfacial, as a random matrix process of exchange fre-

1. Ancien administrateur à l'INSEE, ingénieur cognitif, 23, rue Fernand Léger, 91440 Bures-sur-Yvette.

quency between the spaces Φ and Ψ . We give also the corresponding meta-physical interpretation of the fundamental autonomous system, i.e. of the living nature and the human culture, stratified into four levels and five sublevels for the last level, this one of humanity, and which serves, or should serve, as a source of inspiration to practical autonomous systems, i.e. artificial ones, social or technical.

INTRODUCTION À LA JOURNÉE D'ÉTUDE

Présentons en quelques mots l'objet de nos réflexions et le thème général des conférences auxquelles nous allons assister. D'abord, qu'entend-on par « autonomie » ? L'autonomie est un concept d'éthologie, biologique ou sociologique, science qui a pour objet les *comportements*, considérés comme des phénomènes bruts, donnés de façon répétée, observables de façon objective, et communicables de façon universelle. La question de la théorisation de l'autonomie relève de l'éthologie théorique. Un organisme, individuel ou collectif, est d'autant plus autonome, du grec *autos* (soi) et *nomos* (loi), que son comportement opératoire (perceptif et actif) obéit pour une plus grande part à des règles internes, mémorisées et instanciées par lui-même, et pour une plus faible part à des règles externes, passivement subies (forces extérieures, inerties, contraintes). L'autonomie est toujours partielle, imparfaite. En outre, dans le cadre d'un organisme collectif, l'autonomie n'est pas un jeu à somme nulle. L'autonomie de chacun de ses membres (individuels ou eux-mêmes collectifs), peut – c'est une possibilité réellement observée – bénéficier à celle des autres membres, ainsi qu'à celle du collectif, et, de même, l'autonomie du collectif bénéficier à celle de chacun des membres. La théorisation de l'autonomie est l'étude méthodique de cette potentialité vivante, si précieuse à la fois pour le collectif et pour l'individu, pour la société comme pour chacun de nous. Elle intéresse des branches aussi variées que, par exemple, l'éducation, la santé, l'organisation, l'animation, la politique, ainsi que différentes sciences telles que la sociologie, l'anthropologie, l'éthologie ou la cognitive (science des systèmes automatisés à base de connaissances).

Le groupe de travail « Autonomie et cognition » de l'AFCEt, a été créé en 1991 autour de la théorie de l'autonomie du vivant et du libre arbitre humain, découverte par le médecin et philosophe français Pierre Vendryès (1908-1989), et que j'ai développée en une « théorie des systèmes autonomes ». Il existe d'autres théories de l'autonomie, sur lesquelles les interventions d'aujourd'hui auront l'occasion de revenir, par exemple celle d'Humberto Maturana et Francisco Varela, qui définit l'autonomie comme une auto-production de soi, ou celle de Jean-Pierre Dupuy, qui s'est concentrée sur l'auto-

nomie collective par rapport aux individus, ou bien encore celle de Jean-Pierre Aubin, orientée vers la théorisation de la viabilité. En décembre 1994, un séminaire fut organisé par Étienne Monneret et Pascal Goyeau, animateurs du groupe de travail « Adaptation, Évolution, Autonomie », en vue de comparer ces différentes approches, et qui suscita le plus vif intérêt des participants. Le groupe « Autonomie et cognition », qui organise, outre ses réunions mensuelles en forme de séminaire de recherche, une grande Journée d'Étude chaque année, a décidé de consacrer celle de 1997 à une réflexion collective sur la question générale de la théorisation en matière d'autonomie. Une telle théorisation est-elle indispensable ? Le problème a-t-il un sens ? Existe-t-il un besoin pratique et pour quels utilisateurs ? Et bien d'autres éclairages que chacun pourra proposer de discuter.

PRÉSENTATION SOMMAIRE DE LA THÉORIE DES SYSTÈMES AUTONOMES

Il n'est pas prévu d'exposé d'ensemble de la « théorie des systèmes autonomes » évoquée plus haut, celle de Vendryès et de moi-même, et notre Journée serait incomplète si je ne la présentais pas en quelques mots, sachant qu'elle équivaut en réalité à plusieurs unités de valeur universitaires pour des étudiants d'un bon niveau mathématique. On peut la résumer en trois points, qui correspondent à peu près aux trois tomes du triptyque en cours de parution : le premier, *Les Systèmes Autonomes, relation aléatoire et sciences de l'esprit* (Ed. Dunod, col. AFCET-systèmes, Paris 1992, préface de B. Paulré), le second, *Méta-Physique de l'Autodétermination, arbre Quid et science de l'intelligence* (Ed. L'Interdisciplinaire, Limonest 1996, préface de R. Vallée), et le troisième, un traité de l'âme en préparation.

1. Premier point : la matière, l'esprit, leur interface

Le philosophe Kant se heurta au paradoxe suivant. Il règne dans la matière une causalité d'un certain type, la causalité naturelle (le déterminisme de la mécanique classique), et dans l'esprit une causalité d'un autre type, la causalité intelligible (ou implication, ou détermination). Ce paradoxe n'a certes pas empêché l'humanité, la science, de comprendre et de maîtriser de mieux en mieux le monde pratique, mais elle a dû pour cela *séparer* radicalement les deux univers dotés de causalités différentes, celui de la matière et celui de l'esprit. Descartes avait fort bien compris cette nécessité quand il distinguait la substance étendue (*res extensa*) et la substance pensante (*res cogitans*), une « substance » étant finalement caractérisée par une certaine *causalité*, un mode

de relation des événements entre eux. Le savoir humain se développa donc selon deux grandes familles de pensée évoluant parallèlement, sans communication mutuelle : d'une part, celle de la matière inerte et des sciences physiques (machines – y compris cybernétiques, et mécanismes naturels – y compris biologiques élémentaires), d'autre part, celle des êtres vivants et de l'homme (psychologie, sociologie, comportement et lois des ethnies et des sociétés, histoire des organisations).

La parution en 1935 du livre d'Alexis Carrel, *L'Homme, cet inconnu*, scandalisa beaucoup de monde, et en particulier Pierre Vendryès, alors étudiant en médecine et déjà épris de philosophie. L'ouvrage, à côté de certains aspects à tendance eugéniste donc raciste et fort critiquable, soulevait un légitime sentiment de révolte en attirant l'attention, dès le titre de l'ouvrage, sur le fossé qui se creusait entre les deux grandes catégories de sciences, celle de la matière inerte et celle de la vie et de l'esprit. Pierre Vendryès, comme Kant lui-même dont nous venons de parler, considérait que l'outil mathématique, avec toute sa fécondité et sa rigueur, devait s'appliquer aussi bien aux sciences de la vie qu'à celles de la matière, et donc y réussir tout autant, pour le plus grand bien de l'humanité. C'est alors que se produisit l'événement fondateur. Encore sous le choc du livre d'Alexis Carrel, notre futur théoricien de l'autonomie eut soudain une révélation intellectuelle fulgurante, très exactement le lundi 19 avril 1937, à 17 h 20. Le moment fut si intense et si déterminant pour sa vocation qu'il en nota l'heure avec précision sur une feuille de carnet de poche qu'il conserva pour le restant de ses jours. « Ce fut l'illumination. La fixité du sang devait s'interpréter par les probabilités. Cette idée s'imposa d'emblée, avec une force étrange, avec ce sentiment de certitude absolue que signale Poincaré ». Mais ce n'était qu'un premier pas, et Vendryès dut accomplir toute sa vie un labeur acharné avant de parvenir enfin, dans les années 1980, à dégager la forme achevée de sa géniale découverte de jeunesse, qu'il appellera son *énoncé fondamental* : « En acquérant son autonomie à partir du milieu extérieur et par rapport à lui, l'être vivant acquiert la possibilité d'entrer avec lui en relations aléatoires ».

La *relation aléatoire*, clé de voûte de la théorie, associe terme à terme des éléments intérieurs (contre-aléatoires) à des perturbations extérieures (aléatoires *pour l'organisme*). Le degré d'autonomie d'un organisme, jusque-là simple notion intuitive et qualitative, devient un concept scientifique bien défini et quantifiable. Il peut désormais se mesurer, dans une échelle certes relative mais théoriquement précise, par le degré de plus ou moins grande *variété* des perturbations *correctement* régulées. De plus, on constate que l'autonomie des organismes, ainsi définie et mesurée, s'accroît continûment au

cours de l'Évolution des espèces, depuis le comportement des archéobactéries jusqu'à l'exercice intellectuel humain et la vie des organisations sociales, y compris de l'humanité planétaire dans sa totalité. L'évolution sociale et culturelle humaine est dans l'ordre de la nature, et ne fait que prolonger l'évolution des espèces vivantes. Elle appartient au même processus universel, unique et multipolaire, d'autonomisation croissante.

Ainsi, Pierre Vendryès a bien réussi à jeter un pont entre la science de la vie (de *l'être-en-vie*, pour être précis) et l'outil mathématique, ici nécessairement probabiliste. En outre, Vendryès a lui-même expérimenté la réalité physique de la relation aléatoire, à partir d'observations statistiques sur les déplacements des têtards de grenouille, le vol de la mouche, les leucocytes, et même le mouvement brownien des taxis parisiens, vérifiant ainsi l'unité du processus universel d'autonomisation. La quête intellectuelle humaine est bien de même nature que la démarche des êtres vivants, même les plus microscopiques.

Après le départ de Pierre Vendryès, il restait encore à développer sa théorie et son formalisme mathématique, et à entamer l'exégèse de sa découverte géniale, non seulement fondamentale pour la science, mais capitale pour l'humanité puisqu'elle redonne à l'Homme son libre arbitre.

Commençons par prendre pleinement conscience de l'œuvre de reconnexion des deux causalités rendue possible par la découverte de la *relation aléatoire*. Le « hasard » n'existe pas en lui-même, physiquement, mais résulte d'un tri existentiel à la surface des organismes. Il se produit alors une rupture de causalité. L'enveloppe d'un organisme (en incluant son système nerveux) n'est pas une simple membrane semi-perméable d'échange matériel dans l'espace physique. Elle n'est pas non plus un simple récepteur d'ondes extérieures, à la façon d'une antenne radio. Elle est, de façon plus subtile, le lieu d'une coupure et en même temps d'un pont entre *deux espaces* de natures différentes, que Vendryès appelle la « relation aléatoire », et qui est l'interface sensori-active entre l'*espace physique* habituel, appelons-le espace Φ , où se tient la causalité de l'environnement matériel de l'organisme – y compris de son corps, et un nouvel espace, l'*espace psychique (ou cognitif)*, notons-le espace Ψ , dans lequel se modélisera le corpus cognitif des systèmes autonomes, leur ensemble de tables de règles comportementales. Nous avons substitué le mot « espace » à celui de « substance » (*res* cartésienne) sans que la signification en soit changée : il s'agit toujours d'un certain *mode de causalité* : déterminisme dans l'espace Φ , autodétermination dans l'espace Ψ . Mais le concept « d'espace » est pour nous plus pratique, plus proche du langage mathématique que celui de « substance », venu de la philosophie. En résumé, la *reconnexion causale* permise par la découverte vendryésienne de la relation aléatoire s'exprimera

mathématiquement comme une *interface causale* dont les deux faces seront deux espaces distincts, d'un côté l'espace physique ancien Φ , et de l'autre l'espace psychique nouveau Ψ (nouveau pour le physicien). On en déduit le tableau général de la Figure 1.

Par conséquent, la représentation mathématique de l'autonomie des êtres vivants et pensants (ou sentants) comprendra d'une part une *modélisation unifiée* de l'interface esprit-matière elle-même, exprimée dans le langage du calcul des probabilités, d'autre part une *modélisation bifaciale*, à deux composantes : l'une, située dans l'espace Φ , à variables quantitatives et procédant du calcul différentiel classique, l'autre, située dans l'espace Ψ , à variables qualitatives (ou symboliques) et à base de graphes au sens large (systèmes, réseaux).

La matière	L'interface esprit-matière	L'esprit
espace physique Φ	relation aléatoire	pseudo-espace cognitique (ou psychique) Ψ
<i>res extensa</i> (Descartes)		<i>res cogitans</i>
déterminisme	indéterminisme (relationnel)	autodétermination
variables quantitatives et calcul différentiel	matrices stochastiques (fréquence d'occurrence)	variables qualitatives (ou symboliques) et graphes (arbres, réseaux)
mécanismes élémentaires du vivant	comportement, pratique, actions, décisions	savoir-faire, lois, savoir-vivre (généralisé)
mécanique, biologie	éthologie, anthropologie, économétrie statistique	psychologie, droit, psychanalyse

Figure 1. Tableau d'ensemble de la reconnexion des deux causalités rendue possible par la découverte de la relation aléatoire.

La modélisation unifiée

La *modélisation unifiée* de l'existence autonome, telle qu'elle est proposée aujourd'hui par la « théorie des systèmes autonomes » n'en est qu'à ses débuts et reste encore embryonnaire. Elle comprend :

1. L'analyse dynamique élémentaire de la relation aléatoire, sous la forme d'une décomposition selon deux moments existentiels : le moment bernoul-

lien, dans lequel l'alternative (aléatoire) est modélisée par des variables de Bernoulli indépendantes, et le moment poissonnien, en référence au processus du mathématicien Poisson qui décrit une suite d'événements d'un type donné mais apparaissant à des instants aléatoires (arrivée des bateaux dans un port, ou des clients à un guichet). Le calcul de la convolution de ces deux lois aide à comprendre la création des formes qui meublent notre monde, paraissant « indépendantes », distinctes ici et là, autour de nous, alors que, dans l'espace Φ , la matière est entièrement interconnectée comme « l'argile » des origines.

2. Un jeu de quatre matrices stochastiques de l'existence, qui représente en termes de probabilités l'occurrence (le vécu) du sujet autonome dans son environnement opératoire (perçu par lui) : la matrice (matrice-ligne) des conditions d'existence C, la matrice (matrice-ligne) des actions admissibles, ou décidables, A, la matrice ontique MO, la matrice écotique ME.

– La matrice-ligne C des conditions d'existence est de dimensions $(1, n)$, où n est le nombre des conditions d'existence distinctes (états perçus par le sujet), et contient les probabilités de ces conditions d'existence possibles. L'expression « conditions possibles » est prise au sens de « conditions pour lesquelles le système autonome possède au moins une réponse adaptée à sa survie ». La matrice C joue un rôle un peu analogue à la « fonction d'état » du système en physique quantique.

– La matrice-ligne A des actions admissibles, ou décidables, est de dimensions $(1, m)$ et contient les probabilités des différentes actions décidables à l'instant t , où m est le nombre de décisions admissibles (admisses, connues par le sujet). La matrice A contient, en probabilités, donc en moyenne statistique, les décisions usuelles d'action du système, y compris les décisions prises dans son questionnement du monde (perception, par exemple).

– La matrice ontique MO, du grec *ontos* (propre au sujet), est de dimensions (n, m) et contient les probabilités des m actions admissibles, ou décidables, conditionnées par les n conditions d'existence possibles. Elle constitue un résumé, en termes de probabilités conditionnelles, d'une kyrielle d'enchaînements complexes de règles élémentaires de comportement représentées dans l'espace Ψ par des graphes (arborescences ou réseaux), nous y viendrons plus loin.

– La matrice écotique ME, du grec *oikos* (habitat, environnement) est de dimensions (m, n) et contient les probabilités des n conditions d'existence possibles à l'instant $t+1$, conditionnées par les m actions admissibles, ou décidables, à l'instant t . Elle constitue un résumé, en termes de probabilités conditionnelles, de phénomènes matériels complexes ayant lieu dans l'espace Φ , et qui relèvent, dans leur détail, de la science physique (déterministe, en général

dans la vie courante, mais pouvant être quantique). La matrice écotique ME exprime, en termes de probabilités conditionnelles, donc en moyenne statistique, l'effet réactif opéré par le déterminisme physique de l'environnement sur les probabilités des conditions d'existence (perçues, psychiques, cognitives) du sujet à l'instant $t+1$, c'est-à-dire sur la matrice $C(t+1)$, et cela en fonction des actions $A(t)$ décidées par le sujet à l'instant t .

A l'instant t , le sujet *décide* d'ouvrir la fenêtre (matrice $A(t)$). A l'instant suivant $t+1$, il perçoit (matrice $C(t+1)$) qu'il se trouve dans l'état « existant la fenêtre ouverte » (avec la probabilité 95 %), ou dans l'état « existant la fenêtre encore fermée » (avec la probabilité 5 %) parce qu'il n'a pas pu ouvrir la fenêtre. Quant aux matrices $C(t)$ et $A(t)$, elles expriment la relation « sensori-motrice » (à double sens) du sujet à son monde, l'interface sujet-environnement, *l'existence* au sens fort, presque heideggerien.

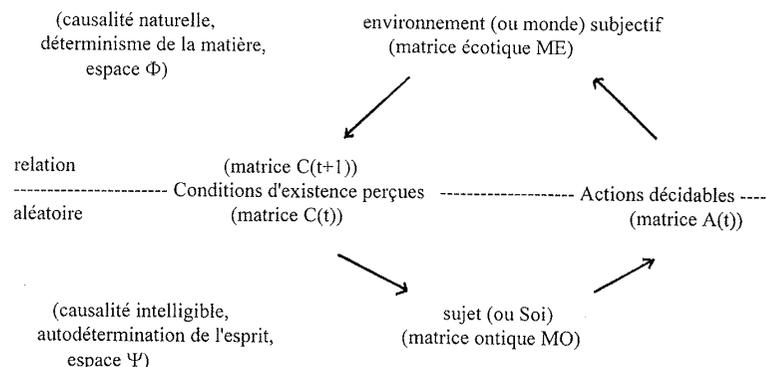
Il existe entre ces matrices les relations suivantes :

$$A(t) = C(t) \cdot MO$$

$$C(t+1) = A(t) \cdot ME$$

d'où $C(t+1) = C(t) \cdot [MO \cdot ME]$

Dans le cas où les matrices MO et ME sont constantes, la matrice [MO.ME] définit une chaîne de Markoff, et, si elle est *régulière*, on retrouve la « clôture opérationnelle » de Varela et « l'auto-référence » de von Foerster. Cette représentation mathématique en matrices stochastiques, en principe générale, reste aussi proche que possible des postulats de la mécanique quantique (dialectique observation-système observé, dualité onde-corpuscule). Enfin, elle permet de définir mathématiquement le « degré de liberté » et le « degré de volonté » d'un système autonome à l'aide des quantités d'entropie et d'information mutuelle de Shannon appliquées aux matrices C et MO.



La modélisation bifaciale

La *modélisation bifaciale* est, comme son nom l'indique, à double face : 1. quantitative et classique dans l'espace Φ , 2. symbolique et graphique dans l'espace Ψ .

Si Vendryès ne s'est pas trompé quant à l'universalité du processus d'autonomisation, la représentation bifaciale (physique/ psychique) de l'autonomie du vivant et du libre arbitre humain, doit s'appliquer aux niveaux les plus primitifs de la Vie, et, à l'évidence, de la façon la plus simple, la plus accessible, aux êtres les plus rudimentaires. L'étude de la nage aléatoire de la bactérie, effectuée à partir d'un article du biologiste J.-W. Lengeler paru dans La Recherche en janvier 1990, montre qu'effectivement, la relation aléatoire gouvernant le chimiotactisme bactérien et son mouvement de culbute associé, possède bien une représentation mathématique à double face. Dans l'espace Φ – y compris le corps (intérieur) de la bactérie, c'est une cascade de bascules réactionnelles biochimiques qui s'explique finalement par la mécanique déterministe assortie de bifurcations classiques (effets papillon). Dans l'espace Ψ (de la bactérie), c'est une table de décision composée de deux règles comportementales exprimables (en langage humain) de différentes façons, par exemple :

SI s– (substrat défavorable) ALORS c (culbute)

SI s+ (substrat favorable) ALORS nc (non culbute)

Deux remarques:

1. Il ne faut pas confondre l'espace Ψ de la bactérie, dans lequel les règles de comportement existent déjà, mais à l'état *inconscient*, mémorisées et instanciées seulement de façon réflexe, et l'espace Ψ de l'humanité (culture, science), dans lequel le psychisme archéobactérien inconscient est devenu par suite de notre œuvre *d'analyse, conscient*, et exprimé dans un des langages humains disponibles : SI ... ALORS ..., ou bien IF ... THEN ..., etc.

2. On voit bien sur cet exemple que l'interface entre les deux espaces, physique et psychique (de la bactérie), ne coïncide pas géométriquement avec la frontière matérielle de l'être vivant (membrane de la bactérie). Ce n'est que globalement, dans la topologie générale de la Création universelle, que chaque être animé (doté d'une âme) est le *lieu relatif* d'une interface causale.

Nous admettons de façon générale que le corpus cognitif d'un système autonome est toujours représentable mathématiquement sous la forme de

tables de règles de comportement (individuelles ou collectives, conscientes ou inconscientes), que l'on peut rédiger ainsi :

(étiquette) L :	SI condition c ALORS action a_1 (avec une probabilité p_1),
(adresse)	action a_2 (avec une probabilité p_2),
(lieu)	...
	(les actions a_i pouvant être des branchements à d'autres règles, d'étiquettes L', L'',...)
	SI condition \bar{c} ALORS etc. (\bar{c} est mis pour NON c, contraire de c)

On associe à chaque règle de comportement sa *fréquence d'occurrence* – ou fréquence d'exécution, d'instanciation de la règle dans l'interaction du sujet avec son environnement (perçu), d'où résulte le calcul des probabilités relatif aux quatre matrices stochastiques (C, A, MO, ME).

2. Second point : l'Évolution universelle, auto-acquisition de l'Esprit (unique)

En adoptant un point de vue évolutionniste, on peut interpréter ainsi la théorie de Pierre Vendryès : l'Évolution universelle du vivant obéit à un principe général d'autonomisation croissante qui traverse trois grands stades : 1. l'autonomie métabolique, inspirée de la physiologie générale de Claude Bernard, 2. l'autonomie motrice, permise par le jeu combiné des muscles et des nerfs et mémorisée par le cervelet, enfin, 3. l'autonomie mentale, caractéristique de l'homme. Ces trois stades successifs correspondent aussi à trois niveaux hiérarchiques imbriqués en chacun de nous, et qui se confortent mutuellement dans les deux sens en vue de contribuer ensemble à notre stabilité individuelle parfaite, en toutes circonstances possibles, puisque telle est la finalité au moins apparente de l'autonomie (régulation). Aux yeux de notre médecin devenu cybernéticien et mathématicien probabiliste, l'explication générale repose bien sur une notion de régulation généralisée, universelle, rejoignant Piaget, et plus tard le *Traité de Physiologie Théorique* de Chauvet. Pour être complet, il faudra toutefois distinguer deux modes de régulation, comme le fait surtout Piaget, mais aussi B. Paulré ou E. Bernard-Weil : 1. Dans le premier mode, la stabilisation du système se fait par un simple retour à la position d'équilibre initiale, 2. dans le second, elle s'effectue par un déplacement vers une nouvelle position d'équilibre. Observons qu'au total cette vue du monde opérée par les biologistes est constam-

ment dominée par l'explication cybernétique, et donc exprimée uniquement en termes de représentation physique, dans l'espace physique. Vendryès lui-même ne fait qu'entrevoir, au moment où il introduit l'autonomie motrice, le fait que la fameuse « réserve interne » de régulation (découverte initialement par Claude Bernard), possède une nature profonde de *mémoire associative*, et ainsi, ne peut qu'entr'apercevoir, à cette époque, la face cognitive, psychique, du phénomène universel d'autonomisation croissante. Il mentionne certes, dans son livre *Vers la Théorie de l'Homme*, le fameux connecteur élémentaire SI ... ALORS ..., sésame des ingénieurs cogniticiens, mais comme une simple métaphore et sans y insister. Pour nous, au contraire, c'est désormais la face cognitive de la régulation qui va se trouver au cœur de nos préoccupations, et c'est l'espace psychique, ou cognitique (et non plus physique), qui devrait accéder au premier plan de la science fondamentale à venir.

Abandonnons donc la face physique (espace Φ), et passons du côté de la face psychique, cognitive (espace Ψ). L'Évolution universelle par autonomisation croissante revêt une nouvelle explication, un éclairage nouveau. Ce n'est plus le perfectionnement constant d'un processus de régulation et d'adaptation, mais un phénomène d'accroissement de *savoir-faire* (face à la nature) et de *savoir-vivre-ensemble* (face à la société). L'Évolution est un processus d'apprentissage, d'auto-acquisition cognitive au contact du vécu. Ce processus est unique, universel, bien que *multicentré* (centré sur une pluralité d'organismes biologiques ou sociaux). On retrouve d'ailleurs, mais maintenant dans une version Ψ , les deux modes et les deux temps de la régulation adaptative : 1. le système autonome essaie d'abord d'admettre chaque situation nouvelle comme *assimilable* à une ancienne qu'il connaît déjà, qu'il a déjà apprise, acquise. 2. s'il échoue, il la juge alors comme un *rejet* (cas inconnu, ou erreur détectée ou manifestée), et la traite dans une seconde phase, correspondant à *l'adaptation* au sens de Piaget. Dans cette version Ψ de l'Évolution une vérité se dévoile, restée inapparente dans la version Φ , la nécessité catégorique d'un expert transcendant en vérité (par rapport au système), unique dans l'espace Ψ , et qui soit à la fois présent et constant. On retrouve ici une observation bien connue depuis des temps immémoriaux : toute approche rationnelle, scientifique véritable (rigoureuse), du règne de l'esprit implique un expert dispensateur de la vérité souveraine. Descartes en déduisait quasi mathématiquement l'existence de Dieu, quoi de plus naturel.

C'est ici que se produit, à l'évidence, notre première rupture avec la science passée, et l'on comprend maintenant pourquoi la science matérielle, matérialiste, était incapable de comprendre la vie et l'esprit, à supposer qu'elle s'y

intéressât vraiment – je veux dire avec autant de volonté, d'acharnement intellectuel, qu'à la maîtrise de la matière inerte. Sa représentation mathématique fondamentale, la physique théorique, y compris quantique, excluait par principe tout processus d'apprentissage, toute auto-acquisition au contact du monde environnant. Les paramètres d'un système physique classique, ou même l'Hamiltonien d'un système quantique (cf. l'équation d'évolution de Schrödinger) ne pouvaient pas se modifier d'eux-mêmes et s'enrichir de l'expérience « vécue » par le système, celui-ci étant inerte et entièrement conditionné par le laboratoire de physique. Toute « acquisition » du système physique provenait nécessairement du physicien. L'acquisition restait externe, et le système purement *hétéronome*. La mécanique, reine des sciences depuis des siècles, ignorait, ignore toujours jusqu'à ce jour, la notion d'*apprentissage*, c'est-à-dire la *notion-clé* de l'évolution de la vie et de l'esprit, jusqu'à l'homme et son organisation planétaire.

Déplaçons donc le projecteur, de la face Φ à la face Ψ de l'Évolution universelle. On constate alors un changement radical. Le concept d'*apprentissage* passe désormais au premier plan de la science fondamentale, et la cognitive (science des systèmes automatisés à base de connaissances) en constitue la base expérimentale idéale, parce que librement reproductible. Dès aujourd'hui, l'ordinateur a appris à battre les meilleurs joueurs d'échecs, mais ce n'est encore qu'un jeu d'enfant. Demain, il apprendra à prévoir les catastrophes naturelles assez longtemps à l'avance pour satisfaire les usages professionnels et locaux de la météorologie, ou bien encore à naviguer dans une immense base de données, et même, suprême raffinement, à deviner et prévenir nos désirs au cours d'une recherche documentaire, etc. Bref, en matière de cognitive (ordinateurs, robots, etc.), ce n'est pas l'insuffisance de la technique qu'il faudra craindre mais plutôt son excès. Nous risquons en effet d'avoir de plus en plus de mal à rester des interlocuteurs valables face aux systèmes automatisés de l'avenir, de la même façon que, dès aujourd'hui, une partie de plus en plus large de la population est dépassée, *aliénée* (au sens fort, marxiste), face à la complexité croissante et de moins en moins maîtrisée de notre environnement matériel. Le stress spirituel dû au conditionnement hyper-technicisé de notre existence s'ajoute aux pollutions matérielles du modernisme, et gaspille bêtement les bienfaits que l'on pourrait attendre d'un progrès intelligent, spirituellement maîtrisé. Le vrai problème est celui de l'homme social, de la formation politique de l'homme, de l'organisation de la société humaine, humaniste, humanitaire, et d'abord, de l'éducation spirituelle (anthropologique et religieuse, psychologique, juridique, politique) de l'élite de l'intelligence, c'est-à-dire des scientifiques et des techniciens. Le but

pratique principal de la « théorie des systèmes autonomes » est d'essayer d'y contribuer par sa part.

La science fondamentale des « systèmes autonomes » s'intéresse à la théorie de la vie et à celle de l'homme, et essaie d'attirer les cerveaux scientifiques les plus exigeants, les plus rigoureux, donc (théoriquement) les plus déterminants dans la société. L'espace Ψ leur est grand ouvert, et le royaume de l'Esprit, un nouveau cosmos à explorer. Le droit, l'administration, la politique, l'animation, la communication, la documentation, autant de chantiers d'avenir sur des terres jusqu'ici laissées en friche ou à peu près.

L'objectif général n'est plus de maîtriser la nature, pauvre nature qui n'en peut plus de nous subir, mais de maîtriser la société, qui, elle aussi, n'en peut plus, mais de nous attendre. Il est grand temps de placer la science au service de l'homme, de la personne, de l'individu.

De glorieux pionniers ont déjà tracé la voie. Par exemple, l'ingénieur et mathématicien Shannon, auteur de la théorie mathématique de communication par fils, aujourd'hui utilisée aussi dans l'économie des processus de décision (réduction d'incertitude), Picard, auteur de la théorie mathématique des graphes de questionnement, Zadeh, créateur de l'ingénierie du nuancement déclaratif, ou Mandelbrot, inventeur des fractals, qui ont inspiré les « systèmes fractals » employés en cognitive. Il faudrait citer aussi tous les grands noms du calcul des probabilités, de la statistique mathématique, de l'analyse de données, de l'analyse de systèmes, et quelques travaux d'économie mathématique présentant un véritable intérêt humain : la théorie de la valeur (Pareto, Walras, Debreu, de Montbrial), qui fonde en théorie l'existence d'échanges mutuellement avantageux, par conséquent riches au plan spirituel (en deçà d'un point limite d'équilibre en pratique jamais atteint), ou encore l'économétrie statistique qui s'intéresse aux comportements sociaux réels (Malinvaud). Ce ne sont que quelques exemples.

Dans le même ordre d'idées, la mathématique du questionnement présentée dans le tome 2 de la « théorie des systèmes autonomes » représente sous forme d'un graphe arborescent appelé *arbre Quid* l'ensemble du processus d'auto-acquisition par les exemples vécus. Le problème général est celui de la Reconnaissance des Formes (*pattern recognition*), et son support expérimental une application réelle à l'échelle industrielle : la codification automatique des réponses aux questions ouvertes dans les grandes enquêtes de l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE). L'arbre Quid présente plusieurs avantages :

– D'abord, un avantage pédagogique, parce qu'il offre au regard l'architecture la plus simple possible, celle de l'arborescence,

– Ensuite, un avantage théorique, parce qu'il s'applique à une famille très générale de problèmes de cognitive (lecture optique, reconnaissance verbale, détection par satellite, localisation de pannes, etc.) ainsi qu'à la cognition naturelle (perception), et même à la métaphysique (reconnaissance du Bien et du Mal),

– Enfin un avantage didactique, parce qu'il tire profit de deux outils exceptionnels, les mesures de Shannon, et la structure de système fractal : l'algorithme d'apprentissage du vécu est à la fois globalement optimisé (ou quasi-optimisé), grâce au critère de Shannon, et localement constructif, ou *génétique*, grâce à la récurrence infinie du fractal.

Le système se construit son monde (sa *saisie* du monde), de la même façon que l'ADN de la cellule se construit son corps (l'embryon). Dès que l'on choisit comme espace de représentation mathématique l'espace psychique (ou cognitive), tout devient clair. « De la nature de l'esprit humain, et qu'il est plus aisé à connaître que le corps » (René Descartes, *Méditations Métaphysiques*).

Pour revenir à la théorie fondamentale des systèmes autonomes, la modélisation mathématique de la Reconnaissance des Formes apporte une contribution nouvelle à l'analyse du processus universel d'autonomisation croissante, en opérant maintenant dans l'espace nouveau Ψ . Il ne s'agit plus d'un système hiérarchisé à plusieurs niveaux de régulations emboîtées, comme dans l'espace Φ , mais d'un système multi-couches de Reconnaissance des Formes, situé dans l'espace Ψ . Les formes reconnues par un niveau inférieur (ou antérieur) servent de signes pour la reconnaissance des formes du niveau supérieur (ou postérieur), etc., de proche en proche jusqu'au niveau extrême, inconnaisable par nature, transcendant, celui du Bien et du Mal (pour être précis, du Bien faire/Mal faire). On obtient finalement le tableau de la figure 2, dans lequel je me suis toutefois écarté de Pierre Vendryès, en distinguant deux niveaux d'autonomisation mentale, celui du préhomme et celui de l'homme véritable, apparus il y a quatre cents millénaires, et d'emblée à la fois religieux (prométhéen cosmique) et social (autour du foyer domestique), donc social-planétaire.

Le niveau social-planétaire commence avec la conquête du feu et la vie sociale autour du foyer domestique. C'est le stade premier de l'homme proprement dit, dont la caractéristique cognitive est *l'intellection* – ou *intelligence propre*. Le matériel cognitif nouveau, propre à l'homme, est la production et la reproduction de *signes* (visibles, apparents) qui envahissent la planète entière,

devenue non seulement terrain de jeu pour les ébats des animaux, mais désormais théâtre de représentation et forum d'analyse.

mécanisme de régulation (matière)	schème comportemental (interface esprit-matière)	couche de reconnaissance de formes (esprit)
métabolique	Schémes du chimiotactisme	Reconnaissance biochimique
neuro-moteur (cervelet)	Schémes du comportement animal	Reconnaissance animale innée
mental (cerveau)	Schémes de de la visée et de la projection mentale	Reconnaissance des mythes
social-planétaire	Schémes de l'intellection	Reconnaissance des signes intellectuels

Figure 2. Tableau des quatre niveaux de l'autonomisation fondamentale.

Entrons maintenant dans l'anthropologie, la Théorie de l'Homme, l'histoire de l'homme à l'échelle de temps du millénaire. Nous subdivisons le niveau 4 (schème, couche, stade 4) en cinq sous-niveaux, qui logiquement devraient être numérotés de 41 à 45, mais que, pour alléger l'écriture, nous appellerons *stades 1, 2, 3, 4 et 5 de l'homme*.

Les lois générales de la « théorie des systèmes autonomes » découvertes à propos des quatre stades fondamentaux du processus universel d'autonomisation, continuent à s'appliquer aux cinq stades de l'homme, puisqu'ils font partie intégrante du système autonome fondamental. On peut les résumer ainsi :

– « loi des niveaux » : la hiérarchie systémique est solidaire entre les niveaux (loi de la solidarité hiérarchique, ou organique), loi que l'on pourrait appeler aussi « loi du progrès conservatif ».

– « loi des couches » : chaque couche cognitive est un nouveau sous-problème de reconnaissance de formes qui prolonge une chaîne cognitive généralisée remontant jusqu'au niveau transcendant de la forme éternelle Bien/Mal, loi que l'on pourrait appeler « loi de la constance éthique ».

stade de l'homme	1	2	3	4	5
Date d'apparition (en millénaires)	- 400	- 20	- 3	- 1	+ 2
nature physique du signe intellectuel	oral	linguistique	écrit	monétaire	digital
désignation usuelle de l'homme	homme de la parole	homme des lettres	homme des comptes	homme des marchés	homme des écrans

Figure 3. Tableau des cinq stades de l'homme.

– « loi des stades » : chaque stade historique voit émerger un type nouveau, qui désigne à nos yeux la figure nouvelle, et caractérise le changement, le fait apparaître à l'analyse, le rend conscient, visible aux yeux de l'humanité (la science). On pourrait l'appeler la « loi du sens de l'histoire ».

Enfin, la loi de Haeckel *peut* s'appliquer au champ éthologique et culturel et apporter, ici et là, des éclairages intéressants.

En analysant l'expérience humaine à la lumière de ces lois générales, on obtient finalement le tableau des cinq stades présenté à la figure 3. Dans ce tableau, l'expression « désignation usuelle de l'homme » est une figure d'éthologie générale, collective ou individuelle, et non une classe sociale.

L'analyse du système autonome fondamental permet ensuite d'en déduire une axiomatique du *système autonome général* (systèmes pratiques, sociaux, techniques en général). Toute construction humaine sera supposée (en théorie) dériver de la nature fondamentale de l'Homme, lui-même couronnement de l'Évolution universelle de l'Esprit (unique), d'origine divine en vérité (Dieu expert). En effet, tout artefact humain étant un prolongement, une prothèse, de l'Homme, devrait, en toute logique, s'inspirer de sa nature intime, de son être fondamental.

3. Troisième point : pourquoi y a-t-il des âmes, une pluralité d'âmes ?

De nombreux philosophes se sont un jour posé la question « Pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien ? ». On peut aussi se demander comment un Dieu unique, en son règne universel de l'Esprit, peut-il engendrer une Création multiple, des êtres ? Dans le même ordre d'idées, le physiologiste Chauvet s'est interrogé sur la raison de la diversité des espèces vivantes. Je le cite : « Le problème posé par l'Évolution peut se résumer en une phrase : comment expli-

quer la variété et la diversité du monde vivant face à l'unité moléculaire et à l'universalité du code génétique ? ». Si nous avons, dans la « théorie des systèmes autonomes », échappé pour notre part à ce genre de questions embarrassantes, c'est parce que nous sommes partis des entités vivantes autonomes, que nous avons considérées comme des *données dans leur diversité*. C'est en nous plaçant à cheval sur leurs membranes périphériques, à l'évidence diverses et variées, et en y installant notre lunette d'approche que nous avons découvert, d'abord la rupture causale (Vendryès), puis *l'interface causale*, fondement épistémologique de toute saisie réaliste du monde. Nous en avons ensuite déduit la face Ψ du processus universel d'évolution fondamentale, en d'autres termes l'auto-acquisition du « monde », ou « saisie » du monde réalisée par l'Esprit, et nécessairement supervisée par Dieu, Expert en vérité.

On en déduit assez facilement (à la fin du tome 2) la représentation mathématique de *l'âme* qui réside, comme chacun sait, au centre, au « cœur » (au moins au sens figuré) des êtres animés, de tous les êtres animés : une petite âme pour la bactérie, une grande âme pour Gandhi (Mahâtmâ signifie *Grande Âme* en indien). L'habitat favori de l'âme est un ouvert pur, sorte de havre de paix et de lumière que la tradition celtique appelle *gwenved* (« monde blanc » en langue bretonne). Le pointeur qui voyage sans cesse dans l'arbre des connaissances (l'âme voyageuse) est tendu par un ressort vers ce havre intérieur (dans l'espace Ψ). Toutefois, cette première représentation mathématique de l'âme n'est limpide qu'en apparence et n'a fait que déplacer la difficulté. Pourquoi y a-t-il *des* âmes, de nombreuses âmes distinctes, logées au « cœur » d'entités vivant, ou ayant vécu, dans leur diversité ?

Cette question fort troublante, et peut-être cruciale pour la sortie du chaos culturel moderne (mépris du sacré et mépris du social), sera abordée parmi d'autres dans le tome 3 en préparation, et notre insistance à traiter (scientifiquement, mathématiquement) de l'âme est notre seconde rupture avec le passé. Dieu d'abord, l'âme ensuite.

Le traité de l'âme utilisera des concepts mathématiques nouveaux, relatifs à *l'affect*, indissociable de *l'âme*, la multiplicité apparente des âmes ne pouvant s'expliquer à partir de son unicité fondatrice que par un modèle en réseau. Le champ expérimental utilisé sera tiré de la science du calcul en machines parallèles et de l'Intelligence Artificielle Distribuée (IAD) en machines coopératives. Le début de la partie mathématique est déjà esquissé dans le *Rapport sur la Recherche Multiquid*, une brochure interne de l'INSEE, ainsi que dans diverses publications relatives aux mesures systémiques d'entropie et de quantités d'information intéressant la notion d'*énergie psychique* (énergie Ψ) et son économie (stress et action anti-stress).