

Introduction à la systémique

Boîte à outils conceptuels pour aider la réflexion, la formation
et l'action des écologistes et de tous ceux qui sont tentés
par une compréhension globale de la complexité

Par **Gérard Pirotton**, chercheur-associé à étopia

Novembre 2005, analyse n°18



étopia

centre d'animation et de recherche en écologie politique

Avertissements...

« En fait, le problème de savoir comment transmettre nos idées écologiques à ceux que nous voulons inciter à aller dans ce qui nous semble être la "bonne" direction écologique, est, lui-même, un problème écologique. Nous ne nous trouvons jamais en dehors de l'écologie que nous élaborons: nous en faisons toujours et inévitablement partie.(...) Si je suis dans le vrai, les idées écologiques contenues implicitement dans nos plans sont presque plus importantes que ces plans eux-mêmes et ce serait folie de les sacrifier sur l'autel du pragmatisme ».

Gregory BATESON: Vers une Ecologie de l'Esprit
Ed Seuil, Paris, 1980 Tome II (1972, pour éd. originale)
Pages 263-264

« Les méchants ont sans doute découvert quelque chose que les bons ignorent ! »

Woody Allen

1 Introduction et mise en garde

Ainsi que le souligne Alain Lipietz,¹ l'écologie politique est forcément marquée par le contexte intellectuel dans lequel elle a émergé : approches systémiques, complexité, l'auto-organisation,... Se familiariser à ces concepts scientifiques est donc aussi une manière d'approcher l'écologie politique.

Mais attention, les approches systémiques ne peuvent se résumer à une simple liste de concepts. Une liste de définitions ne peut suffire à restituer l'originalité, la spécificité, la portée de ces manières de penser...

Osons une comparaison: la présentation des gouges, des ciseaux et des maillets dont se sert un ébéniste ne peut suffire à rendre compte de cette discipline.

Cette comparaison peut paraître légère: à la réflexion pourtant, elle s'avère beaucoup moins superficielle qu'il ne peut y paraître, au premier abord. Elle évoque par exemple un métier qui, par sa dimension artisanale, résiste à la standardisation ou à la systématisation. Cette dimension artisanale suscite aussi l'image d'un savoir-faire, quasi mystérieux, acquis au prix de l'expérience et d'un long apprentissage. Outre l'image des copeaux de bois qui volent ou du contact avec la matière et des senteurs de bois divers, elle suggère enfin, du moins dans son acception quasi mythique, une relation de maître à apprenti, voire à disciple, une relation au sein de laquelle ce dernier peut être guidé, telle une initiation, vers une compétence qui s'apparenterait davantage à l'art qu'à la seule maîtrise d'un savoir-faire technique.

C'est pourquoi les concepts ici expliqués sont seulement proposés dans la perspective d'aider à construire les processus de tous ceux qui voudront s'en emparer pour entamer des formations voire des actions inspirées par une compréhension écologique, voire écosystémique de la complexité du monde.

2 Éléments d'histoire

La généralité de l'approche systémique peut notamment s'expliquer par la diversité des champs scientifiques où une approche holistique a permis de rencontrer autrement des problèmes sur lesquels butaient des travaux menés dans une approche analytique. Qu'il s'agisse de sciences théoriques ou appliquées, de sciences « dures » ou de sciences « molles », différentes disciplines ont été conduites à incorporer dans leur arsenal des outils intellectuels qui ambitionnaient d'aborder les choses d'une manière plus globale. Si, aujourd'hui, tout le monde (ou presque) a recours à la motion de système, il n'en a pas toujours été ainsi.

Des auteurs au savoir encyclopédique ont pris la peine de relever, entre ces différentes disciplines des ressemblances conceptuelles au-delà des particularités disciplinaires, donnant alors à l'approche systémique une généralité qu'elle ne se connaissait pas encore.

C'est ici Ludwig Von BERTALANFFY qu'il convient de citer. Ses premiers travaux sur ce thème remontent à 1925. Comme biologiste et psychologue, il cherchait à construire une théorie générale qui permette d'aborder les êtres vivants en tant que systèmes. La consultation de son livre majeur² montre assez sa prétention à en faire une méta-discipline logico-mathématique ayant vocation de concerner toutes les sciences

¹ LIPIETZ Alain, « *Qu'est-ce que l'écologie politique ?* La grande transformation du XXIème siècle, La Découverte, Sur le Vif, Paris, 1999.

² BERTALANFFY von, Ludwig, *Théorie générale des systèmes*, Dunod 1993 (1968 pour l'édition anglaise)

particulières. L'appendice à l'ouvrage, intitulé « Le sens et l'unité de la science » dit à suffisance cette volonté générale.

Cette théorie générale des systèmes regroupe les principes théoriques généraux qui permettent de décrire et comprendre le fonctionnement des systèmes ou des sous-systèmes, quels qu'ils soient. Von Bertalanffy veut tout à la fois transcender les spécialisations sectorielles qui caractérisent les sciences modernes et surmonter la confusion entre comprendre et découper en unités élémentaires. Si la physique mécanique a bien illustré cette conception (les lois naturelles s'appliquent à des unités élémentaires dont le comportement peut être prédit, dès que l'on en connaît les coordonnées initiales), c'est davantage dans l'univers de la biologie qu'il faut chercher le modèle de cette façon nouvelle de faire de la science. On ne peut comprendre un organisme vivant en étudiant séparément chacun de ses « composants ». Il faut au contraire insister sur les interactions entre ses différentes parties, son organisation, ses échanges avec son environnement, etc.

Si Ludwig von Bertalanffy représente la branche d'inspiration biologique de l'histoire de l'approche systémique, il est aussi une branche davantage « ingénieriale », qui s'appuie sur les travaux des cybernéticiens. Ils élaborèrent la notion de feed back et celle d'information, à l'occasion de la mise au point de machines équipées de dispositifs de contrôle de l'exécution de la tâche. La dimension « appliquée » de ces disciplines, plus marquées par les ingénieurs que par les théoriciens, va aussi de pair avec un accent sur l'action et sur le but de ces systèmes, construits par l'homme.

On ajoutera qu'aujourd'hui, la modélisation des systèmes atteint des niveaux de sophistications très élaborés par le recours aux ordinateurs et à leur puissance de calcul.

3 Définitions

De multiples définitions existent. Selon les accents que souhaitent mettre les différents auteurs, ils insisteront tantôt sur un aspect, tantôt sur d'autres.

Au plan étymologique, le mot système dérive du mot grec « *systema* » qui signifie « ensemble organisé ».

- Von Bertalanffy définit un système en ces termes :

« un complexe d'éléments en interaction »³

- de Rosnay définit un système en ces termes :

« un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but »⁴

- Le Moigne définit un système en ces termes :

« un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique. »...⁵

- Le même Le Moigne propose, de façon plus triviale mais peut-être aussi plus mnémonique :

- quelque chose (n'importe quoi, présumé identifiable)

³ Von BERTALANFFY Ludwig, (1993), *Théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris. p.53.

⁴ De ROSNAY Joël, (1975), *Le Macroscopie*, vers une vision globale, Seuil, points, Paris. p.93

⁵ Le MOIGNE Jean-Louis, (1977) *Théorie du système général*, théorie de la modélisation, PUF, Paris.p.61.

- *qui dans quelque choses (environnement)*
- *pour quelque chose (finalité ou projet)*
- *fait quelque chose (activité = fonctionnement)*
- *par quelque chose (structure = forme stable)*
- *qui se transforme dans le temps (évolution) »* ⁶

« Un système est un ensemble d'éléments en interaction tels que la modification de l'un d'eux entraîne la modification de tous les autres. (Cette modification porte bien sur les relations, et non pas sur les éléments) »

3.1 Totalité, non-sommativité

Si un système est composé d'un ensemble d'éléments reliés entre eux, les interactions entre ces différents éléments constituent une totalité qui ne se réduit pas à la somme des parties. La modification (la variation) d'un des éléments du système peut affecter le système entier.

Ainsi cette affirmation : « *Le tout est plus que la somme des parties* », sur laquelle von Bertalanffy a notamment beaucoup insisté. Une « simple somme » négligerait la totalité nouvelle qui naît du fait que les éléments ne sont pas simplement juxtaposés « dans » le système, mais entretiennent des relations organisées et structurées. ⁷

Edgar Morin ⁸pour sa part, insiste sur le fait que le tout est aussi « moins et différent » de la somme des parties.

La non-sommativité insiste sur le fait qu'un système ne se réduit pas à la somme de ses éléments.

3.2 Finalité

La notion de but est quasi une hérésie scientifique, puisqu'elle semble revenir à prêter des états mentaux (des intentions) à des systèmes pourtant composés d'éléments qui en sont dépourvus. Elle fait de plus intervenir le temps, de devenir, qui n'est pas définition pas observable.

Pourtant, un système ne peut être correctement décrit sans prendre en compte le fait que son comportement est orienté, ne fusse-ce que vers sa propre survie. Dans un accent cybernétique, les systèmes seront décrits comme fondamentalement « *conservateurs de quelque chose* ». Ils ont d'ailleurs été conçus pour cela. D'une certaine manière, le but réside dans la volonté du concepteur du système en question (exemple : régulateur de température domestique, qui mobilise pour le décrire la notion de feed-back négatif, c-à-d de régulation réductrice).

Par contre, dans le cas des systèmes observables dans la nature, il devient plus délicat d'affirmer que le but qu'ils poursuivent est redevable de leur concepteur... Pourtant, les systèmes naturels semblent capables d'adaptation, de se transformer, de

⁶ Le Moigne, idem, p. 62

⁷ Voir la notion d'émergence.

⁸ Voir le tome 1 de « *La Méthode* ».

sélectionner dans leur environnement certaines choses et d'en rejeter d'autres... à l'apparent service d'un but minimal : le maintien de leur identité.⁹

3.3 Equifinalité

Selon ce principe, des conditions initiales différentes peuvent produire un même résultat : un même résultat peut s'expliquer par des conditions initiales différentes. Un système peut réaliser ses objectifs à partir de différents points de départ et par différents moyens.

C'est ce sur quoi insiste von Bertalanffy :

*« Le même état final peut être atteint à partir d'états initiaux différents, par des chemins différents »*¹⁰

Il faut bien voir en quoi il s'oppose au paradigme mécaniciste, pour lequel la bonne connaissance des lois physiques, des caractéristiques des constituants et de leur position exacte à un moment permettaient de déterminer précisément leur position future.¹¹

Autre implication de ce principe : ce que l'on observe aujourd'hui du comportement d'un système est relativement indépendant de ses conditions initiales. L'observation de son fonctionnement actuel (son organisation, ses régulations,...) fournit une explication suffisante, indépendamment de son histoire

Ce principe d'équifinalité souligne donc qu'il existe différentes manières d'atteindre un même but.

4 Système ouvert, système fermé

Un système est fermé lorsqu'il est isolé de son environnement. Ce cas de figure n'est sans doute concevable que dans le cadre d'une expérience.¹² Dans ce cas, ce système aboutit à un équilibre « vrai », dans lequel l'entropie est maximale.¹³

Un système est ouvert lorsqu'il entretient en permanence des échanges avec son environnement. Il tend vers un équilibre stable, dont le maintien nécessite un travail. Dès lors, un système ouvert « se nourrit d'information, de matière et d'énergie.

L'ouverture d'un système met donc en évidence les échanges avec d'autres systèmes ou avec l'environnement. Le système et son environnement s'influencent mutuellement. Comme le souligne de Rosnay:

*« Les entrées résultent de l'influence de l'environnement sur le système et les sorties de l'action du système sur l'environnement ».*¹⁴

⁹ Francisco VARELA a particulièrement travaillé ces questions

¹⁰ Bertalanffy von, Ludwig, *Théorie générale des systèmes*, Op. Cit. p.38.

¹¹ Exemple : la position des astres, dans le système solaire

¹² Sur terre au moins, tout système sera u moins soumis à l'attraction terrestre...

¹³ voir cette notion. L'entropie est une notion issue de la thermodynamique, et rend compte de ce que l'univers physique tend vers le plus grand désordre. Élimination des différences, par égalisation des températures.

¹⁴ De ROSNAY J., *Le Macroscopie*, Op. Cit. p. 1001

4.1 Rétroaction

Ce concept, issu de la cybernétique¹⁵ traduit le terme « feed back » élaboré dans cette discipline. Il s'agissait dans ce cadre de l'information¹⁶ en retour sur l'état d'un processus à un moment donné de son déroulement. Cette information permet ensuite de corriger ou confirmer l'orientation du processus, selon le but fixé.

Conceptuellement, la rétroaction peut être négative ou positive, termes qu'il vaut mieux remplacer par réductrice et amplificatrice.

La rétroaction est qualifiée de réductrice (négative) lorsqu'elle vise à réduire l'écart constaté par rapport à la norme de fonctionnement du système. La rétroaction est qualifiée d'amplificatrice (positive) lorsque le mécanisme ayant pour rôle de traiter les informations collectées tend à accentuer la déviation constatée par rapport à la norme initiale. Elle conduit au changement : cela peut conduire à la croissance du système mais aussi à sa destruction.

4.2 Homéostasie

Ce terme est issu de la biologie. Il rend compte de ce que les organismes vivants tendent à maintenir un état de stabilité des composants internes de leur organisme (température, caractéristiques du sang, teneur en sel...) malgré les variations de l'environnement dans lequel ils s'inscrivent.

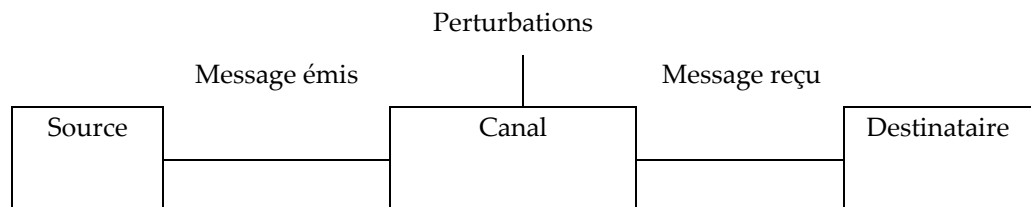
Cette stabilité n'est donc pas à confondre avec l'immobilisme. C'est une notion dynamique, qui insiste au contraire sur la permanence des ajustements nécessaires.

On notera aussi la proximité avec la notion cybernétique de feed-back.¹⁷

4.3 Information

Rapportée à la théorie des systèmes, la notion d'information relève *a priori* de la cybernétique¹⁸. Elle se comprend en référence à ces automates dont le contrôle nécessite des dispositifs de collecte et de traitement d'informations. Entendue en ces termes, l'information prend un statut comparable aux notions de base des sciences dures au même titre que « énergie » ou « masse », par exemple.

Elle se comprend également en référence à la théorie de l'information, selon laquelle toute situation de communication peut être comprise dans le schéma suivant :



Dans cette optique, l'information se conçoit comme une grandeur qu'il est possible de quantifier, en la reliant avec l'incertitude qu'elle permet de réduire. L'information

¹⁵ Voir ce mot et Norbert WIENER

¹⁶ Voir ce mot

¹⁷ Voir ce mot

¹⁸ Voir cette notion

portée par un signal circulant le long du canal entre la « Source » et le « Destinataire » sera d'autant plus informative qu'elle réduit l'incertitude de manière importante.

La notion d'information se trouve alors formulée ainsi par Shannon :¹⁹

$$I = \log (1/p) \quad \text{ou} \quad I = - \log p$$

I = Information

p = probabilité d'apparition de l'événement informatif

Si l'on rapporte cette conception de l'information à l'interaction entre êtres humains, cette notion mathématique de l'information « oublie » une dimension capitale, qui résiste à toute approche quantitativo-algorithmique : la signification. Car une information, entendue comme un signal improbable, sera informative pour un être susceptible de lui attribuer de la signification !

On notera enfin que, dans cette conception mécaniste de l'information selon laquelle l'information réside dans le signal transmis, le bruit est un élément perturbateur, qui vient en troubler la bonne réception. Par contre, rapportée à un univers biologique, le bruit peut être une opportunité de ré-organisation, d'invention, d'évolution, dans une perspective de complexité croissante et non de simple reproduction du modèle « transmis ». ²⁰

4.4 Entropie et néguentropie

La notion d'information peut être reliée à la notion thermodynamique d'entropie, selon les considérations ci-dessous.

Le concept d'entropie est contemporain des problèmes théoriques et pratiques posés par les machines à vapeur, au XIX^{ème} siècle. Au cours de la transformation de la chaleur en énergie mécanique, beaucoup de pertes ont lieu, l'énergie se dégrade. Ainsi trouve-t-on la formulation des deux principes de la thermodynamique:

1^o principe: "Tout se transforme, rien ne se perd" (Laplace);

2^o principe: "L'énergie se dégrade, au fil des transformations successives".

Ce second principe relève donc le fait qu'il y a dissipation, propagation de l'énergie.

Depuis le soleil, les plantes, le charbon, les machines à vapeur, jusqu'au mouvement que sa courroie permet, il y a donc des pertes successives, des déperditions d'énergie. Si l'on étend ce principe à l'univers entier, on constate alors son irrémédiable évolution vers un nivellement thermique généralisé et stable. C'est ce processus que Clausius, physicien, a nommé entropie.

Si l'univers, dans son ensemble, va vers l'entropie, il existe toutefois des foyers de lutte contre l'entropie. Le vivant, grâce aux informations véhiculées par l'ADN ou l'ARN, est capable de s'organiser contre la destruction.

Dans la mesure où cette information, traitée comme moyen de régulation, permet de lutter contre un irréversible mouvement vers la non différenciation, vers un nivellement homogène et général, l'information gagne en importance théorique, puisqu'elle présente un réel pouvoir d'organisation. Ainsi, l'information permet d'aller à l'encontre du temps, de l'irréversible mouvement vers l'entropie.

¹⁹ Pour un exposé récent de cette acception : DION Emmanuel, (1997) *Invitation à la théorie de l'information*, Le Seuil, Points/Sciences, Paris (# S118)

²⁰ Voir les notions apparentées à la complexité, à l'ordre par le bruit, etc.

Entendue en ces termes, l'information (néguentropie) implique la possibilité d'une adaptation, d'une organisation possible.²¹

4.5 Environnement et flux

Rapportée à la théorie des systèmes, un environnement peut être défini comme l'ensemble des éléments, extérieurs au système identifié, et avec lequel ont lieu des échanges, qu'il s'agisse d'information, de matière ou encore d'énergie. En ce sens, le système considéré et son environnement sont à considérer comme interdépendants.

Pointons au passage le fait qu'une telle définition exige un observateur, qui détermine, ne fût-ce que provisoirement une frontière entre ce qui va être tenu pour « le système » considéré et son « environnement ».

Notons aussi que le système est dépendant de son environnement, singulièrement pour y puiser des éléments nécessaires à sa simple survie, voire à son développement.

Ces quantités de matière, d'énergie ou d'information, circulant entre les différents éléments d'un système, constituent des flux, plus ou moins réguliers. Les organes sont dédiés au contrôle de ces flux. Pour l'analyse, ces échanges entre le système considéré et son environnement peuvent être caractérisés selon différents critères et selon les cas : leur nature, leur direction, leur débit, leur fréquence, leur durée, ...

La description structurelle²² d'un système mettra en évidence les canaux, les réservoirs, les vannes,... qui permettent le transit des flux en question ; la description fonctionnelle²³ d'un système mettra en évidence le contrôle de ces flux, leur régulation²⁴, les temps nécessaires à leur « écoulement ».

5 Description d'un système

Plusieurs auteurs ²⁵ proposent d'entreprendre la description d'un système en distinguant deux aspects. L'aspect « *structurel* » renvoie à l'inventaire des éléments dont se compose le système et à leurs agencements les uns par rapport aux autres. En ce sens, ce premier aspect relève de l'espace. L'aspect « *fonctionnel* » renvoie à l'ensemble des phénomènes qui s'y déroulent. En ce sens, ce second aspect relève du temps.

La structure d'un système peut donc être tenue pour ce qui en constitue la stabilité, l'invariant d'un système.

De Rosnay ²⁶ suggère que les éléments structuraux nécessairement présents dans tout système peuvent être énumérés ainsi :

1. Une frontière, une limite. On notera, à la suite d'Edgar Morin, ²⁷ que cet élément est tout à la fois ce qui distingue le système de son environnement ET le relie à lui.

²¹ Voir notamment : PRIGOGINE Ilya, STENGERS Isabelle, (1979) *La nouvelle alliance*, Métamorphose de la science, Gallimard, Folio Essais # 26, Paris.

²² Voir ce mot

²³ Voir ce mot

²⁴ Voir ce mot

²⁵ Notamment : de Rosnay, Durand, ... voir bibliographie

²⁶ « *Le microscope*, pages 96 et 97

²⁷ MORIN, Edgar, (1977) « *La Méthode* », La Nature de la Nature (tome 1), LE seuil, Points (#123) Paris. Voir aussi la section consacrée à la complexité.

On notera ici encore que le tracé de cette frontière dépend du but (de connaissance et d'action) de l'observateur/trice du système considéré. Ce découpage consiste également à situer le système étudié à un palier particulier, dans une hiérarchie de niveaux. Car le système en question peut très bien être, à une autre échelle, un élément d'un système plus vaste tout comme il peut « contenir » d'autres sous-systèmes.

2. Les éléments ou composants d'un système peuvent faire l'objet d'un dénombrement et être regroupés par catégories.
3. Les réservoirs permettent de stocker les matières, les énergies, les informations²⁸ qui transitent par le système.
4. Les réseaux de communication, permettent la circulation des flux selon des circuits, des canaux, des voies... qui structurent le système étudié.

Le fonctionnement d'un système peut lui aussi être appréhendé par l'identification de différents traits.

1. Les flux qui circulent, le long des canaux, entre les réservoirs. Ils peuvent être décrits en termes de quantité par unité de temps ;
2. Les centres de décision, qui contrôlent les flux. Des informations sur l'état des flux à un moment donné peuvent donner lieu à des actions de correction. La vanne qu'est ce centre de décision peut être plus ou moins ouverte ou fermée, selon les cas ;
3. Les délais, qui rendent compte de ce que les temps de réponse, les vitesses de circulation des flux dans les canaux, peuvent varier et prennent « un certain temps » ;
4. Les boucles de rétroaction,²⁹ réductrices ou amplificatrices, influent sur les vannes, les réservoirs, les flux, les délais. Elles déterminent le comportement du système.

5.1 Modélisation

Le modèle d'un système peut être défini comme une description, qu'elle soit mentale ou figurée, une représentation figurant les éléments constitutifs du système et de son fonctionnement afin, selon le but de l'observateur, de servir de support à la compréhension du système, à l'anticipation de ses comportements, etc.

La modélisation est donc une méthodologie, à visée opérationnelle. On la retrouve dans nombre de champs scientifiques. Elle permet de construire des hypothèses sur le comportement probable d'un système, sur base des connaissances que l'on en a à un moment déterminé.³⁰ Cette modélisation peut alors « tourner » sous la forme d'une simulation du comportement du système. L'écart entre le comportement effectif du système et celui de sa simulation permet de modifier, corriger, perfectionner le modèle. Toutefois, le degré d'affinement d'un modèle va dépendre des buts poursuivis, du temps et des moyens disponibles pour le réaliser. On accepte donc aussi qu'il y ait, dans ce modèle, des zones de non connaissance. Des éléments du système modélisé seront décrits comme des « boîtes noires ». ³¹ Il s'agit d'un sous-système que l'observateur décide, en fonction des buts qu'il poursuit, de négliger l'étude du

²⁸ Voir la notion de flux

²⁹ Voir ce mot

³⁰ Ce qui peut aussi se faire dans un cadre inter-disciplinaire

³¹ voir ce mot.

fonctionnement interne. Ce sous-système est donc uniquement appréhendé par ses entrées et ses sorties.

Comme on le voit, le critère de validité d'un modèle n'est pas sa vérité ou sa fausseté, mais sa vertu prédictive, selon le but poursuivi et l'action projetée. Un modèle n'est donc ni vrai ni faux : il permet ou non des prédictions de qualité suffisante.

5.2 Modus operandi

Le plus concrètement possible, prenant appui sur la distinction « structurel/ fonctionnel », la modélisation suppose de procéder selon les étapes et les manières de faire suivantes :

Quant à la structure du système :

- Définir des frontières, le plus clairement possible (même si la suite de l'analyse peut conduire en les redessiner) ;
- Identifier les éléments ou composants du système (les regroupant au besoin en sous-systèmes) en les disposant les uns par rapport aux autres de manière à faire apparaître la structure ;
- Relever les réservoirs (stockage des matières, énergies, informations) qui transitent par le système. Les réservoirs sont conventionnellement symbolisés par des *rectangles*.
- Noter les réseaux de communication, qui permettent la circulation des flux (circuits, canaux,...) Les réseaux sont conventionnellement symbolisés par des *flèches*. Énergie et matériaux sont symbolisés par des *flèches noires, épaisses*, tandis que les flux d'infos sont symbolisés par des *flèches en pointillé*.

Quant à son fonctionnement :

- Identifier les flux qui circulent, le long des canaux, entre les réservoirs. On insiste particulièrement sur les entrées et les sorties. Énergie et matériaux sont symbolisés par des *flèches noires*, tandis que les flux d'infos sont symbolisés par des *flèches en pointillé*.
- Relever les centres de décision, qui contrôlent les flux. Des informations sur l'état des flux à un moment donné peuvent donner lieu à des actions de correction. Conventionnellement, leur symbolisation est celle d'un *robinet* placé sur une ligne de flux (deux triangles, dont les sommets enserrant le flux) ;
- Estimer les délais, c-à-d les temps de réponse, les vitesses de circulation des flux dans les canaux ;
- Les boucles de rétroaction,³² réductrices ou amplificatrices, influent sur les vannes, les réservoirs, les flux, les délais. Elles déterminent le comportement du système. Elles sont conventionnellement schématisées par une *fine flèche*, accompagnée d'un « + » ou d'un « - », selon que le feed-back soit, selon la malheureuse formulation retenue, positive ou négative.

³² Voir ce mot

6 Approches systémique et/ou analytique

« Aujourd'hui ... les objets à expliquer sont considérés comme parties de plus grands tous, plutôt que comme des tous qu'il faut décomposer en parties »³³

Sans doute pour percevoir les apports de l'approche systémique est-il utile de la comparer à ce à quoi elle s'oppose, ce dont elle se distingue. Consacrons une section à cette question en prenant appui sur les considérations avancées par quelques auteurs de référence en la matière.

De nombreux auteurs insistent sur l'opposition entre la théorie des systèmes et l'approche scientifique d'inspiration cartésienne, en insistant notamment sur le fait que l'approche expérimentale a pu montrer ses limites dans l'affrontement des problèmes du monde réel, au contraire des problèmes artificiels traités en laboratoire. On pourrait attribuer le succès de l'approche expérimentale au fait que les objets de ces recherches scientifiques étaient dans une large mesure des objets qui se prêtaient précisément à cette méthode analytique. Or, aujourd'hui, l'humanité fait face à des problèmes de plus en plus complexes. L'affrontement de ces problèmes demande de s'atteler à l'étude d'ensembles de plus en plus complexes, dont les implications dépassent largement le niveau local pour atteindre une dimension planétaire. De plus la fragmentation des sciences en plusieurs disciplines et l'hyper-spécialisation à laquelle elle a conduit pose aussi des problèmes de communication entre les spécialistes.

En langue française, c'est le monumental effort d'Edgar Morin qu'il s'agit de tenir pour référence. Ces situations qualifiées de complexes sont le plus souvent floues, changeantes et apparemment peu structurées. Elles se prêtent donc à une étude sous différents angles d'approche. Les causalités qui les traversent sont davantage de type circulaire, plutôt que de causalité simple. Les phénomènes émergents obligent à ne pas se cantonner aux seules parties composantes. On observe aussi des propriétés contre-intuitives et des effets pervers, qu'on ne peut déduire des propriétés des éléments qui composent les ensembles étudiés. Ces situations complexes associent le plus souvent plusieurs problèmes qui peuvent être tenus pour relativement simples à première vue. Toutefois, ces problèmes ne peuvent être traités isolément, sans avoir d'incidence sur les autres. Ce genre de problème complexe ne conduit pas à la mise en œuvre d'une solution simple et unique, qui découlerait de son analyse, mais la mise en œuvre des plusieurs solutions, à choisir parmi un inventaire de solutions possibles.

#

³³ ACKOFF R.L. (1972)

La présentation de la théorie des systèmes passe inmanquablement par une mise en évidence de ce à quoi elle s'oppose.

Ainsi, pour Edgar Morin, la nécessité de composer avec la complexité des phénomènes à comprendre est un fait reconnu dans divers champs disciplinaires, comme il a notamment entrepris d'en faire l'inventaire dès le premier tome de « *La Méthode* ». ³⁴ Il oppose l'approche complexe et l'approche analytique, qu'il qualifie de « mutilante » et propose le tableau-synthèse suivant, qu'il nomme « Les commandements de la complexité ». ³⁵

	Paradigme de simplification = principes d'intelligibilité de la science classique	Paradigme de complexité = principes d'intelligibilité de l'approche complexe
1.	principe d' <i>universalité</i> "il n'est de science que du général".	validité mais insuffisance du principe d' <i>universalité</i>
2.	élimination de l'irréversibilité temporelle: <i>réversibilité</i>	reconnaissance et intégration de l'irréversibilité du temps
3.	réduction à des parties simples	nécessité de lier la connaissance des éléments à celle des ensembles qu'ils constituent
4.	réduction de la connaissance à des principes d'ordre	incontournabilité de la problématique de l'organisation
5.	causalité linéaire	causalité complexe
6.	souveraineté explicative absolue de l'ordre: déterminisme universel	considérer les phénomènes, selon une dialogique: <i>Ordre → désordre → interactions → organisation</i> < < <
7.	isolement/disjonction de l'objet % à son environnement	distinction (sans disjonction) objet/environnement
8.	Disjonction absolue objet/sujet connaissant	relation sujet concepteur/objet conçu
9.	élimination du sujet connaissant	nécessité d'une théorie scientifique du sujet
10.	quantification et formalisation (élimination de l'être)	nécessité d'une reconnaissance des catégories d'être et d'existence (auto-organisation)
11.	inconcevabilité de l'autonomie	reconnaissance scientifique de la notion d'autonomie (auto-organisation)
12.	fiabilité absolue de la logique	problématique des limitations de la logique
13.	pensée claire et discours mono-logique	penser de façon dialogique et par macro-concepts.

³⁴ MORIN, Edgar, (1977), *La méthode, La nature de la nature*, Seuil, Points. (à ce jour, 4 tomes ont suivi)

³⁵ Ce tableau est composé à partir du Chapitre intitulé "Les commandements de la Complexité", in: Edgar MORIN, Edgar, *Science avec Conscience*, Ed. Fayard. Paris, 1982. (pages 308 à 313)

Jean-Louis Le Moigne ³⁶ met également en évidence l'opposition de la théorie des systèmes et le discours cartésien. Aux quatre préceptes du « *Discours sur la méthode* » de Descartes, il oppose point à point quatre préceptes d'un nouveau discours de la méthode. Au précepte de l'évidence, il oppose le précepte de pertinence ; au réductionnisme, il oppose le précepte de globalisme ; au causalisme, il oppose le précepte téléologique et à l'exhaustivité le précepte d'agrégativité.

- « *Le précepte de la pertinence: Convenir que tout objet que nous considérons se définit par rapport aux intentions implicites ou explicites du modélisateur. ...* »
- « *Le précepte du globalisme: Considérer toujours l'objet à connaître par notre intelligence comme une partie immergée et active au sein d'un plus grand tout. ...* »
- « *Le précepte téléologique: Interpréter l'objet non pas en lui-même, mais par son comportement... Comprendre en revanche ce comportement et les ressources qu'il mobilise par rapport aux projets que, librement, le modélisateur attribue à l'objet. ...* »
- « *Le précepte de l'agrégativité: Convenir que toute représentation est simplificatrice, non pas par oubli du modélisateur, mais délibérément. ...* »³⁷

Ces préceptes constituent de nouveaux repères sur la façon d'appréhender la réalité. On peut voir comment elles constituent d'autres repères qu ceux qui ont cours dans l'approche expérimentale.

Joël de Rosnay ³⁸procède à une comparaison entre les approches analytique et systémique. Quoique quelque peu schématique, cette comparaison a toutefois l'avantage de la clarté.

Approche analytique	Approche systémique
Isole: se concentre sur les éléments	Relie: se concentre sur les interactions entre les éléments.
Considère la nature des interactions.	Considère les effets des interactions
S'appuie sur la précision des détails.	S'appuie sur la perception globale.
Modifie une variable à la fois.	Modifie des groupes de variables simultanément.
Indépendante de la durée: les phénomènes considérés sont réversibles.	Intègre la durée et l'irréversibilité.
La validation des faits se réalise par la preuve expérimentale dans le cadre d'une théorie.	La validation des faits se réalise par comparaison du fonctionnement du modèle avec la réalité.
Modèles précis et détaillés, mais difficilement utilisables dans l'action (exemple: modèles économétriques).	Modèles insuffisamment rigoureux pour servir de base de connaissances, mais utilisables dans la décision et l'action (exemple: modèles du Club de Rome).
Approche efficace lorsque les interactions sont linéaires et faibles	Approche efficace lorsque les interactions sont non linéaires et fortes.

³⁶ Voir le chapitre 1, intitulé : « Discours de la méthode » : l'ancien et le nouveau. In :

Le MOIGNE, J-L,(1977) « La théorie du système général », théorie de la modélisation, PUF, Paris. Pp.27-45.

³⁷ Le MOIGNE (1977) Op. Cit., p. 43.

³⁸ De ROSNAY, Joël,(1975) « *Le Macroscopie* », vers une vision globale, Le seuil, points, (#80) page 108.

Conduit à un enseignement par discipline (juxta-disciplinaire).	Conduit à un enseignement pluridisciplinaire.
Conduit à une action programmée dans son détail.	Conduit à une action par objectifs.
Connaissance des détails, buts mal définis.	Connaissance des buts, détails flous.

7 Considérations épistémologiques

« Un fait est un fait, (un fabriqué) »

Baudrillard

A proprement parler, on ne peut pas affirmer qu'un système existe à l'état naturel. Car l'approche systémique est une méthode pour comprendre un objet, pour se représenter son fonctionnement, modéliser sa structure qui peut également être composée d'éléments en interaction. C'est par exemple à l'observateur qu'il va revenir de déterminer ce qu'est son objet et ce qu'est son environnement. Si le système observé a un but (si la notion de but doit être incorporée dans la description du système à comprendre) l'observateur lui aussi a un but, qui le guide dans sa description.

Ce qui pose bien entendu en d'autres termes la question de « l'objectivité » dans laquelle les intentions de l'observateur n'ont normalement pas leur place.³⁹

8 Bibliographie

8.1 Avertissement

La bibliographie ci-dessous est là pour donner une idée de la diversité des auteurs qui ont fait leur cette approche. Il ne s'agit donc pas d'en recommander expressément la lecture. Pour les auteurs, une liste restreinte figure sous le titre : « Conseils de lecture ».

8.2 Pour celles ou ceux qui sont familiarisés à l'anglais

ACKOFF, R.L., EMERY, F.E. (1972) : *On Purposeful Systems*, Londres, Tavistock Publications.

ASHBY, W.R. (1956) : *An Introduction to Cybernetics*, Londres, Chapman and Hall.

BERTALANFFY, L. VON. (1968) *General Systems Theory*, Foundation, Development, Applications, New York: G. Braziller.

CHECKLAND, P. (1981) : *Systems Thinking, Systems Practice*, London: John Wiley & Son.

FORRESTER, J.W. (1968) : *Principles of Systems*, Wright-Allan Press.

SIMON, H.A. (1960) : *The New Science of Management Decisions*, New York: Harper & Row.

³⁹ Voir le Cours de « constructivisme en sociologie », qui figure au programme de l'UF3.

WIENER, N. (1947, 1961) : *Cybernetics*, Cambridge, Mass.: MIT Press, New York: J. Wiley

8.3 Références en français (quelquefois, traduction de l'anglo-américain)

- AMIGUET O., JULIER C., (1996) : *L'intervention systémique dans le travail social*, Repères épistémologiques, éthiques et méthodologiques, IES et EESP, Genève, Lausanne.
- BAREL Y. (1989) : *Le paradoxe et le système*, essai sur le fantastique social, Presses Universitaires de Grenoble.
- BERBAUM J. (1982) : *Étude systémique des actions de formation*, PUF, Paris.
- DESCARTES, R. *Discours de la méthode*, Paris: Editions de Cluny [Le Livre de Poche Classique, # 2593]
- FRONTIER S. : *Les écosystèmes*, PUF, Que Sais-je ?, Paris
- LE GALLOU F., BOUCHON-MEUNIER B. (coord.) (1992) : *Systémique. Théorie & applications*. Technologie et Documentation – GESTA, Paris.
- Le MOIGNE, J.L. (1977, 1983) : *La théorie du système général*, Théorie de la modélisation, Paris, Coll., Systèmes-Décisions, Presses Universitaires de France.
- LUGAN J-C (1993) : *La systémique sociale*, PUF, Que Sais-je ?, Paris.
- MELEZE J. (1979) : *Approche systémique des organisations*, Hommes et Techniques, Paris.
- MORIN, E. (1977) : *La méthode 1. La nature de la nature*, Paris: Seuil.
- (1980) : *La Méthode 2 La Vie de la Vie*, Paris: Seuil.
- (1982) : *Science avec conscience*, Paris: Fayard.
- POCZTAR J. (1992) : *Approche systémique appliquée à la pédagogie*, ESF, Paris.
- PRIGOGINE I., STENGERS I. (1979) : *La nouvelle alliance*, Paris, Gallimard.
- VON BERTALANFFY L. (1993) : *Théorie générale des systèmes*, trad. J-B. Chabrol, Dunod.
- WIENER N. (1962) : *Cybernétique et société*, UGE, 10/18
- WINKIN Y. (1981) : *La nouvelle communication*, Seuil, Points, Paris.

8.4 Ouvrages dont la lecture peut être recommandée

- DURAND D. (1979) : *La systémique*, PUF, Que Sais-je ? Paris
- ROSNAY, J. de (1975) : *Le macroscope*, vers une vision globale, Paris, Seuil, Points