

futuribles

I N T E R N A T I O N A L

55 rue de Varenne • 75007 Paris • France
Tél. : 33 (0)1 53 63 37 70 • Fax : 33 (0)1 42 22 65 54
forum@futuribles.com • www.futuribles.com

Systemique, complexité et transdisciplinarités : Nouvelles méthodes, nouveaux outils

COMPTE RENDU
DE LA TABLE RONDE DU MARDI 30 NOVEMBRE 2004

Joël de Rosnay, docteur ès sciences à l'Institut Pasteur, a passé plusieurs années aux États-Unis, d'abord au Massachusetts Institute of Technology (MIT) puis comme attaché scientifique auprès de l'ambassade de France. Il est actuellement président exécutif de Biotics International et conseiller du président de la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette dont il a été le directeur de la prospective et de l'évaluation jusqu'en juillet 2002. Il est également auteur de nombreux ouvrages dont *Le Macroscop*e (Paris : Le Seuil, 1975).

Rappels historiques

Trente ans après sa parution, *Le Macroscop*e reste le livre fondateur de l'analyse systémique en France. Selon son auteur, elle facilite la compréhension et l'étude de l'infiniment complexe, comme le microscope l'étude de l'infiniment petit et le télescope celle de l'infiniment grand. Il s'agit du premier ouvrage de vulgarisation de cette nouvelle méthode de réflexion. Afin de mettre en avant les intérêts de l'analyse systémique, Joël de Rosnay s'est attaché dans son livre, à l'appliquer à trois domaines qu'il juge essentiels : l'énergie, l'information et le temps. L'application de l'analyse systémique à ces trois domaines a débouché sur de nouveaux concepts comme le chronocentrisme, la bio-industrie, l'éco-énergétique, l'écotechnologie ou encore Internet qu'il décrit (alors que l'informatique pour les particuliers n'en est qu'à ses premiers balbutiements) dans le chapitre « Vers la société en temps réel » comme un système mondial d'interconnexions entre les cerveaux des hommes et ceux des ordinateurs.

Dans la vision de l'auteur, l'analyse systémique ne supplante pas l'approche analytique mais la

complète. Ainsi, si l'approche analytique se concentre sur les éléments, la systémique, quant à elle, étudie ce qui relie ces éléments. C'est aussi une perception globale, qui intègre la durée et qui permet de jouer sur des groupes de variables de façon simultanée par le biais de la simulation. De plus, si l'approche analytique est adaptée à l'action programmée, l'approche systémique ouvre de meilleures perspectives pour l'action par objectifs.

Au cours des 30 années qui ont suivi la publication du *Macroscop*e, Joël de Rosnay distingue trois grandes phases. La première s'étend de 1975 à 1985. Durant cette période, il applique ses nouvelles méthodes en se focalisant sur deux sujets : la gestion des complexités du corps, qui donne lieu à la publication de *La Malbouffe* (1979) dans lequel il développe le concept de bionomie. Puis, il se penche sur la gestion des complexités de l'information dans *Branchez-vous* publié en 1985. Il y mène notamment une réflexion avant-gardiste sur l'usage et la place de l'ordinateur dans les foyers.

La deuxième période, de 1985 à 1995, est l'époque durant laquelle émergent, aux États-

Unis, ce qu'il appelle les sciences de la complexité. Une des grandes thématiques est alors de s'interroger sur l'accroissement de la complexité dans la société. C'est à cette époque que de nouveaux modèles, la théorie du chaos, la dynamique des réseaux ou les organisations fractales, sont utilisés pour l'étude et l'analyse de systèmes complexes.

À partir de 1995, Joël de Rosnay développe, en particulier dans *L'Homme symbiotique*, la métaphore du cybionte, un organisme planétaire que l'on peut assimiler à un organisme vivant, composé d'une multitude de réseaux et de connexions autour de la Terre. Cet organisme est le résultat de la symbiose entre les hommes et les machines, et vit grâce à la multiplication des réseaux et des nouvelles formes de communication. Pour parvenir à gérer l'évolution de ce système, il est nécessaire de le comprendre. En rassemblant à la fois des éléments de la théorie du chaos et des sciences de la complexité, Joël de Rosnay propose comme outil d'analyse de son cybionte, une « théorie unifiée de l'auto-organisation et de la dynamique des systèmes complexes ». L'ensemble des phénomènes couverts par cette théorie s'appelle la symbionomie. La symbionomie est l'étude de l'émergence des systèmes complexes par auto-organisation, autosélection, coévolution et symbiose. Le terme trouve son origine dans la symbiose animale dont il reprend une grande partie des mécanismes pour l'appliquer à des systèmes complexes et non vivants (villes, réseaux Internet, etc.)

La complexité aujourd'hui

L'auteur du *Macroscopie* définit la complexité par cinq points :

- L'existence d'éléments ou d'agents (ex : les cellules).
- L'existence de relations entre ces éléments.
- La présence de niveaux hiérarchiques interdépendants et de réseaux.
- Des comportements dynamiques (non linéaires) de la part des éléments.
- Une capacité d'évolution.

La ville, par exemple, est un élément complexe. Elle est à la fois le support et la conséquence de l'organisme vivant qui y habite. Il en est de même pour une cellule, un corps humain ou la Terre. Trente ans après *Le Macroscopie*, Joël de Rosnay constate un accroissement de la complexité. En prenant l'exemple de l'évolution de l'ADN dans le corps humain, il montre la manière dont un système pourtant simple évolue pour se complexifier au fil du temps : l'ADN se reproduit. En se reproduisant, il introduit dans son code des erreurs générées par l'environnement extérieur (pollution, radiations, maladies, etc.), c'est ce que Joël de Rosnay appelle « un générateur aléatoire de variétés ». Si le système ne s'adapte pas à ces changements, il disparaît. Sinon, il évolue en apprenant à maîtriser son environnement (c'est la boucle de l'apprentissage) ce qui lui permet de s'adapter et donc de survivre pour se reproduire de nouveau en prenant en compte ces nouveaux changements. Cette boucle de l'ADN est valable pour l'ensemble du monde animal.

Néanmoins, l'homme n'est pas un animal comme les autres et a une différence de taille : il est le seul à pouvoir imaginer et prévoir cette évolution (c'est le monde de l'imagination). Cette capacité d'imagination accélère la complexification car l'homme n'a pas besoin de passer par de longues phases d'apprentissage. Cette capacité est encore dupliquée grâce à l'informatique et à la puissance des ordinateurs (on entre alors dans le monde virtuel). Ces trois mondes (animal ou réel, imaginaire et virtuel) réagissent pourtant de la même manière. À l'image de la cellule ADN, un programme informatique suit la même boucle évolutionniste : création du programme, reproduction, mutations ou *bug* ; si le programme n'évolue pas il meurt, sinon il se transforme en prenant en compte les nouveaux changements dans ses lignes de code.

La symbiose est un autre mécanisme de complexification. Il se retrouve dans tous les systèmes complexes (hommes, fourmis, etc.). Son fonctionnement reprend celui d'une spirale : des agents capables de se reproduire évoluent avec leur environnement. Les interactions qu'ils ont entre eux, par l'intermédiaire des réseaux de communication, aboutissent à des structures, des

comportements et des organisations multiples. La concentration d'agents dans un de ces systèmes entraîne le maintien de celui-ci par catalyse ce qui peut amplifier les interactions entre les agents. Le chaos engendré par ces modifications aboutit alors à une forme d'autosélection qui pousse le système à se transformer ou à périr. Des symbioses apparaissent avec d'autres organismes, structures ou organisations. La mémorisation de ces nouvelles structures ou de ces mécanismes évolutifs, que ce soit par codage chimique (dans le cas des molécules, par exemple) ou par la culture (pour les sociétés humaines) assure la transmission des informations aux nouveaux agents. Ces nouveaux agents deviennent alors *de facto* plus complexes que leurs prédécesseurs.

Cette spirale de la complexité peut être vertueuse ou vicieuse selon que l'agent s'adapte ou non aux fluctuations. Il existe alors trois évolutions possibles pour chaque système complexe :

- Le désordre s'accroît plus vite que la capacité du système à remettre de l'ordre : c'est la désorganisation et la disparition.
- L'auto-organisation et l'entropie se compensent : c'est le *statu quo*.
- L'auto-organisation du système augmente plus vite que l'entropie : c'est l'accroissement de la complexité.

Pour l'auteur du *Macroscope*, seuls les systèmes complexes ouverts sont en mesure d'évoluer.

Deux aspects fondamentaux de la complexité : la notion de seuil et l'intelligence collective

Avant de conclure, Joël de Rosnay insiste sur deux aspects de son analyse : la notion de seuil et l'émergence de propriétés nouvelles, en particulier l'intelligence collective.

La notion de seuil

Chaque système complexe connaît une phase de développement exponentielle. Par exemple, ce n'est qu'au cours du XX^e siècle que l'économie s'est totalement développée, notamment après la Seconde Guerre mondiale. Les effets de seuil ont été mis en lumière par le biologiste et théoricien de la complexité, Stuart Kauffman. En reliant entre eux des boutons par un simple fil, Kauffman met en évidence l'existence d'un seuil

à partir duquel le nombre de boutons soulevés simultanément, lorsque l'on tire le fil, passe de quelques-uns à une majorité en un temps très court (idées de *cluster* et de transition de phase). Joël de Rosnay reprend le même schéma pour analyser l'explosion d'Internet dans le monde. Avec près de 650 millions d'internautes, il pense que la Toile n'est qu'au début de la phase de transition et que le nombre de connectés risque de croître de façon exponentielle dans les prochaines années.

L'intelligence collective

L'intelligence collective est le second aspect sur lequel a souhaité revenir l'intervenant. L'idée de l'intelligence collective se retrouve dans le monde animal et plus particulièrement chez certaines espèces comme les fourmis ou les abeilles. Les fourmis sont stupides quand elles sont prises individuellement. Mais, si l'on prend toutes les fourmis d'une colonie, on remarque que la somme de chaque individualité aboutit à l'émergence d'une forme d'intelligence collective qui leur permet, par exemple, de construire des fourmilières immenses ou de surmonter de nombreux obstacles qu'elles seraient incapables de réaliser seules. Elles sont, par exemple, toujours en mesure de trouver le chemin le plus court qui mène à la fourmilière. Pour Joël de Rosnay, l'intelligence collective émerge de la dynamique des interactions entre les éléments d'un groupe ou d'une société. L'intelligence collective n'est pas quelque chose de complexe. Au contraire, elle est issue de la somme d'éléments simples mais qui, en se cumulant ou se superposant, aboutissent à un système complexe. La meilleure illustration de ces propos est à chercher dans les images fractales ou dans le langage binaire. C'est à partir de simples lignes de code composées de 1 ou de 0 que fonctionnent des programmes informatiques fort complexes.

Conclusion

Joël de Rosnay apporte un regard neuf sur la complexité en donnant de nouvelles pistes de compréhension. La finalité de cet apport est de pouvoir mieux comprendre pour mieux agir sur des systèmes complexes comme le corps humain ou la société.

EXTRAIT DES DÉBATS

La première question est, en fait, une remarque sur la difficulté de diffusion des outils de compréhension des systèmes complexes (l'exemple pris ici étant celui de l'analyse systémique) qui ne semblent pas être appréciés à leur juste valeur dans certains milieux universitaires, notamment en médecine. Cette remarque débouche sur une réflexion globale sur le rôle de l'agression, au sens sociologique du terme, et sur les difficultés de transmission des nouvelles idées.

La réponse de Joël de Rosnay abonde dans le même sens tout en nuanciant cependant le terme d'agression qui n'est pas, selon lui, toujours violent et lui préfère le terme de disruption. Il insiste aussi sur l'importance de la diffusion, notamment dans l'émergence de l'intelligence collective. Une des pistes qu'il préconise est de toucher les nœuds des réseaux et les agents qui sauront relayer ensuite les nouvelles idées. La diffusion de la connaissance est à la fois virale, locale et globale. Virale car, à partir du moment où un agent a pris conscience d'un savoir particulier, il est à même de le diffuser, ce qui aboutit à un effet boule de neige et donc à la diffusion massive du savoir. Local et global ensuite, car l'apprentissage de la connaissance passe par l'éducation, l'importance des réseaux et la capacité à toucher ces mêmes réseaux.

Un autre membre de l'assistance insiste ensuite sur le rôle de la transdisciplinarité (que l'on ne doit pas confondre avec l'interdisciplinarité). Selon lui, l'association de la culture de la complexité et de la transdisciplinarité est la voie royale pour la compréhension des systèmes complexes, même si elle n'est, avant tout, qu'une simple grille de lecture.

La deuxième question porte sur l'impact des transformations que connaît la société occidentale depuis l'apparition des nouvelles technologies de l'information et de la communication, et qui bouleversent complètement l'organisation politique, économique et sociale. Selon ce membre de l'assistance, nous sommes en train de passer de

l'ère énergétique à l'ère de l'information sans que personne ou presque ne s'en rende compte. Or, selon lui, le risque est grand de voir l'homme perdre le contrôle de son développement si la prise de conscience n'a pas lieu. L'explication apportée par le conférencier est alors relative au fait que l'homme n'est pas un individu rationnel et qu'il est donc difficile de prévoir l'avenir, même si certains outils de l'analyse systémique laissent entrevoir certaines possibilités. Malgré tout, la nature des rapports entre les hommes se modifie. Nous passons ainsi de rapports de forces (ex : courses aux armements) à des rapports de flux (maîtrise de l'information).

La question suivante est une demande d'éclaircissement de la notion d'intelligence collective. L'auteur du *Macroscope* apporte sa réponse en précisant que, pour parler d'intelligence collective, il faut surtout des contacts entre les agents et que ces contacts aboutissent à des « *feedback* collectifs », c'est-à-dire à des enseignements.

Le dernier intervenant a ensuite fait part de sa difficulté à piloter un système complexe. Il a surtout insisté sur le fait que les méthodes d'analyse étaient encore mal reconnues car jugées trop transdisciplinaires. La grande difficulté est, d'après lui, de trouver le bon niveau de pilotage et surtout la finalité du système. Cette réflexion met en lumière l'importance qu'il faut accorder à l'élaboration d'un projet. C'est celui-ci qui doit déterminer la complexité du système. Cette remarque a ensuite été complétée par Joël de Rosnay qui a rappelé que la détermination d'un objectif (même temporaire) permettait à chacun de savoir où et comment avancer. Or ce n'est que dans ce cadre que les *feedback* sont bons et que la réussite est possible.

En guise de conclusion, il a été rappelé que serait organisé du 19 au 22 septembre 2005, à Paris, le 6^e Congrès européen de science des systèmes.

Guillaume Rolland

