



## AUTO-ORGANISATION :

Un miroir turbulent - Guide illustré de la théorie du Chaos - J Briggs/ F.D. Peat.

Dans son livre, La Nouvelle Alliance, écrit en collaboration avec Isabelle Stengers, Prigogine dit que "en chimie, la relation entre ordre et chaos paraît extrêmement complexe : des régimes successifs de situations ordonnées (oscillatoires) suivent des régimes de comportement chaotique". Il note que l'instabilité de Bénard est un "phénomène spectaculaire" produit par des millions et millions de molécules qui se meuvent soudain de manière cohérente.

De toute évidence, une des propriétés du chaos loin de l'équilibre est sa capacité d'auto-organisation. Un autre exemple frappant d'auto-organisation a été découvert dans tout un groupe de réactions chimiques.

Si la concentration d'un des réactifs est augmentée jusqu'à un seuil critique, la réaction subit une transformation dans laquelle les concentrations chimiques commencent à fluctuer de manière régulière comme une horloge chimique. Prigogine et Stengers commentent dans leur livre :

"Arrêtons-nous un instant pour souligner à quel point un tel phénomène est inattendu. Supposons que nous soyons en présence de deux types de molécules, "rouges" et "bleues".

Etant donné leur mouvement chaotique, nous nous attendons à ce qu'à un certain moment il y ait plus de molécules rouges, par exemple, dans la partie gauche du récipient. Ensuite, un peu plus tard, plus de molécules bleues apparaîtraient, et ainsi de suite.

Le récipient nous semblerait "violet", avec des éclats irréguliers et occasionnels de rouge ou de bleu. Ce n'est cependant pas ce qui se produit avec une horloge chimique ; dans ce cas, le système est entièrement bleu, passe brutalement au rouge, puis de nouveau au bleu.

Toutes ces modifications survenant à intervalles réguliers, nous sommes en présence d'un processus cohérent. Un tel degré d'ordre émanant de l'activité de milliards de molécules semble incroyable et, de fait, si les horloges chimiques n'avaient pas été observées, personne ne pourrait croire qu'un tel processus soit possible. Pour changer de couleur toutes à la fois, les molécules doivent avoir un moyen de "communiquer". Le système doit agir en tant que tout.

C'est, disent-ils, comme si chaque molécule était "informée" de l'état de l'ensemble du système".

Lorsque Prigogine s'exprime de la sorte, il ne peut être accusé d'anthropomorphisme. Pour lui, le concept de communication et d'information est intimement lié à la manière dont un comportement aléatoire conduit à une association complexe de rétroactions et d'ordre spontané. Prenez comme exemple la façon dont les termites construisent leur termitière.

Il n'existe aucune bureaucratie centrale dirigeant le travail des termites. Au début, les termites s'affairent en tous sens de manière aléatoire en ramassant des petites boulettes de terre et en les transportant d'un endroit à un autre. Ce faisant, elles imprègnent leurs charges d'une goutte d'une substance chimique qui attire les autres termites.

Aléatoirement, une plus forte concentration de termites apparaît dans certaines zones, qui deviennent alors l'objectif d'autres congénères et de leurs paquets de terre.

Des piliers surgissent et l'activité des termites reste corrélée jusqu'à ce que la termitière soit terminée.

Plus près de nous, nous avons tous un jour été impliqués dans de telles corrélations. Sur l'autoroute en dehors des heures de pointe, nous ne sommes que peu affectés par les autres véhicules.

En revanche, vers seize heures, le trafic devient plus dense et nous commençons à réagir et à interagir avec les autres conducteurs. A un certain point critique, nous commençons à être "conduits" par le schéma global du trafic. Le trafic est devenu un système auto-organisateur.

Une autre forme d'auto-organisation qui émerge de la fluctuation chaotique met en scène ce que l'on nomme les actinomycètes. Les actinomycètes passent une partie de leur existence sous la forme de cellules isolées, mais, lorsqu'elles sont privées de nourriture, elles envoient une impulsion chimique qui se transmet aux autres.

Des milliers de ces actinomycètes se rassemblent alors de manière aléatoire jusqu'à ce que leurs fluctuations atteignent un point critique ; à ce moment, elles s'auto-organisent pour former une entité cohérente capable de se déplacer dans le sol d'une forêt. Enfin, en un nouvel emplacement, l'actinomycète développe une tige et des sporanges qui libèrent des spores desquelles naissent de nouvelles actinomycètes. L'actinomycète présente un comportement à la fois individuel et collectif, chaque aspect étant inclus dans l'autre.

Comme l'illustrent ces exemples, Prigogine et ses collègues voient des structures auto-organisées naître un peu partout : en biologie, dans les vortex, dans la croissance des villes et des mouvements politiques, dans l'évolution des étoiles. Ces différents cas de déséquilibre et d'auto-organisation sont appelés des "structures dissipatives".

Cette dénomination découle du fait que, pour évoluer et maintenir leur forme, les villes, les vortex et les actinomycètes utilisent de l'énergie et de la matière.

Ce sont des systèmes ouverts puisant de l'énergie de l'extérieur et produisant de l'entropie (gaspillage, énergie randomisée) qu'ils dissipent dans l'environnement qui les entoure.

Bien entendu, un système peut se nourrir de l'entropie d'un autre ; considérez le bousier ou, par exemple, la mitochondrie de nos propres cellules qui transforment les déchets des molécules de nourriture fermentée en ATP, une molécule qui, en fait, accumule de l'énergie.

Le second principe (selon lequel l'entropie totale augmente toujours) n'est pas enfreint par l'apparition de ces systèmes, de même que la gravité ne l'est pas par une lune en orbite. De même qu'une lune profite de la gravité pour rester en orbite, les structures dissipatives profitent de l'entropie.

Le terme structure dissipative exprime un paradoxe central de la pensée de Prigogine. La dissipation suggère le chaos et le démantèlement ; la structure en est l'opposé.

Les structures dissipatives sont des systèmes capables de conserver leur identité uniquement en restant continuellement ouverts aux flux de leur environnement.

Considérez les solitons que nous avons découverts dans le chapitre précédent. Comme l'onde de translation et la flamme d'une bougie, les solitons sont également des structures dissipatives émergeant d'un flux loin de l'équilibre et évoluant avec lui.

Nouvelles propriétés radicales :

Il fallut beaucoup de temps à Prigogine pour faire des découvertes dans la compréhension des structures loin de l'équilibre, dissipatives. "J'étais en quelque sorte prisonnier de la théorie du non équilibre linéaire", dit-il, parce que les systèmes proches de l'équilibre qu'il avait étudiés jusqu'alors, reposaient mathématiquement sur des approximations linéaires.

Les structures dissipatives sont des créatures appartenant à un univers non linéaire et à l'époque où il les étudiait, l'intérêt scientifique porté à la non-linéarité restait très limité.

Aujourd'hui, cela semble être une chose très très simple, pratiquement triviale. Le fait que dans l'univers non linéaire, l'éloignement de l'équilibre donne naissance à une structure, fasse émerger l'ordre du chaos est devenu une loi. Loin de l'équilibre, la matière présente des nouvelles propriétés radicales.

Quelles sont ces nouvelles propriétés radicales qui permettent l'auto-organisation ?

Comment une structure dissipative se construit-elle elle-même à partir d'un arrière-plan chaotique -en organisant l'espace, en donnant une direction inexorable au temps ?

Dans une réaction ordinaire, les molécules de deux substances chimiques s'engagent dans un mouvement aléatoire.

Dans certaines collisions, les molécules peuvent avoir l'énergie et l'orientation correctes pour se lier et ainsi former une nouvelle molécule, le "produit" de la réaction. Les collisions continuent jusqu'à ce que toutes les molécules de départ se soient combinées dans le produit.

Le système devient un mélange homogène non structuré de substances chimiques. Néanmoins, il arrive que dans certaines réactions un type de molécules ne puisse être obtenu sauf s'il se trouve en présence d'une molécule de son propre type. Une telle substance chimique devient son propre catalyseur. Elle itère.

Les chimistes baptisent ces réactions "auto-catalyse" et "auto-inhibition" parce qu'elles mettent en jeu des processus au cours desquels les produits de certaines étapes rétroagissent pour leur propre production ou pour leur propre inhibition.

De telles itérations conduisent à des systèmes chimiques dans lesquels apparaissent aussi bien l'équilibre et les cycles limites que le doublement de période, le chaos, l'intermittence ou l'auto-organisation.

Ces systèmes structurent l'espace en groupant les molécules de la réaction en réseaux ordonnés d'une certaine taille et ils marquent le temps en évoluant et en changeant constamment.

Ils ne sont jamais totalement identiques même s'ils conservent la même organisation de base.

Parmi ces réactions, l'une des plus originales est celle que l'on a baptisée réaction de Belousov-Zhabotinsky.

Inter Editions