

## Le deuxième principe de la thermodynamique et l'auto-organisation de systèmes complexes

La présentation du deuxième principe de la thermodynamique et de la notion de **structure dissipative** se poursuit par le concept d'**auto-organisation des systèmes complexes** en prenant comme exemple le sort de notre planète, du vivant et finalement des civilisations.

L'UE est enfin décrite comme une structure auto-organisationnelle, agissant selon sa propre logique, dont la complexité ne peut que croître irrémédiablement.

### 1. Le deuxième principe de la thermodynamique et l'entropie

Le deuxième principe de la thermodynamique<sup>1</sup> établit l'irréversibilité des phénomènes physiques réels à l'échelle macroscopique. La distinction entre processus réversibles et irréversibles résulte du concept d'**entropie** formulé par Clausius (1865).

L'entropie<sup>2</sup> (thermodynamique) peut être interprétée comme la mesure du degré de désordre d'un système composé, au niveau microscopique, d'une multitude d'éléments (par exemple un gaz). Plus l'entropie du système est élevée, moins ses éléments sont ordonnés ou liés entre eux. Mais l'entropie d'un système global ne peut que croître irrémédiablement.

Le concept d'entropie a été généralisé et étendu à de nombreux domaines, comme la théorie de l'information (entropie de Shannon) ou les sciences sociales.

### 2. Les structures dissipatives

#### *Les systèmes ouverts loin de l'équilibre thermodynamique*

Au contraire d'un système fermé, un **système ouvert**<sup>3</sup> échange avec son environnement de l'énergie, de la matière ou de l'information. La Terre est un exemple de système ouvert. Elle reçoit l'énergie des rayons solaires et de son noyau interne, qu'elle doit impérativement dissiper en rayonnements visible et infrarouge diffusés vers l'espace, ou qu'elle consomme en mouvements convectifs (vents, courants marins...) en évaporation de l'eau pour la formation des nuages, en fonte des glaces polaires et en énergie nécessaire pour les réactions chimiques qui interviennent dans l'organisation de la complexité (principalement la photosynthèse, à la base de la pyramide du vivant, mais également des sources fossiles charbon et pétrole). Toutefois, le second principe de la thermodynamique est toujours vérifié, puisque l'entropie du système fermé Soleil – Terre – Espace augmente toujours.

---

<sup>1</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Deuxième\\_principe\\_de\\_la\\_thermodynamique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Deuxième_principe_de_la_thermodynamique)

<sup>2</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Entropie\\_\(thermodynamique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Entropie_(thermodynamique))

<sup>3</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Système\\_ouvert](http://fr.wikipedia.org/wiki/Système_ouvert)

## **Les structures dissipatives**

Une **structure dissipative**<sup>4</sup> est un système ouvert qui opère **loin de l'équilibre thermodynamique** et qui est « contraint » de créer des stratégies pour consommer ou dissiper l'énergie reçue de son environnement (à l'instar de la Terre). Le terme « structure dissipative » fut créé par **Ilya Prigogine**<sup>5</sup>, prix Nobel de chimie. Le lecteur pourra se reporter à l'exemple de la casserole d'eau et des cellules de **Bénard**<sup>6</sup>.

### **3. L'auto-organisation des systèmes complexes**

Selon Wikipédia<sup>7</sup> « *L'auto-organisation est un phénomène de mise en ordre croissant, et allant **en sens inverse de l'augmentation de l'entropie**, au prix d'une dissipation d'énergie qui servira à maintenir cette structure. Le terme fait référence à un processus dans lequel l'organisation interne d'un système, habituellement un système hors équilibre, augmente automatiquement sans être dirigée par une source extérieure* » .

#### **La création spontanée de structures complexes humaines**

L'état de plus grande entropie de la société humaine (celui ne comportant pas d'organisation) peut être représenté par une société de chasseurs-cueilleurs. Des groupes d'une dizaine d'individus se constituent, les parents et les enfants, mais l'organisation sociale ne dépasse pas ce niveau. Puis les groupes vont se sédentariser en villages, pour les nécessités de l'agriculture et de l'élevage, et se constituer en communautés plus larges pour survivre aux prédateurs, qui sont alors des communautés adjacentes. La suite de l'aventure humaine est connue, qui aboutit à des états-nations et plus généralement à des civilisations. L'énergie du processus dissipatif provient de la consommation de la faune et de la flore, du vent qui souffle dans les voiles des navigateurs partis conquérir tous les continents (au détriment des chasseurs-cueilleurs amérindiens ou africains) et des énergies fossiles, toutes choses issues finalement du rayonnement solaire.

Le processus d'auto-organisation va toujours (et éternellement) se poursuivre sauf modification des conditions de diffusion de l'énergie primaire issue du Soleil au travers de l'atmosphère. Le risque est cependant que in fine les individus, qui sont dotés de raison, n'adhèrent plus aux valeurs défendues par le pouvoir (surtout si elles apparaissent comme des éléments artificiels loin du vécu quotidien<sup>8</sup>) et surtout si ils ne trouvent plus leur place naturelle dans les superstructures toujours infiniment plus complexes dans lesquelles ils ne se reconnaissent plus. Des dizaines voire des centaines d'organisations dans le « monde » illustrent ce deuxième principe de la thermodynamique.

---

<sup>4</sup>[http://fr.wikipedia.org/wiki/Système\\_dissipatif](http://fr.wikipedia.org/wiki/Système_dissipatif)

<sup>5</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Ilya\\_Prigogine](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ilya_Prigogine)

<sup>6</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellules\\_de\\_Bénard](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cellules_de_Bénard)

<sup>7</sup> <http://fr.wikipedia.org/wiki/Auto-organisation>

<sup>8</sup> Les ouvriers de Whirpool et de GM&S, les mineurs de Pennsylvanie n'adhèrent pas à la mondialisation (voir articles précédents).