

François Roddier

# De la thermodynamique à l'économie

Le tourbillon de la vie



On ne peut produire durablement  
du travail mécanique qu'en effectuant  
des *cycles de transformations* prenant  
de la chaleur à une source chaude  
pour en rendre une partie  
à une source froide.

*Principe fondamental  
de la thermodynamique  
dû au physicien français  
Sadi Carnot*

## Avant propos

Ce livre s'adresse à un public aussi large que possible. Mais couvrir un domaine allant des sciences physiques aux sciences humaines en passant par la biologie demanderait toute une bibliothèque. Je n'en ai ni les connaissances ni les moyens. Le lecteur trouvera aisément ailleurs tout ce qui concerne la physique et la biologie. La nouveauté est dans son application à l'économie. J'ai donc rédigé ce petit livre en priorité à l'attention des économistes. Cela impliquait de vulgariser les notions essentielles de physique et de biologie, sans toutefois m'étendre sur l'économie qui n'est pas ma spécialité. J'espère surtout susciter de l'intérêt pour ces questions en montrant qu'elles ouvrent des perspectives pour une meilleure organisation de la société.

Cet ouvrage est en quelque sorte une suite à mon livre sur la *Thermodynamique de l'évolution*<sup>1</sup>. On pourra s'y référer pour les questions d'énergie et leurs unités. À part cela, il peut être lu de façon indépendante du premier. Les deux livres se complètent. Ils expriment tous deux un point de vue de physicien. Le vivant comme le non-vivant fait partie de l'univers. Il obéit aux mêmes lois. Cependant, le vivant fait partie de ce qu'on appelle des « systèmes complexes ».

---

1. édité aux éditions Parole en 2012.

Ceux-ci se distinguent des autres par leur très grand nombre de variables et leur non-linéarité. Dans mon précédent livre, je montre comment on aborde aujourd'hui ces difficultés. Le problème du grand nombre de variables se résout par l'approche statistique. C'est le domaine de la mécanique statistique, appelée aussi thermodynamique. Le problème de la non-linéarité est celui de la dynamique non linéaire. Ce domaine a fait beaucoup de progrès grâce aux ordinateurs.

Parmi les systèmes complexes, le plus complexe d'entre tous est certainement ce qu'on appelle la vie. Les spécialistes eux-mêmes s'interrogent encore sur sa définition exacte. La thermodynamique a d'abord permis de développer la chimie. Elle est devenue ensuite indispensable pour comprendre la biochimie. Pour aller plus loin, il fallait introduire le concept de thermodynamique hors équilibre. On doit cette extension au physico-chimiste Ilya Prigogine. La vie est un processus thermodynamique hors équilibre.

Les systèmes thermodynamiques hors équilibre ont une propriété curieuse, celle de s'auto-organiser. Une de leur caractéristique est qu'ils le font de façon difficile à prévoir. Chaque jour, la pluie et le beau temps s'auto-organisent. Malgré les progrès de la météorologie, ils le font de façon difficile à prévoir, en particulier à long terme.

Il en est de même de la vie. Dans mon précédent livre, je montre comment la vie s'est auto-organisée sur terre. Elle s'est développée suivant un mécanisme décrit par l'astrophysicien Erich Jantsch, puis étudié par le physicien danois Per Bak qui lui a donné le nom de « criticalité auto-organisée ». On observe une alternance entre une « macroévolution » lente et une « microévolution » rapide. La macroévolution lente favorise les êtres vivants les mieux adaptés à leur environnement : c'est la sélection naturelle de Darwin, appelée aussi sélection K. La microévolution rapide favorise les êtres vivants les plus adaptables au changement ; on lui donne le nom de sélection r.

Ces deux types de sélection s'appliquent depuis toujours à l'évolution des gènes. Chez l'Homme, ils s'appliquent aujourd'hui à la culture. C'est ce qu'on appelle l'évolution culturelle. Une partie entière de mon précédent livre y est consacrée. L'évolution culturelle suit des lois analogues à celle de l'évolution génétique, mais elle est beaucoup plus rapide. Au lieu d'être transmise à travers les gènes, l'information y est transmise par imitation.

Comprendre l'évolution culturelle permet de comprendre l'auto-organisation des sociétés humaines. La section 12-4 de mon précédent livre traite de ce sujet. Elle implique que, si l'on veut bâtir une véritable science économique, celle-ci doit nécessairement reposer sur les lois de la thermodynamique. Cela me paraissait à l'époque une tâche difficile qui surpassait de loin les

buts que je m'étais assignés. J'ai donc provisoirement laissé ce sujet de côté.

L'occasion m'a été donnée d'y revenir lorsqu'on m'a demandé de faire un exposé sur les transitions économiques. Thermodynamiquement, il était clair qu'il s'agissait d'un processus de transition de phase. L'évolution génétique des espèces animales et végétales en donne de nombreux exemples. Il me fallait transposer ces exemples à l'évolution culturelle.

Le mécanisme suivant lequel les êtres vivants dissipent l'énergie s'appelle le métabolisme. Pour transposer ce mécanisme aux sociétés humaines, il fallait considérer l'économie comme le métabolisme des sociétés humaines et l'étudier de la même façon. En biochimie, l'étude du métabolisme se fait à l'aide de potentiels de Gibbs. J'ai donc été amené à définir des potentiels de Gibbs pour l'économie.

Cela pouvait se faire à l'aide de deux potentiels économiques dont l'un correspondait à la valeur d'usage et l'autre à la valeur d'échange. Le premier permettait d'étendre à l'économie la notion de pression. Il s'agit d'une pression sociale au sens d'Émile Durkheim. Le second permettait d'étendre la notion de température, une notion intuitive chez les économistes qui parlent de surchauffe économique.

Progressivement, je suis arrivé à l'idée qu'une société humaine ou un écosystème avaient en commun avec les fluides la propriété d'être un ensemble d'agents échangeant de l'information, c'est-à-dire de former un réseau neuronal, et que tout réseau neuronal traversé par un flux suffisant d'énergie s'auto-organise comme le font les fluides, l'exemple type étant celui de la casserole d'eau sur le feu (section II-1).

Exposer des concepts aussi abstraits à un large public devenait délicat. Je ne pouvais plus me contenter d'idées générales sur l'énergie et l'entropie comme je l'avais fait dans mon premier livre. Il me fallait aller plus loin. Mais rédiger un manuel au caractère nécessairement scolaire risquait de me priver d'emblée d'un grand nombre de lecteurs. C'est pourquoi j'ai choisi l'approche historique. J'y ai trouvé deux avantages. Le premier est de maintenir l'intérêt du lecteur. Le second est de suivre un ordre naturel, même s'il n'est pas nécessairement le plus logique (le second principe de la thermodynamique a été énoncé avant le premier).

Ce livre se divise en trois parties. La première traite de la thermodynamique dite classique, ou thermodynamique à l'équilibre. La seconde aborde la thermodynamique hors équilibre. Née dans la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle, celle-ci repose sur la notion de structure dissipative. Les structures dissipatives s'auto-organisent spontanément et décrivent des cycles semblables