

Une lecture de “Thermodynamique de l'évolution” de François Roddier

François Dubois ¹

**Moulin d'Andé,
samedi premier juin 2013**

¹ Membre de l'AFSCET.

L'auteur



François Roddier en septembre 2012

L'auteur

né en 1936

entre à l'Ecole normale supérieure (rue d'Ulm) en 1956

Astrophysicien

Thèse de doctorat (1964) sous la direction de Jacques Blamont :
spectrographe à jet atomique
il l'utilise pour étudier le Soleil.

A enseigné pendant 18 ans la physique à l'Université de Nice.
Spécialiste des effets optiques de la turbulence atmosphérique

Auteur d'un livre sur la transformation de Fourier (1970)

L'auteur (ii)

Emigre en 1984 au USA

Quatre années à Tucson (Arizona)

Douze ans à Honolulu (Hawaii) à l'université américaine

(Institute for Astronomy)

Développe l'optique adaptative

A l'occasion du passage de la Terre dans le plan des anneaux de Saturne en 1995, plus d'une demi-douzaine de nouveaux satellites de Saturne ont été découverts par A. Brahic et ses collaborateurs

Référence : C. Roddier, C. Dumas, J. E. Graves,

M. J. Northcott, T. Owen, A. Brahic (1996)

L'auteur (iii)

Développe avec son épouse Claude Roddier des méthodes interférométriques d'observation à haute résolution angulaire.

Application au développement de l'instrumentation optique
des grands télescopes.

Inventeur de nouveaux types de coronographes
dits "masques de phase"

Claude Roddier et François Roddier, 1997

F. Roddier, Editor. Adaptive Optics in Astronomy.

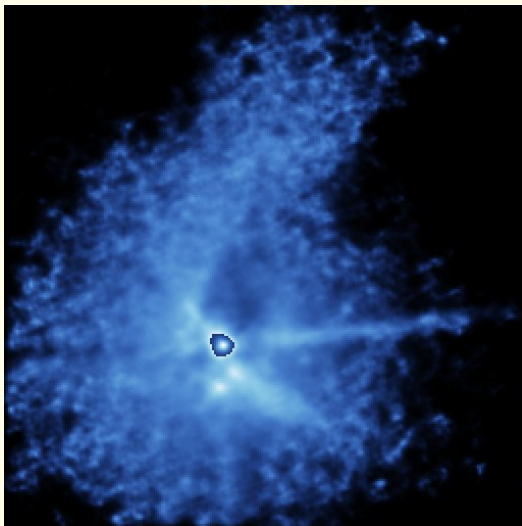
Cambridge University Press, Cambridge, 1999.

Propose de nouveaux concepts de télescopes

"Large High Dynamic Range" Canada-France-Hawaii, 2001

Auteur de plus de de 210 publications scientifiques

T Tauri: un prototype pour la formation des étoiles ?



Claude et François Roddier, Canada-France-Hawaii Telescope, 2000.
référence : <http://www.cfht.hawaii.edu>

L'auteur (*iv*)

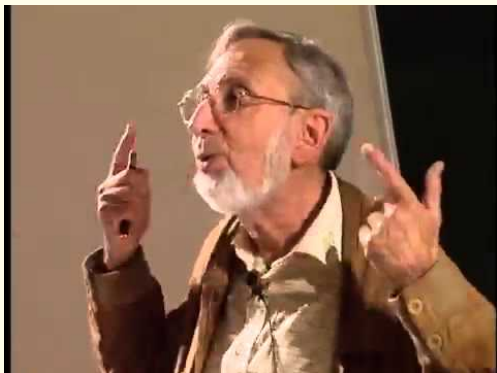
Retour en France en 2000 lors de la retraite

S'intéresse maintenant à la planète Terre

“Le pain, le levain et les gènes, un essai sur l'évolution”,
Parole éditions, 2009.

“Thermodynamique de l'évolution:
Un essai de thermo-bio-sociologie”
Parole éditions, 2012.

François Roddier



Institut d'Astrophysique de Paris, octobre 2010

Une lecture du livre “Thermodynamique de l'évolution”

Rencontre en mai 2012 chez Solvay à Paris
dans le cadre du groupe “Emergence”

Un essai, à l'invitation de ses collègues
Roger-Maurice Bonnet, Jean-Marc Lévy-Leblond,
Jacques de Gerlache, etc.

16 chapitres
220 pages

Une véritable thèse
Une nouvelle théorie systémique ?

Les pages qui suivent sont issues de notes de lecture de FD
et d'un exposé disponible sur internet
(<http://www.francois-roddier.fr/Signes2012.html>) :
“Le développement durable est-il un mythe ?”

Signes, 27 mai 2012.

Quatre parties et seize chapitres...

I Les lois de la thermodynamique

- 1 - Thermodynamique du 19 ième siècle
- 2 - Thermodynamique du 20 ième siècle
- 3 - Auto-organisation en physique
- 4 - Auto-organisation de l'univers

II L'évolution génétique

- 5 - Le mécanisme de Darwin
- 6 - Criticalité auto-organisée en biologie
- 7 - Coopération en biologie
- 8 - Panorama de l'évolution génétique

Quatre parties et seize chapitres (ii)

III Des gènes à la culture

- 9 - Emergence de l'intelligence
- 10 - Emergence de la culture
- 11 - Des primates à l'Homme

IV L'évolution culturelle

- 12 - Les lois de l'évolution culturelle
- 13 - Thermodynamique et sciences sociales
- 14 - Evolution culturelle en occident
- 15 - Le siècle des menaces
- 16 - L'avenir de l'Humanité

Quatre parties et seize chapitres (iii)

V Compléments

17 - Compléments sur l'entropie

18 - Compléments sur la criticalité auto-organisée

19 - Compléments sur l'énergie

20 - Réponses à un philosophe

Thermodynamique du 19 ième siècle (i)

Sadi Carnot (1796-1832) : l'évolution est irréversible

Second principe de la thermodynamique :

On ne peut durablement produire du travail mécanique que par des cycles fermés de transformations extrayant de la chaleur d'une source chaude pour en rendre une partie à une source froide

Première loi de la de la thermodynamique : l'énergie se conserve.

L'énergie est un "invariant":

c'est le fil d'Ariane qui permet de suivre l'évolution.

Deuxième loi: l'énergie se dissipe.

L'énergie tend se transformer irréversiblement en chaleur,
c'est la flèche qui oriente le sens du temps.

Un système fermé évolue de façon

à atteindre l'équilibre thermodynamique

Thermodynamique du 20 ième siècle (ii)

Ilya Prigogine (1917-2003) : troisième loi de la thermodynamique

Les structures dissipatives s'auto-organisent de façon
à maximiser les flux d'énergie qui les traversent

Comme nous-mêmes, les plantes, les animaux
et même les étoiles sont des structures dissipatives.

Ces structures s'auto-organisent pour dissiper l'énergie (1968).

Exemples de structures dissipatives : un cyclone, l'atmosphère terrestre, une flamme, un incendie, un organisme vivant, une espèce animale ou végétale, L'Homme, une société humaine

Thermodynamique du 20 ième siècle (*suite*)

Shannon : entropie et information

L'entropie est une mesure de notre méconnaissance
de l'état microscopique du système

“Maximal Entropy Production”

loi de la production maximale de l'entropie

Preuve (non encore certaine) de Roderick Dewar en 2003
par les méthodes de la physique statistique

Auto-organisation en physique (iii)

Opalescence au point critique: la distribution des tailles
des structures suit une loi en puissance

HOT : Highly Optimized Tolerance *c.f.* la structure fractale
d'un radiateur pour optimiser la dissipation de l'énergie

Per Bak : étude de la pente critique d'un tas de sable
et les avalanches.

Comportement **global** des structures dissipatives :
la pente du tas de sable oscille

aléatoirement autour de sa valeur critique

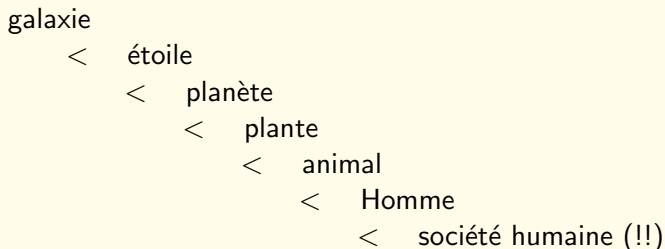
L'amplitude des avalanches est inversement proportionnelle
à leur fréquence (loi en $1/f$)

Les structures dissipatives produisent de l'énergie libre
(travail mécanique) à partir des différences de température

Per Bak : le processus de criticalité auto-organisée
s'applique à l'évolution des espèces biologiques

Auto-organisation de l'univers (iv)

graphe de l'énergie dissipée en watts par kilogramme (page 50)



Le mécanisme de Darwin (v)

Alfred Lotka (1922)

la sélection naturelle maximise le flux d'énergie
qui traverse une structure organique

Donc la sélection naturelle peut "se réduire"
au troisième principe de la thermodynamique !?

Criticalité auto-organisée en biologie (vi)

Rétroaction positive lors d'une perturbation due à l'environnement
force à s'adapter de plus en plus vite

L'évolution s'accélère, tout va de plus en plus vite
"Effet de la reine rouge" (Lewis Carroll, *De l'autre côté du miroir*)

Référence aux travaux de Leigh van Valen (1973)
pour les espèces vivantes

L'évolution des espèces est discontinue
c.f. les équilibres ponctués de S.J. Gould et N. Eldredge

Per Bak et Kim Snepper (1993) :
les équilibres ponctués
sont un processus de criticalité auto-organisée

Le mécanisme de Darwin (*suite*)

Sélection “r” et “K”

sélection “r” en environnement instable :

les petites organismes se reproduisent très vite

Sélection “K” en environnement stable :

la sélection naturelle favorise les milieux adaptés,
donc les gros organismes.

Emergence de l'intelligence (ix)

Percolation, domaine d'Ising, seuil critique
c.f. le point de Curie pour le fer

Le cerveau fonctionne efficacement au voisinage du point critique

Simulations numériques de Bak et Stassinopoulos

“pour être sensible à son environnement, le cerveau
doit être maintenu au voisinage du point critique...”

c.f. les équilibres ponctués,
avec de longues périodes d'inactivité
qui alternent avec de courtes périodes d'activité intense.

Bak : le cerveau est comme un réseau de canaux
qui alimente un ensemble de barrages

Emergence de la culture (x)

Les “mèmes” de Dawkins

Information mémorisée dans les gènes

La sélection naturelle favorise celle qui se réplique le plus vite

mème : élément d'information que les Hommes s'échangent

Effet Baldwin : nécessité de tenir compte des facultés

d'apprentissage comme facteur évolutif

Evolution lamarckienne :

un caractère acquis est transmis génétiquement

Les lois de l'évolution culturelle (xii)

Théorie des jeux et dilemme du prisonnier

W.F. Lloyd (19ième siècle), Garrett Hardin (1968)

La tragédie des communs

Une structure dissipative au point critique
est très sensible à son environnement

Thermodynamique et sciences sociales (xiii)

Frederick Soddy (1877-1956) a l'idée en 1926
d'appliquer la thermodynamique à l'économie

Economistes qui prennent en compte
la thermodynamique du 20^{ième} siècle :

Robert Ayres (1944),
Reiner Kummel ("The second law of Economics", 2011)

L'économie oscille autour d'un point critique

La taille des structures est distribuée suivant une loi de puissance

Il y a donc invariance par changement d'échelle...

Thermodynamique et sciences sociales (*suite*)

Construction d'un véritable **dictionnaire**
entre biologie et économie (page 120)

ADN : la culture ensemble des informations mémorisées
dans les livres et transmises de génération en génération

ARN : le savoir ; information culturelle
mémorisée dans les cerveaux

ARN messager : l'instruction générale ;
savoir transmis par l'enseignement

ARN ribosomique : le savoir-faire ; permet d'appliquer
les savoir à des besoins particuliers

ARN de transfert : l'instruction technique ;
transmission du savoir-faire

Thermodynamique et sciences sociales (iii)

Hormone : média ; information diffusée à toute la société

Enzyme : investissement monétaire ; catalyse la production.

ATP : monnaie étalon

Mitochondries : banques

Thermodynamique et sciences sociales (*suite*)

Oscillations en économie : Cl Juglar (1852)

N. Kondratiev (quand ?)

processus de criticalité auto-organisée

bruit en $1/f$

Sociologie et thermodynamique :

voir Emile Durkheim (1900)

ou Michel Forsé (1990)

pour un lien avec la physique statistique.

Evolution culturelle en occident (*xiv*)

Modèle de cerveau de Peter Bak

On peut appliquer ce modèle au cerveau global des individus qui échangent de l'information

Le siècle des menaces (xv)

Passage de la sélection “K” à la sélection “r”

Jules Michelet (1872)

“L’allure du temps a tout à fait changé”

L'avenir de l'Humanité (xvi)

Principe de base : la terre dispose d'une source chaude et d'une source froide pour construire une machine thermique stable :

- source chaude : surface du Soleil à 6000 Kelvins
- source froide : rayonnement primitif de l'Univers à 3 Kelvins.

Description d'un monde en symbiose
avec de petites structures en équilibre socio-économique

Exemple des Koguis dans les Andes (6000 mètres)
économie stationnaire, sans croissance ni inégalités.