

Dissipation, couplages ago-antagonistes co-déterminés et complexité

Une approche thermodynamique
des couplages symbiotiques.

Jacques de Gerlache
(éco)toxicologue systémicien

Groupe Emergence

Paris, 9 septembre 2019

Plan de l'exposé

1. Revisiter la *raison d'être* des états organisés de la matière moléculaire : leur nature thermodynamique et ses implications systémiques ;
2. Couplages symbiotiques dissipatifs des systèmes physico-chimiques ;
3. L'ago-antagonisme, processus régulateur fondamental des équilibres symbiotiques des systèmes organiques, les états « vivants » ;
4. Le concept de « co-détermination »

Du réalisme au *sur-réalisme* de nos représentations de la "réalité" : l'avertissement de René Magritte ...

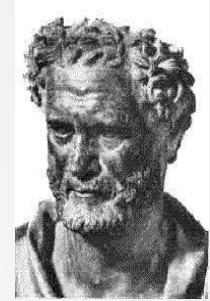


copyright : C Herscovici

"A partir du moment où la démarche de décomposition analytique et de reconstruction synthétique ne permet plus de retrouver les propriétés du tout, elle perd son pouvoir explicatif et devient pratiquement inutile".

Pierre Delattre, CEA

***“Ce monde n’été fait, par aucun des dieux, ni par aucun des hommes ;
il a toujours été et sera toujours feu éternellement vivant,
s’allumant par mesure et s’éteignant par mesure.”***



***“Ils ne comprennent pas comment
ce qui lutte avec soi-même peut s’accorder.***

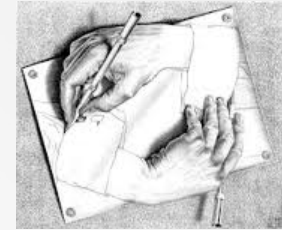
***L’harmonie du monde est par tensions opposées,
comme pour la lyre et pour l’arc.”***

Héraclite d’Ephèse



Traversée du fleuve Styx, Joachim Patinir, 1520 – 1524 |

Pour une pensée bipolaire ...



- *« Il faut apprendre ou réapprendre à penser toujours d'une manière bipolaire et de ne pas céder à l'attrait d'une pensée unipolaire, branchée sur un pôle dominant - ce qu'on appelle aussi « pensée unique » de nos jours - une tentation qui fait inmanquablement plonger dans l'erreur et l'impuissance.*
- *La seule excuse, c'est que presque tout le monde considère que c'est là l'enjeu de la rationalité : trouver le bon pôle. Faux!*
- *Il en est une autre, de rationalité, et que certains d'entre vous professent au moins implicitement, c'est la **rationalité systémique**, et particulièrement celle ago-antagoniste, **qui, elle, au moins, accepte de faire couple avec la .science dite réductionniste** - l'inverse étant rarissime ! »*

Elie Bernard-Weil



1. Pour-quoi y-a-t-il des arbres ??

Les fondements des « systèmes moléculaires organisés »

*« Ces mystères qui nous dépassent,
feignons d'en être les organisateurs. »*

Jean Cocteau

La dimension « moléculaire » : entre les dimensions particulaire et stellaire

- Entre particules ou atomes « quantiques » d'une part et trou(s) noir(s) galactique(s) d'autre part, l'« **univers des systèmes organisés** » possède une **dimension singulière** :

il est spécifiquement « moléculaire » ;

- Il est temps d'intégrer le fait que la dimension moléculaire induit des propriétés qui lui sont propres, entre les deux autres dimensions, plus prisées par les physiciens ;
- Un peu comme la dimension « ville » a ses propriétés dynamiques d'interactions qui ne sont pas celles d'une « habitation individuelle » ou d'un « pays » ;
- Même si ces propriétés ne sont certes pas indépendantes des autres dimensions ;
- **Mais elles déterminent une nature, des comportements et des évolutions qui lui sont propres.**

La « réalité » de la dimension moléculaire

- La dimension moléculaire de la réalité est le mieux décrite par la mécanique statistique ou « thermodynamique » ;
- C'est la discipline de la science dont Albert Einstein lui-même affirmait être convaincu qu'elle est :

« la science naturelle d'une portée universelle qui, dans le champ de l'applicabilité de ses concepts de base, ne sera jamais réfutée. »

- Au niveau planétaire, la nature des processus thermodynamiques est déterminante par le fait que l'évolution d'un système moléculaire fermé est d'évoluer spontanément vers l'uniformité ultime de la répartition de son énergie : qu'elle soit d'origine tellurique, solaire, cosmique; ...

Pour-quoi alors des systèmes moléculaires organisés et reproductibles ou « vivants » existent-ils ?

- *Pour-quoi* les organismes vivants (*bactéries et virus, cellules, individus, espèces, sociétés humaines ...*) se battraient-ils ?
- *Pour-quoi* auraient-ils tendance à se perpétuer, s'adapter, et se complexifier en compétition ou en symbiose avec d'autres organismes ?
- Juste pour "(sur)vivre" ?

**=> Cela ne renvoie à aucun questionnement
"métaphysique" !**

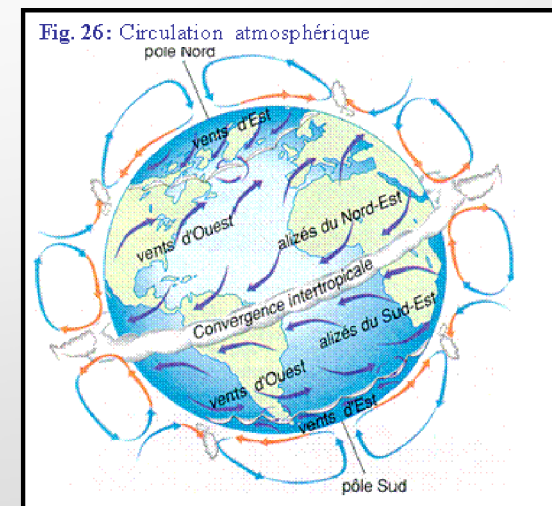
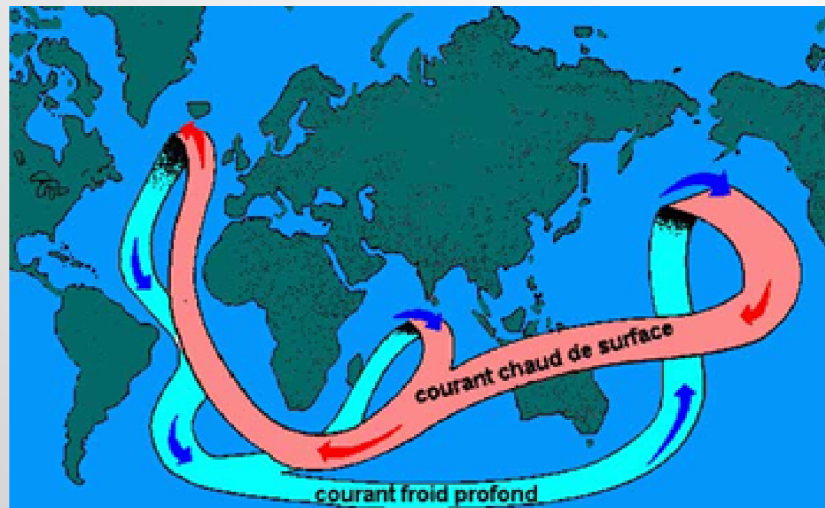
Trois avancées majeures concrétisent une révolution systémique dans la compréhension des états moléculaires dits « complexes et organisés »

La vision systémique de l'organisation des états vivants et de la nature des processus d'organisation permet de mettre en évidence trois de ses éléments fondamentaux :

1. La **finalité dissipative** de l'état vivant comme étant sa "*raison d'être*", à priori paradoxale et encore souvent sous-estimée ;
2. **La nature intrinsèquement ago-antagoniste ou symbiotique** des états organisés ;
3. La nature **stochastique et probabiliste** des processus dans la multiplicité des **mécanismes de régulation**.

L'équilibre thermique de la planète Terre : un système (thermo)dynamique dissipatif « localisé » !

- Ses échanges thermiques sont principalement assurés par les grands courants atmosphériques et marins et soumis à des boucles de rétroaction positives et négatives.
- Ces boucles de rétroaction ont des constantes de temps très différentes les unes des autres.

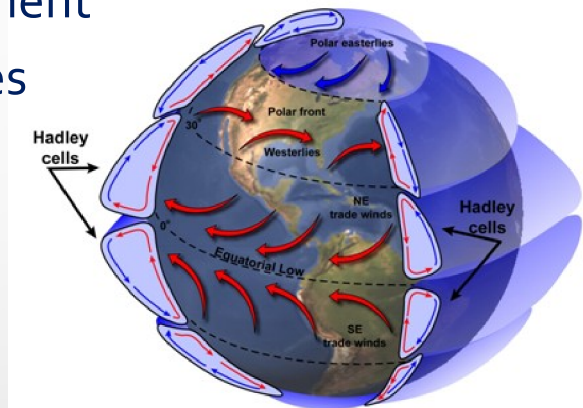


Les systèmes anticycloniques : des catalyseurs d'équilibre thermodynamique

- Au delà de certains « *seuils critiques* » de déséquilibre de températures entre océan et atmosphère, des systèmes (anti)cycloniques émergent aléatoirement (*mais pas « par hasard ! »*) comme des « structures dissipatives » de la chaleur ;
- Si de tels systèmes émergent, c'est précisément parce qu'ils favorisent, en la maximisant, cette évolution du système planétaire vers un état ultime d'uniformité énergétique :

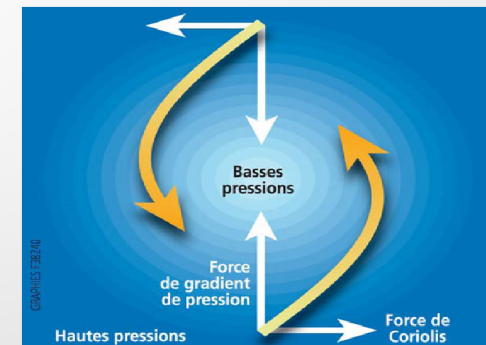
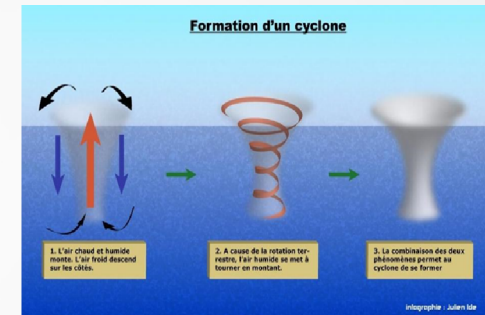
c'est leur « raison d'être » !

- Uniformité qui constitue un *attracteur* qui donc une forme de « finalité » en rien « intentionnelle ».



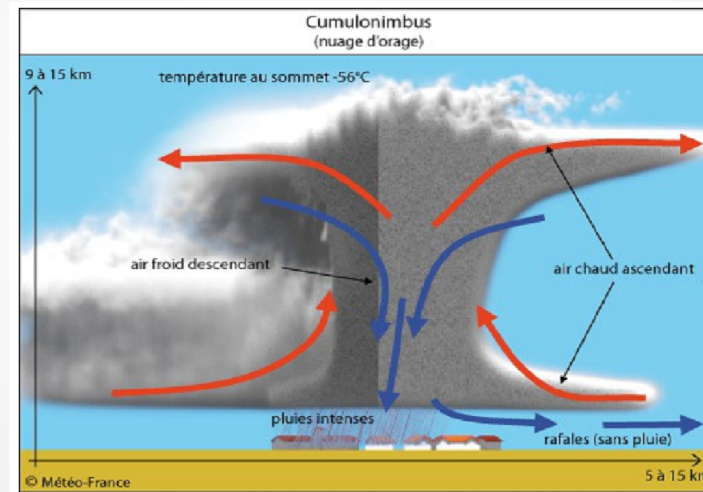
Le moteur dissipatif du cyclone : un couplage dissipatif de deux forces ou flux

- En raison de la rotation de la Terre, une force de déviation circulaire, dite *force de Coriolis*, s'exerce sur les corps, y compris l'air (les vents) en mouvement à la surface du globe ;
- Dès lors, les vents s'intensifient, l'évaporation s'accroît et les flux ascendants de vapeur d'eau chauffée commencent alors à tourbillonner ;
- Le cyclone vient de naître formant des nuages car plus en hauteur la chaleur se dissipe et la vapeur se condense .



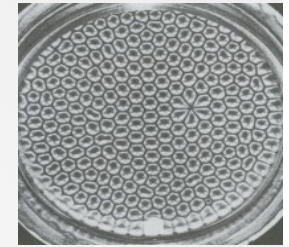
Un état de résonance supraconducteur d'entropie

- L'analyse du phénomène montre que l'organisation spatio-temporelle dynamique résultant du déséquilibre thermique correspond à une forme **de résonance** établie par le couplage des deux forces ;

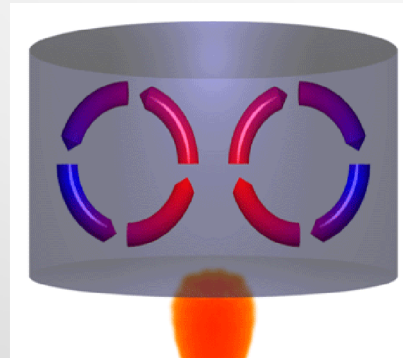
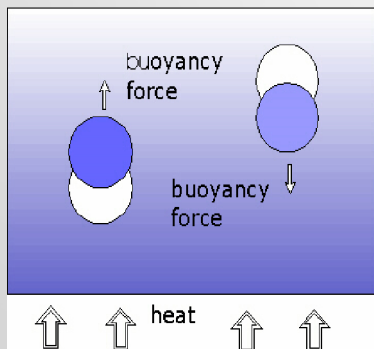


- Etat de résonance créé du fait de la géométrie locale (ou topologie) même du système ;
- Celui-ci étant lui-même catalysé par une autre propriété intrinsèque des éléments du milieu matériel : la variation de densité des molécules sous l'effet de la chaleur.

Un autre exemple-type de couplage dissipatif : les “cellules” de Bénard- Raleigh



- Une boîte de Pétri chauffée uniformément produit un flux thermodynamique de chaleur au sein du liquide qu'elle contient, **le côté froid constituant un puits de dissipation** ;
- Le gradient de température ainsi créé dans le liquide entre les deux plaques induit d'abord une diffusion passive de chaleur par simple conduction ;
- Au-dessus d'un *seuil critique*, la chaleur réduit localement la densité spécifique du liquide, ce qui induit la formation de multiples petites “cellules” étonnement similaires aux nids d'abeilles ou aux coraux marins, qui entraînent la convection du liquide (Archimède) ;



Cellules de Bénard



Massif de corail

- Au contact de la plaque froide, qui induit la dissipation de la chaleur, les molécules redeviennent plus denses **et la force de gravitation ré-entraîne le liquide vers le bas.**

La *raison d'être* d'un cyclone (1) : une dimension thermodynamique incontournable



- En définissant les notions de "**structure dissipative**" et de "**bifurcation**", Ilya Prigogine (1946) introduisit la possibilité de décrire l'apparition et l'évolution de systèmes macroscopiques complexes, physico-chimiques, mais aussi biologiques, voire sociologiques.
- Ces systèmes macroscopiques "localisés" sont nourris par le flux thermodynamique loin de l'équilibre du milieu qui les entoure.
- Prigogine décrit les conditions dans lesquelles de telles structures dissipatives se forment spontanément et se maintiennent dans le temps.

:

La *raison d'être* d'un cyclone (2) : une dimension thermodynamique incontournable



- Prigogine décrit les états dissipatifs de la matière, tel un cyclone, comme le produit de **processus couplés** catalysés par des interactions de forces à longue portée ;
- Certains de ces états moléculaires organiques dissipatifs génèrent **plus de catalyseurs qu'ils n'en consomment** ;
- Cela crée un **potentiel de reproduction des cycles dissipatifs** et l'évolution vers des états plus stables : les états dits « vivants » de la matière ;
- Cela ouvre aussi un potentiel d'augmentation de leur capacité dissipative **par accroissement de leur complexité.**

La *raison d'être* d'un cyclone (2) : Une production maximale d'entropie (MaxEP)

- Si Prigogine a montré qu' "*une structure dissipative **proche de l'équilibre** est caractérisée par une vitesse **minimale** de production d'entropie* " ..

**dans sa phase de croissance et de maturité,
une structure dissipative est loin de l'équilibre ;**

- Et ce qui caractérise une structure dissipative loin de l'équilibre, c'est au contraire le fait que son système organisé est dans un *état dynamique stationnaire* caractérisé par **un taux maximal de production d'entropie** (Wicken, 1983, Swenson, 1991, Dewar, 2003).
- Cet état étant favorisé et «sélectionné» par le fait même qu'il contribue à ce que le système au sein duquel il a émergé **atteigne le plus rapidement et efficacement possible son état d'équilibre** et d'entropie maximale, conformément à la seconde loi de la thermodynamique.



Ilya Prigogine



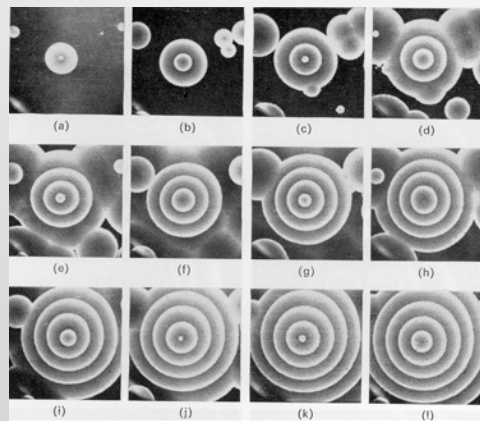
Jeffrey S. Wicken
(1942–2002)



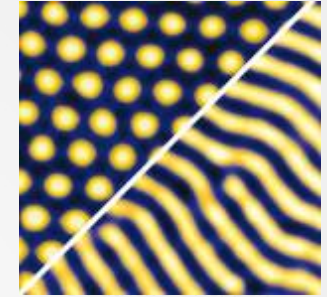
Roderick Dewar

La réaction oscillante de Belousov et Zhabotinski

- Cinq composés organiques proches de ceux impliqués dans le *cycle de Krebs* d'oxydation cellulaire sont mélangés dans une boîte de Pétri à température ambiante avec des ions bromate BrO_3^- , de l'acide citrique ou maléique, en présence d'ions Ce^{4+} qui jouent le rôle de catalyseur ;
- La solution oscille alors entre deux états, dont l'évolution est périodique et apparaissent en surface des ondes de concentration, ce, pendant près d'une centaine de cycles, jusqu'à épuisement d'un des réactifs.



Le modèle de morphogénèse d'Alan Turing



- A la même époque (1952), Alan Turing explique la morphogénèse par le phénomène spontané de « *brisure spontanée de symétrie* » produit par la dynamique d'un couplage, dans un système de réactions chimiques alimenté en continu, entre la diffusion des réactifs et des produits de réaction ;
- L'échelle spatiale des motifs correspond aux variations spatialement périodiques des concentrations des espèces chimiques ; elle est sans commune mesure avec les échelles moléculaires des processus sous-jacents, ceci (dé)montrant le caractère émergent de leur formation ;
- Turing parle d'« ondes stationnaires » pour désigner les motifs, mais le terme ne doit pas prêter à confusion avec les équations d'onde décrivant la propagation du son ou de la lumière.
- Ce s'apparente à un phénomène de résonance, bien connu dans l'étude des pendules et autres oscillateurs, phénomène ne nécessitant ni programme préalable, ni prescription extérieure.

Les systèmes dissipatifs : un « paradoxe fondamental » (°)

De l'ordre qui émerge localement pour favoriser l'uniformité (dés-ordre) du système plus global duquel il émerge !

un système organisé dissipatif est donc **conjointement** :

- D'une part, un processus néguentropique qui contribue à l'augmentation locale de l'ordre et la contrainte dans ces systèmes dits organisés ;
 - Les composantes en sont couplées symbiotiquement, comme dans le cas du cyclone ou de la réaction de Bénard;
 - Elles deviennent alors mutuellement contraignantes avec des mécanismes de flexibilité (ex : feed-back) associant des processus de compétition et de relations coopératives.
- D'autre part, un processus entropique de dissipation de l'énergie captée, et donc de réduction de l'ordre du système *global*, conformément à la contrainte décrite par la seconde loi de la thermodynamique.

Complexité
néguentropique



Dissipation
entropique

(°) Il y eu un groupe de l'AFSET *Stratégies Paradoxaes*, qui préfigura celui propre à l'AFSCET, et qui concern les **stratégies bipolaires et les stratégies unipolaires paradoxales**, mais aussi les présupposés épistémologiques sans lesquelles ces stratégies sont inapplicables. <http://www.afscet.asso.fr/grpeEBW.htm>



L'intuition d'un visionnaire ...

"La vie est le résultat d'une collaboration étroite ou en d'autres termes d'un conflit entre deux facteurs, l'un extérieur, l'autre interne, dont il est illusoire de chercher à fixer l'importance relative puisque'ils sont également impuissants l'un sans l'autre. »

Claude Bernard

L'application de la loi de maximisation de la production d'entropie aux systèmes macromoléculaires biologiques



Alfred Lotka

- Alfred Lotka fut le premier à formuler explicitement le fait que les structures biologiques « *maximisent le flux d'énergie qui les traverse* » ;
- Dans un article du PNAS de 1922, il affirme que la sélection naturelle fonctionne comme réponse à une 3^{ème} loi de la thermodynamique en favorisant les organismes les plus aptes à survivre et à reproduire la sélection maximisant le taux global de dissipation de l'énergie ;
- Il faudra attendre Prigogine, Swanson, Dewar ou Per Bak et quelques autres avant que cette notion prenne tout son sens au travers des sciences au travers de la formulation de cette 3^{ème} loi, dite « MEP »...

Référence : Alfred Lotka, ***Natural Selection as a Physical Principle*** PNAS 1922 – 8, p 151

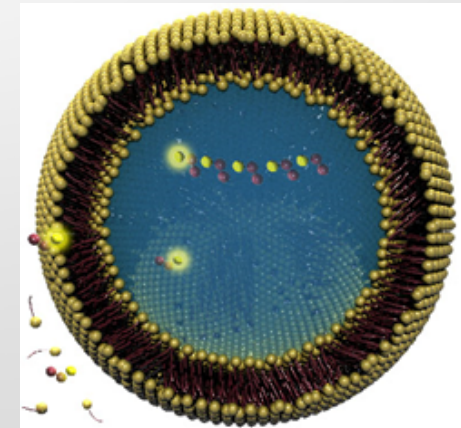
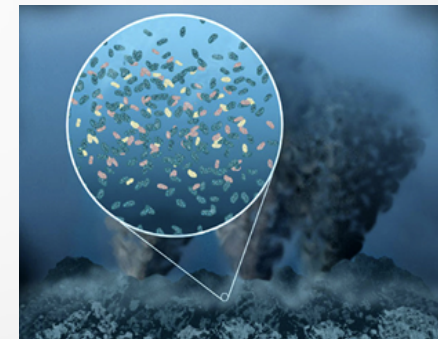
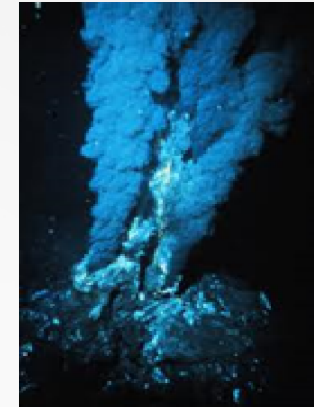
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1085053/pdf/pnas01891-0035.pdf>

Voir aussi : François Roddier : « **Thermodynamique de l'évolution - Un essai de thermo-bio-sociologie** »

<https://www.editions-parole.net/thermodynamique-de-levolution-de-francois-roddier/>

Des systèmes de dissipation chimique aux systèmes de dissipation biologique

- Durant des millions d'années, au hasard de combinaisons chimiques, des ensembles moléculaires capables de produire de tels « cycles dissipatifs d'énergie » se sont formés ;
- le processus fondamental est aussi un processus de couplage dynamique et localisé entre deux forces agissant de façon complémentaire ou "symbiotique";
- ce couplage est celui de réactions enzymatiques entre molécules captant l'énergie (des ARN ?) avec celles qui dissipent ("consomment") cette énergie.
- Initialement, ces « bulles » se seraient formées dans le sillage des sources géothermales du fond des océans ;
- Plus tard, ces bulles ont intégré par *endosymbiose* des structures capables de capter et dissiper l'énergie solaire via la molécule de chlorophylle.



Dès lors, pour-quoi il y a des arbres ?

Pour maximaliser la dissipation de l'énergie captée par la surface terrestre !

- *« On ne peut en tout cas - en considérant la plante - qu'admirer l'intuition d'Aristote en sa théorie des éléments : dans la plante on trouve les quatre éléments : terre, eau, air et feu (la lumière) ;*
- *La plante est un mixte cinétique de ces quatre éléments :*
 - ***la terre** fournissant l'axe de cette rotation,*
 - ***la lumière** fournissant l'énergie motrice,*
 - ***l'eau et l'air** étant **des fluides vecteurs de l'énergie mise en jeu** .»*



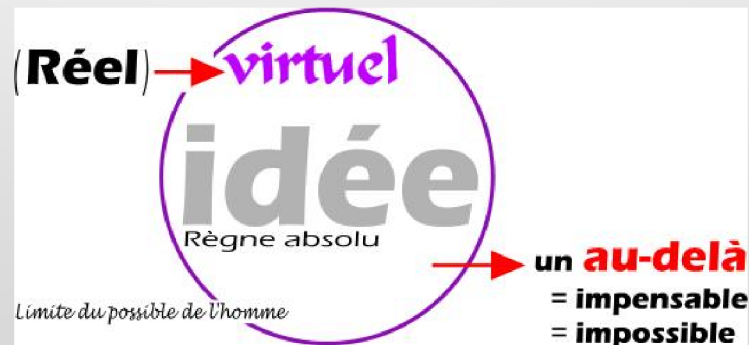
Un arbre d'une forêt tempérée évapore jusqu'à 500 L d'eau/jour soit 30t/hectare

La transpiration d'une surface plantée est équivalente à 6 fois l'évaporation d'un plan d'eau de même taille.

« *Ceci n'est pas un arbre* » ou un bel exemple de renversement « copernicien » !

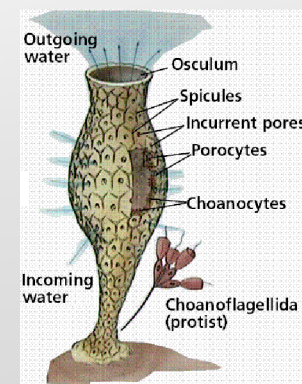
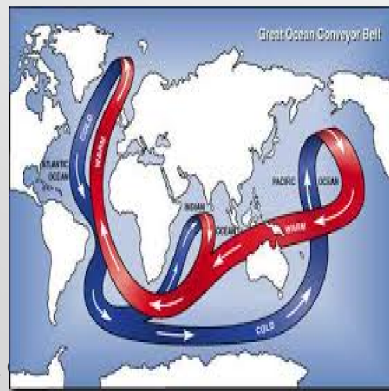


L'eau ne « sert » donc pas principalement à
la croissance de la plante,
C'est la plante qui « sert » à l'évaporer !!



MaxEP : des processus comparables à tous les niveaux d'organisation

- Localement, de la matière peut donc s'ordonner, s'organiser à l'échelle **macroscopique** pour favoriser la croissance du désordre entropique à l'échelle **microscopique** !!!
- Au niveau d'un point dit "**critique**", c'est un couplage de forces thermodynamiques qui va spontanément créer entre un grand nombre de molécules des interactions qui vont produire des structures résonantes "organisées" qui accélèrent **et maximisent la dissipation entropique de l'énergie** ;
- Du cyclone à l'arbre, de l'animal à la cité, le principe est identique.

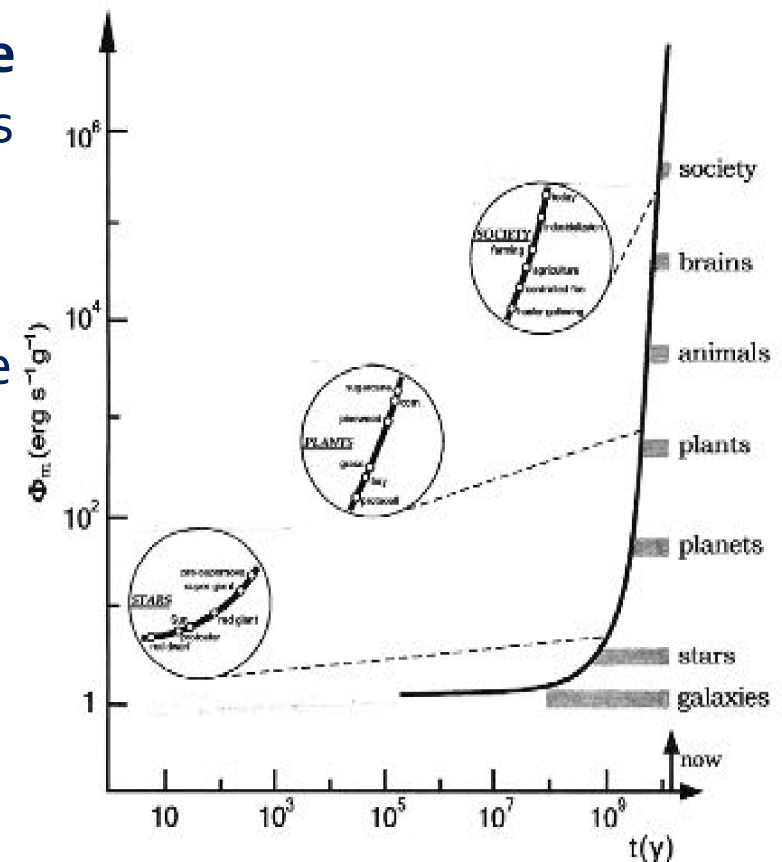


La dissipation de l'énergie : un phénomène thermodynamique universel



- Ces mécanismes dissipatifs se manifestent à **toutes les échelles de la matière**, des molécules à l'univers entier, de l'amibe à la société humaine, technologique comprise.
- Eric Chaisson a produit un graphique montrant l'évolution de la capacité dissipative dans l'histoire de l'univers.
- Par unité de masse, le cerveau humain dissiperait ainsi 50.000 fois plus de flux d'énergie que le soleil.

http://www.tufts.edu/as/wright_center/eric/reprints/big_history.pdf



Les propriétés d'une structure dissipative organique

Ses trois principales propriétés sont:

- 1 ° la propriété de la catalyse qui permet, dans des conditions énergétiques appropriées, de modifier localement les équilibres thermodynamiques et d'induire des processus de diffusion moléculaire ou de «convection», produisant la rupture de symétrie à l'origine de l'émergence topologique d'un état dynamique ;
- 2 ° la propriété d'empreinte et de complémentarité entre molécules à l'origine d'un potentiel "mémoire" via l'auto-réplication catalysée ;
- 3 ° la propriété d'«adaptation» résultant de la variabilité intrinsèque du processus de réplication. Les variantes sont spontanément «sélectionnées» au sens de darwinien quand elles «globalement» mieux «adaptent» les conditions de résilience de l'état dissipatif stationnaire.



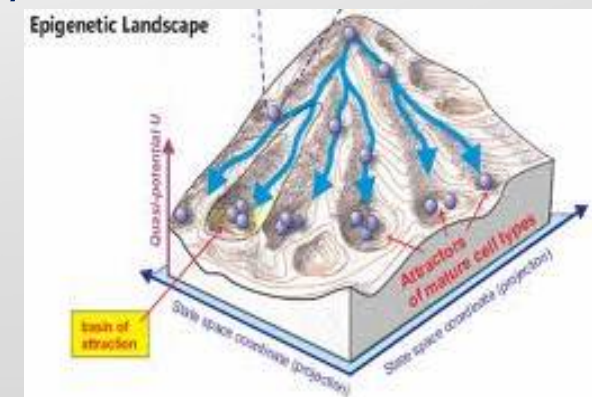
2. « Comment il y a des arbres ? »

**Les processus ago-antagonistes
de couplages dissipatifs**

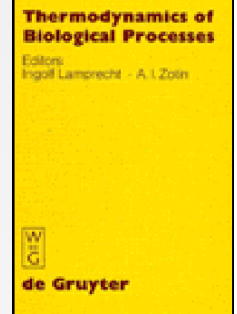
Structure et évolution thermodynamique d'un organisme pluricellulaire



- Comme développé par Zotin à la suite de Prigogine et Wiame, chaque organisme commence son développement avec un haut taux spécifique de production d'entropie.
- Deux états le caractérise alors :
 - un état final correspondant à l'équilibre thermodynamique ;
 - des états stationnaires provisoires à haute capacité dissipative qui peuvent être associés à la notion d'équilibre homéostasique ;
- Cet équilibre homéostasique évolue dans le temps en fonction des contraintes thermodynamiques et épigénétiques : ce sont les phénomènes de croissance et de vieillissement ;
- Il correspond assez au concept d'homéorhèse introduit par Conrad Waddington.



Déviations inductives et constitutives des états d'équilibres dissipatifs biologiques

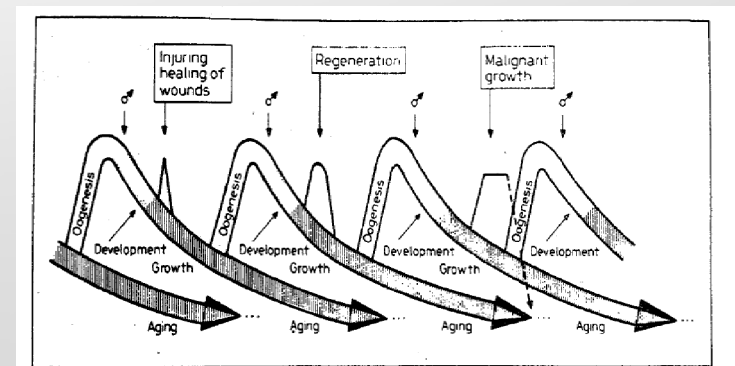
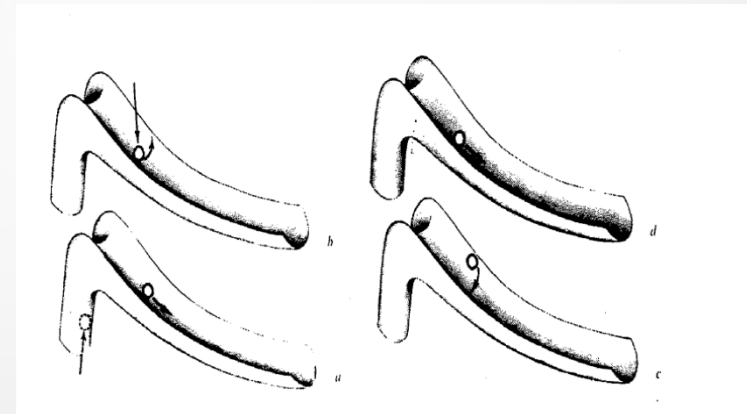


- Deux types de déviations de ces états d'équilibre stationnaire peuvent être observées en réaction aux perturbations subies par les organismes vivants :

- **les déviations inductives**, résultant de la variation transitoire de facteurs physiologiques autour de l'état stationnaire **d'homéostasie**; c'est l'image du mouvement latéral de la bille sur les parois de la rigole ;

- **les déviations constitutives**, correspondant à une variation du mouvement vers l'équilibre final et donc de **l'homéorhèse** : C'est le mouvement de la bille vers le bas par rapport à la rigole (vieillesse), ou vers le haut (régénération).

Les mouvements hors de la gorge. décrivent les réactions pathologiques (cancer)



L'ago-antagonisme : au cœur des processus d'émergence et de complexité



- Pour Elie Bernard-Weil , aucun terme unique ne peut, à lui seul, définir un thème de la science des systèmes ;
- Sa théorie des systèmes ago-antagonistes considère alors que tout phénomène émergent est constitué par un système comprenant au minimum deux éléments qui ne peuvent coopérer que s'ils ont des effets « opposés » : le cœur par exemple ;
- Mais il ne s'agit pas seulement de systole et de diastole propre à l'activité cardiaque ; il s'agit tout autant :
 - **du jeu alterné** des facteurs de croissance et des facteurs d'anti-croissance ;
 - des facteurs qui mettent au repos ou activent le système immunitaire ;
 - **du rôle joué par le déséquilibre du couple formé** par les corticostéroïdes et la vasopressine dans le développement des gliomes cérébraux ;
 - d'une manière plus générale, **des régulateurs**, hormonaux ou non, mettant en jeu les processus de stimulation ou d'inhibition.).
- Il semble qu'il n'y a pas en physiologie d'exceptions observables à cette règle.

Les couplages synergiques au cœur de la dynamique des systèmes complexes

- Le concept d'**ago-antagonisme** caractérise ce **couplage synergique de forces** dont un des pôles produit des actions de même sens sur son autre pôle (**agonisme**) et des actions d'opposition sur une partie du récepteur de ces forces (**antagonisme**) ;
 - la norme agoniste, prescrivant les valeurs absolues de ces forces et ainsi un certain degré d'intensité à ces forces en relation avec les circonstances ;
 - la norme antagoniste qui détermine les valeurs relatives assurant l'égalité de ces forces, au moins quand le système est au repos ;
- Le **modèle ago-antagoniste** est alors celui de **l'émergence d'un équilibre dynamique** (homéostasie) et de croissance (ou de décroissance). réalisé grâce à ce couplage symbiotique de forces ;
- Cette notion dépasse donc celle très réductrice du **classique couple d'opposition** (voire de feed-back), comme celui du clair et l'obscur des Présocratiques ;
- Cela rejoint plutôt celle du **couple du yin et du yang**, qui n'est pas l'opposition à laquelle l'esprit occidental réduit parfois cette notion fondamentale du taoïsme.

L'ago-antagonisme : au cœur des processus moléculaires d'émergence et de complexité



- Un double couplage dynamique caractérise donc le cyclone :
 - un couplage agoniste qui s'établit entre le flux (la force) du courant d'évaporation conductive et celui, indépendant induit par la force de Coriolis ;
 - un couplage antagoniste (*du type feed-back cybernétique*) entre les densités du vecteur aquatique ;
- Tout système dynamique organisé est donc en réalité irréductible à une causalité efficiente unique du fait de la coexistence intrinsèque en son sein de ces deux pôles (°) ;
- Cette combinaison impose une évolution du concept d' « auto-organisation » ou de « complexité » qui correspond assez à la notion des **hypercycles** qui seront évoqués plus loin.
- C'est le concept d'hétéro-organisation proposé par Elie Bernard-Weil.

Agoniste : se dit d'une substance qui se fixe sur les mêmes récepteurs cellulaires qu'une substance de référence et qui produit, au moins en partie, les mêmes effets

Les systèmes ago-antagonistes : des états synergétiques dissipatifs « normés ».

- Ce modèle de couplages synergétiques s'inscrit bien dans le **modèle de structures dissipatives**, proposé par Ilya Prigogine dans le cadre de la thermodynamique loin de l'équilibre ;
- Cependant, selon Bernard-Weil, il en constitue un groupe à part, car il établit des **normes d'équilibration** (ou d'homéostasie) qui sont « émergentes » par rapport aux caractéristiques fonctionnelles de la structure initiale :

*« Équilibration, c'est **le résultat**, tandis que « loin de l'équilibre » fait seulement allusion aux mécanismes par lesquels opère l'équilibration (aussi bien que la déséquilibration) – qu'il s'agisse :*

- *d'une équilibration asymptotique (fixe) ;*
- *ou sous forme de cycle-limite (oscillante) ou même d'une dynamique chaotique. »*

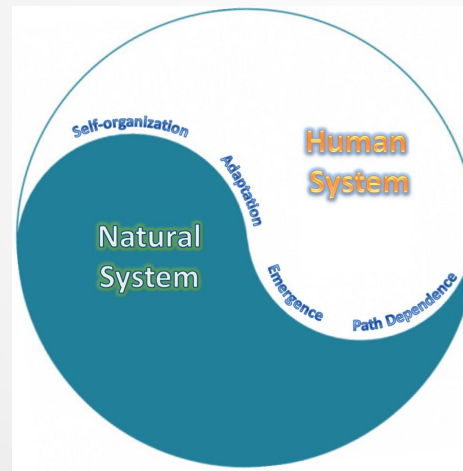
Du paradigme de l'auto-organisation à celui d'hétéro-organisation synergétique

- Parce que résultant du **couplage** ago-antagoniste de deux constituants (deux forces) distincts et relativement indépendants, voire exogènes, ces états symbiotiques de résonance peuvent être plus strictement considérés comme des phénomènes **d'hétéro-organisation** plus que de simple auto-organisation ;
- Ces systèmes hétéro-organisés constituent ce que Elie Bernard-Weil nomme un **non-modèle**, siège de ce qui n'est pas totalement déterminé par ses seules causes efficientes, donc non modélisable avec le modèle réducteur traditionnel ;
- C'est en effet ce caractère hétérogène d'un système **qui permet de mener à l'émergence de liberté, d'innovation, de créativité** et de certaines formes de « **décision** ».

Entre symbiose et résonance, l'hétéro-organisation comme intégration « taoïste » du tout et des parties

?

- Roberto Fondi nous rappelle que Pythagore et ses disciples étaient déjà arrivés à la conclusion qu'il existait une étroite concordance entre les lois de la nature, de l'homme et de la musique ;



- Et la nécessité d'échapper au paradigme des seules « causes efficientes » qui nous en masque le caractère « irréductible », était déjà si bien évoqué par *Blaise Pascal* dans sa célèbre citation :

« Je tiens impossible de connaître les parties, sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître les parties. »

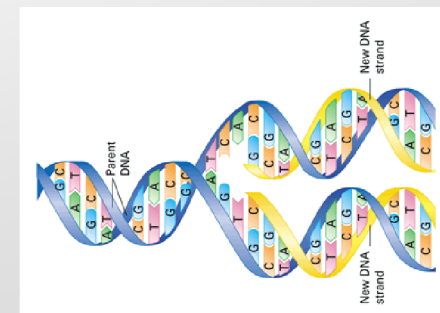
La symbiose entre chaos et ordre dans la pensée chinoise

- Les Chinois des temps anciens, souligne Ekeland, reconnaissaient que le Chaos et l'Ordre étaient liés.
- Dans les mythes Chinois, le dragon représente le principe de l'Ordre, le Yang qui émerge du Chaos.
- Dans certaines histoires chinoises de la création, un rayon de lumière pure, le Yin, émerge du Chaos et construit le ciel. Le Yin et le Yang agissent ainsi pour créer l'Univers.
- Mais même sortis du Chaos, le Yin et le Yang conservent leurs qualités. L'excès de l'un des deux ramène le Chaos.



Les états organisés de la matière organique : un *état de résonance* supraconducteur d'entropie

- Les états dits « vivants » de la matière moléculaire s'inscrivent pleinement dans cette description thermodynamique ;
- Le bi-pôle ago-antagoniste étant constitué par des relations catalytiques entre molécules organiques ayant entre elles des affinités dites allostériques (« enzymes ») ;
- Certaines relations allostériques entre molécules organiques ayant en particulier la capacité de reproduction de leur propre structure par empreinte, cette propriété de reproduction caractérisera un état dissipatif qualifié de « vivant » .



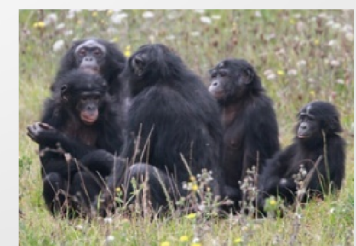
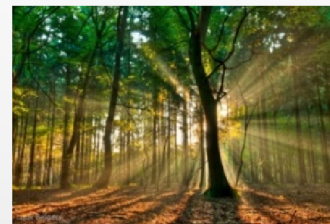
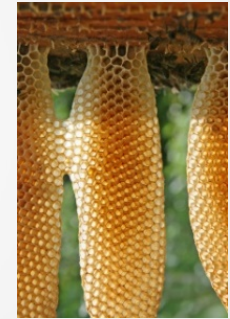
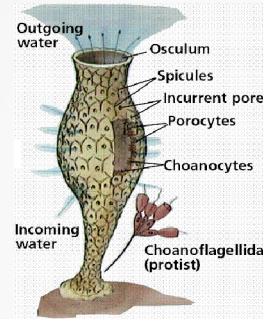
Emergence des couplages dissipatifs organiques

- Il y aurait eu formation spontanée d'agrégats moléculaires de grosses molécules organiques pour former de gros agrégats colloïdaux appelés coacervats, ceux-ci produisant notamment des couplages chimio-chimiques, chimio-osmotiques, ...
- Une couche de molécules d'eau se forme autour des molécules organiques présentes dans les coacervats et les protège ;
- Les agrégats colloïdaux ont la capacité d'absorber de nouvelles molécules de leur environnement, comme des protéines et autres molécules ; la concentration locale élevée qui en résulte améliore le rendement des réactions chimiques ;
- Il en résulte une croissance de la coacervation ainsi que de la complexité interne, puis les coacervats se divisent en plusieurs petits ;
- Plus tard, des acides nucléiques (ARN) seront piégés dans les coacervats et leur couplage avec les coacervats de division deviendra plus précis et contrôlé ;
- Cette forme de coacervats est connue sous le nom d'éobiontes ou protocellules.

L'évolution de la dimension (éco)systémique dissipative : à tous les niveaux d'organisation

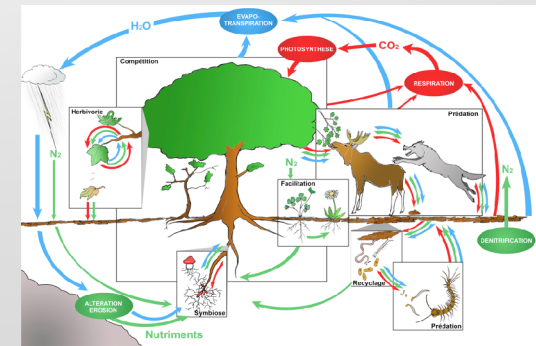
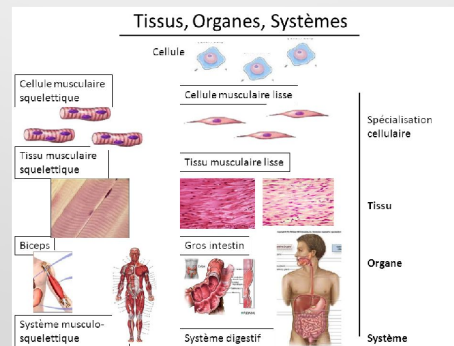
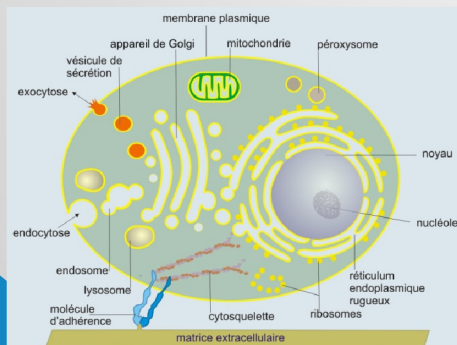
Exemples:

- la cellule et ses "organites" ;
- la cellule et l'organisme ;
- la fleur, la plante et le jardin ;
- l'arbre et la forêt ;
- l'abeille et le rucher ;
- l'individu et la tribu ;
- la maison et le village ;
- le soldat et l'armée ;
- l'entreprise et son marché..



De la multiplication (*des individus*) à la division (*des fonctions*) : l'accroissement de la résilience et de l'efficacité dissipative via l'évolution vers la complexité :

- L'évolution des états vivants de la matière se traduit, outre par leur multiplication, par **une diversification** et **une spécialisation** des fonctions au sein d'une organisation globale homogène :
 - cellules : et leurs «**organites**» : *noyau, mitochondries, lysosomes, membranes* ;
 - organismes et leurs «**organes**» : *tube digestif, poumons, reins, foie, cerveau* ;
 - espèces et leur «**diversité**» : *photosynthétiques, saprophytes, carnivores,*



Symbioses et hypercycles dans l'émergence des systèmes dissipatifs biologiques

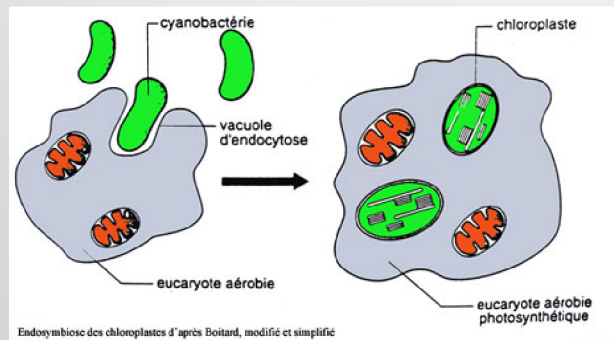
- Les relations symbiotiques, mutuellement bénéfiques, peuvent fonctionner au niveau organique sous la forme d'*hypercycles* constitués d'un ensemble de deux ou plusieurs espèces moléculaires auto-répliquatives interconnectées dans un réseau catalytique cyclique ;
- La superposition de ces phénomènes de catalyses croisées dans la réplication de cet hypercycle favorisera l'émergence de *supra-systèmes hologrammatiques*, de second ordre (ou plus) d'auto-catalyse non linéaire plus complexes.
- L'émergence de tels systèmes supra-symbiotiques (*comme les organismes multicellulaires*) sera en mesure de dissiper, plus efficacement plus que tout hypercycle individuel, les ressources énergétiques existantes.

Emergence of symbiosis in peptide self-replication through a hypercyclic network.

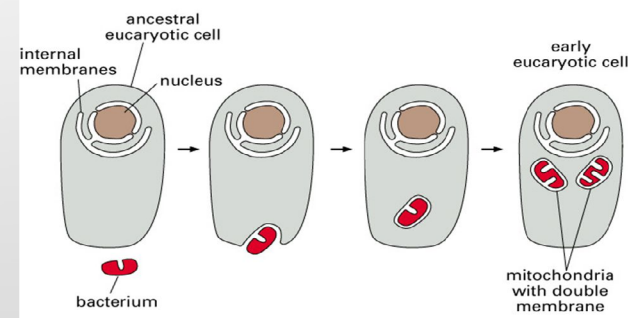
David Lee et al. *Nature* **390**, 591-594 (11 December 1997)

Les phénomènes d'endosymbiose, ouverture énergétique vers la complexité multicellulaire

- Dans les années 1920, **Ivan Wallin** suggéra que les chloroplastes et les mitochondries trouvaient leur origine dans **des bactéries symbiotiques** ; L'endosymbiose mitochondriale avait été proposée **par Konstantin Merezhkovsky** dès 1905 fut ensuite reprise en 1967 par **Lynn Margulis** ;
 - Il en résulta **une capacité accrue de captation énergétique** : photosynthèse via les chloroplastes, cycle de Krebs d'oxydation du glucose via les mitochondries ;
 - Elle qui permit **l'émergence des cellules eucaryotes** (*pourvues d'un noyau*) et ouvrit **la voie aux organismes pluricellulaires** : champignons, végétaux, puis animaux.
- Origine des cellules végétales

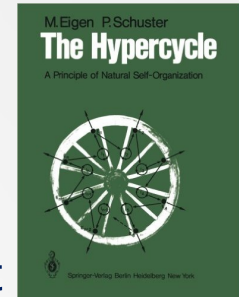


• Origine des mitochondries



On the origin of mitosing cells. Lynn Sagan, J Theoret Biol, 14-3 225-274, 1967
: <http://www.biologyreference.com/Ce-Co/Cell-Evolution.html#ixzz32llqmV74>

Symbioses, hypercycles et complexité au sein des systèmes biologiques



- Des relations symbiotiques, mutuellement bénéfiques, peuvent fonctionner au niveau moléculaire sous la forme **d'hypercycles**, (*notion développée par Manfred Eigen*), un ensemble de **deux ou plusieurs espèces auto-répliquatives interconnectées** dans un réseau catalytique cyclique : acides nucléiques et protéines essentiellement ;
- La superposition de ces phénomènes de catalyses croisées dans la réplication intègre les éléments constitutifs de cet hypercycle en un seul système qui produit un niveau de second ordre (ou plus) d'auto-catalyse non linéaire ;
- L'ensemble des éléments d'un hypercycle sont donc en mesure de « bénéficier », plus efficacement que tout élément individuel, des ressources énergétiques existantes ;
- En outre, les effets bénéfiques de mutations d'un élément quelconque sont alors répartis sur l'ensemble du système.

Hyper-couplages synergétiques dissipatifs dans l'émergence évolutive des processus biologiques

- anabolisme/catabolisme ;
- hétérocycles ARN/ADN et ARN/protéines ;
- noyau/ cytoplasme ;
- cellule/chloroplastes ;
- noyau/mitochondries ;
- génétique / épigénétique ;
- ago-antagonistes homéostasiques (*ex : hormonaux*) ;
- organisme /symbiontes : *intestinal et épidermique*
- reproduction sexuée ;
- systèmes écologiques (éco-systèmes) ;
- hémisphères cérébraux, inné/acquis : instinct, apprentissage, culture ;
- passion-raison (E. Morin) ;,
- libéralisme individuel : communautarisme social ; ...

Le concept de *symbionomie*

- Dans *L'Homme symbiotique* (1995), Joël de Rosnay a également élargi la théorie générale de l'auto-organisation biologique à la notion plus générale de dynamique de systèmes complexes ;
- Il a proposé le terme de ***symbionomie*** pour décrire l'ensemble des phénomènes couverts par cette théorie ;
- Ces modèles bi-polaires impliquent une mutation du classique concept d'organisation ou de « complexité » biologique, que ce soient pour :
 - les couples *génotype - phénotype* (les gènes et les protéines régulatrices de l'activité des gènes) ;
 - les couples *instruction – sélection*, comme dans les phénomènes d'hypermutations somatiques en réponse à des antigènes;
 - Les couples de régulation génétique- épigénétique.
- Ce qui rejoint le concept **d'hétéro-organisation** comme caractérisant les états symbionomiques puisqu'ils résultent de l'association ago-antagoniste de deux constituants (deux forces) distinctes .

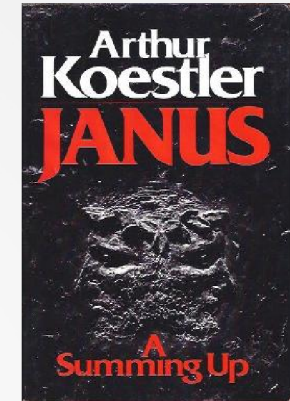
Une intuition du processus d'émergence des systèmes dissipatifs ...

« Sans **repliement sur soi de la Matière**, avons-nous reconnu, c'est-à-dire sans chimisme clos des molécules, des cellules et des rameaux phylétiques, il n'y eût jamais eu ni Biosphère, ni Noosphère.

Dans leur apparition et leur développement, Vie et Pensée, sont, non seulement par accident, mais structurellement, **liées aux contours et au sort de la masse terrestre.** »

« On pourrait dire que chaque être est construit (dans le plan phénoménal) comme une ellipse, sur deux foyers conjugués : un foyer d'organisation matérielle et un foyer de concentration psychique, **les deux foyers variant solidairement**, dans le même sens. »

Couples dissipatifs et la notion de holon



- **Arthur Koestler** déjà, définissait une structure comme **un holon à double face de Janus** :
 - - une face tournée vers l'intérieur avec une finalité et donc une autonomie propres ;
 - - une face tournée vers l'extérieur avec un comportement externe qui s'intègre dans la finalité de la structure de rang supérieur constituant un environnement proche.



« L'autonomie d'un holon doit être affirmée alors même que cette structure est emboîtée dans une structure de rang supérieur qui a sa propre finalité. »

- Cette notion rejoint aussi celle de **yin-yang** propre à la pensée extrême orientale résultant de la dynamique de ces deux principes, l'unité dans la dualité.

Pour un couplage ago-antagoniste ... de la démarche analytique et de la démarche systémique ... !

- **Mieux intégrer les dimensions ago-antagonistes et dissipatives dans le cadre de la théorie des systèmes** : cela lui permettrait de mieux intégrer tous les résultats de l'observation expérimentale, tant physiques que thermodynamiques, physio-pathologiques autant que sociologiques. ...
- **Une théorie de l'organisation dynamique du vivant** (et de son dysfonctionnement) (re)construite sur cette base devrait être mieux à même de rendre compte de sa réelle nature, de ses limites et de ses dysfonctionnements.
- Cela ouvrirait au-delà la voie **au concept d'altruisme fonctionnel**, allant bien au-delà de la conception réductrice de la seule « loi du plus fort » ou du « gène égoïste » et fournir une nouvelle dimension au fonctionnements des systèmes biologiques jusqu'à ceux, humanoïdes, que certains considèrent comme les plus « évolués » ...

Cette vision impose d'accepter de coupler approches réductive et systémique...

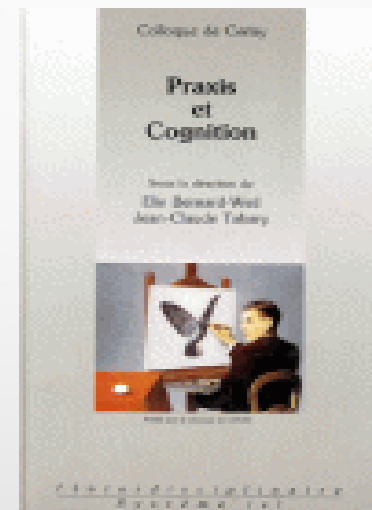
« Nous avons joué un rôle, non pas dans le rejet du concept d'auto-organisation, mais dans son nécessaire couplage avec celui d'hétéro-organisation (ou dans le couplage de l'émergence et de l'immergence) »

Théorie et Praxis des systèmes ago-antagonistes, 2003

- *« Toutes ces découvertes pourront être valorisées - quant aux inférences thérapeutiques - si la biologie moléculaire, science plutôt réductionniste, accepte de faire couple avec la science des systèmes, et particulièrement celle des systèmes ago-antagonistes. »*
- *« La systémique ago-antagoniste est au fond une science de la viabilité, qu'il s'agisse des sciences de la vie ou des systèmes artéfactuels. »*

Précis de systémique ago-antagoniste

Elie Bernard-Weil



La « division constituante », constituante d'une symbiose bipolaire organisée

- Le fonctionnement des réseaux ago-antagonistes est certes soumis aux lois de la "thermodynamique loin de l'équilibre", mais à condition de leur associer les lois de l'ago-antagonisme qui en sont distinctes ;
- Comme le souligne encore Elie Bernard-Weil, le système ago-antagoniste combine une série de propriétés incompatibles en principe entre elles : l'ouvert et le fermé, le chaos et l'invariance, la hiérarchie et l'autonomie, le simple et le complexe...,
- La "bonne rencontre", celle de l'équilibration dynamique entre les pôles, n'est donc possible que du fait qu'il existe une « division constituante » empêchant en permanence un contact direct entre les pôles ;

Les principales caractéristiques d'une symbiose ago-antagoniste

1. Structure bipolaire intrinsèquement constituante ;
2. Alliance des contraires ;
3. Stabilité du couplage loin de l'équilibre ;
4. Relation bipolaire hologrammatique ;
5. Polarité ambivalente des actions ago-antagonistes.



La balancelle : un modèle d'organisation ago-antagoniste

Adapté de : Elie Bernard-Weil : "La théorie des systèmes ago-antagonistes",
Revue Le Débat , n°106 , septembre/octobre 1999

Détail de ces principales caractéristiques d'un modèle de couplage ago-antagoniste

- 1. **Structure bipolaire intrinsèquement constituante** : Les entités constitutives du couple (forces, agents, sous-systèmes,...) se maintiennent ensemble à la fois dans la radicalité de leur opposition comme dans celle de leur coopération : Il n'y a de « juste milieu » des pôles constitutifs que dans leur jeu interactif ;
- 2. **Alliance des contraires** : caractérisée par une série de propriétés qui, à la fois, s'opposent radicalement et agissent dans le même sens dans un mode soit agoniste (coopératif) soit antagoniste le sont intrinsèquement : à la fois ouverts et fermés, synchroniques et diachroniques, centralisés et décentralisés, hiérarchisés et autonomes, simples et complexes ;
- 3. **Stabilité du couplage loin de l'équilibre** : celle des structures dissipatives en thermodynamique loin de l'équilibre : asymptotique, oscillante ou même partiellement chaotique ;
- 4. **Relation bipolaire hologrammatique** entre tous les niveaux d'organisation d'une structure complexe donnée qui dialectise hiérarchie et autonomie ;
- 5. **Polarité ambivalente des actions ago-antagonistes** présidant au fonctionnement de tels systèmes suivant la situation : négative et jouant en faveur de la stabilité et du retour à l'équilibre ou positive en jouant en faveur d'une « bifurcation » par accroissement des divergences ou "effet boule de neige") vers un nouvel état d'équilibre.

Trois aspects complémentaires du modèle ago-antagoniste à souligner

- 1. Homéostasie des états pathologique** : un sous-système ago-antagoniste déséquilibré aura tendance à s'opposer aux actions qui tentent de reconstituer les normes de l'ancien équilibre : un tel déséquilibre « pathologique » (*par exemple celui résultant d'une maladie chronique*) peut devenir en soi aussi stable que sa normalité (*ici la 'bonne santé'*) ce qui met en péril l'équilibre du système dissipatif plus global : organe, organisme, tribu, espèce, ... Le rétablissement de l'équilibre ne peut réussir qu'en y intégrant l'ensemble du couple et pas seulement le pôle « déséquilibré »
- 2. Ne pas confondre couple ago-antagoniste et couple simplement antagoniste** : un couplage ago-antagoniste est intrinsèquement un facteur d'ordre, qui ne réalise donc pas une simple équilibration entre ordre et désordre, *bien* versus *mal*, ... comme, par exemple un régulateur de Watt ;
- 3. Incomplétude du modèle ago-antagoniste** : s'il se retrouve en quelque sorte de manière fractale et hologrammatique à chacun des niveaux d'organisation d'un système, il serait illusoire, selon Elie Bernard-Weil, de l'imaginer comme un modèle universel englobant tous les modèles est illusoire. « *Tout se passe comme s'il existait en surplomb une sorte de méta-modèle qui échappe logiquement à tout essai de modélisation* ».

Les liens ago-antagonistes entre un (éco)système et son environnement

- Parmi les différents organismes de régulation existants dans un (éco)système il y a les mécanismes « d'oscillations » périodiques naturels permettant une certaine stabilité et persistance structurelle.
- Certains de ces mécanismes ont fait l'objet de formulations mathématiques très précises, comme par exemple les **équations de Volterra-Lotka qui formalisent le modèle proies – prédateurs**.
- Ce modèle illustre le principe mécanique d' **oscillation cyclique** des deux populations en quantité d'individus les constituant, entre offre et demande, entre croissance et décroissance ;
- Les uns qui se nourrissent des autres se développent puis disparaissent faute de proies suffisantes, ce qui permet au proies de proliférer à nouveau **et le cycle recommence**.

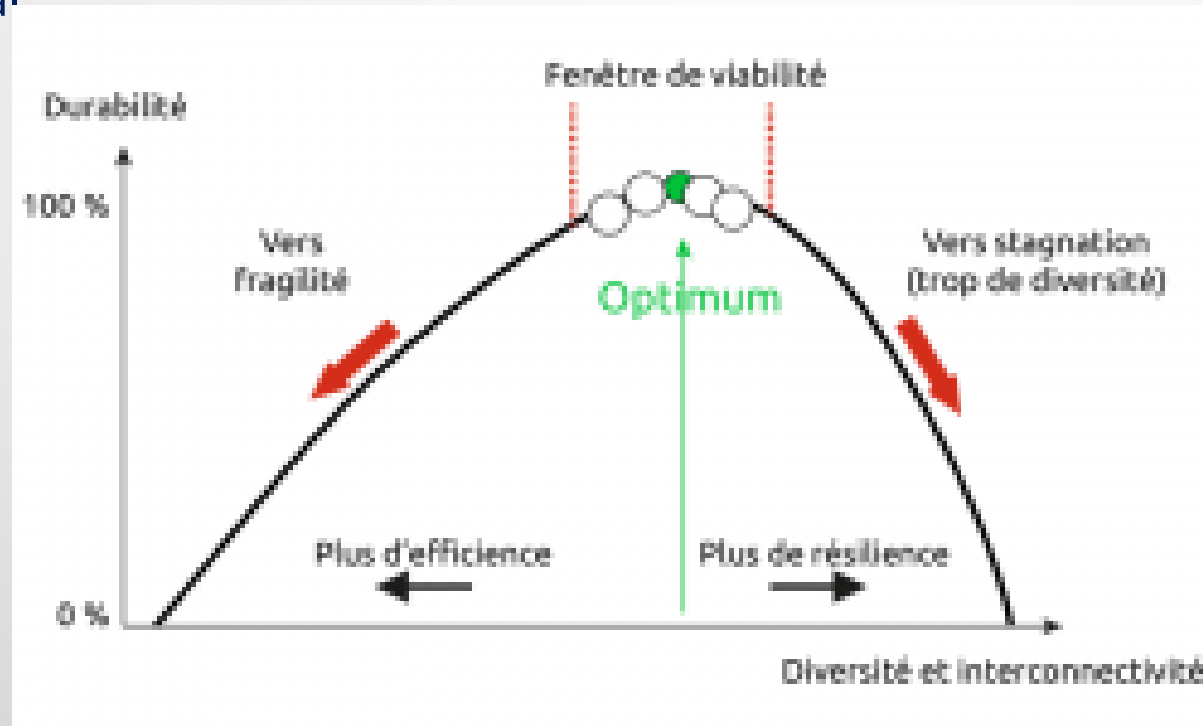
Un enjeu des systèmes dissipatifs : assurer l'équilibre ago-antagoniste entre résilience et efficacité

- Une cellule, animale ou végétale, est un écosystème formé par l'emboîtement et la juxtaposition de compartiments (*les organites intracellulaires*) qui ne forment plus qu'un ;
- Pour assurer sa résilience (survie), **il faut que chacun de ses acteurs survive** : "E PLURIBUS UNUM" : toute cellule est un ensemble de chaînes trophiques **en inter-actions solidaires** (avantages) et donc **moins autonomes** (inconvenients);
- Les flux de matière et d'énergie qui le constituent y fonctionnent en ***flux tendus où les aliments des uns sont les déchets des autres et réciproquement*** ;
- C'est ce que Pierre Bricage nomme des « **associations à avantages et inconvenients** » **réciroques et partagés** » ou *Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages* :

ARMSADA.

Un équilibre fondamental des couplages hétéro-organisés dans les systèmes dissipatifs vivants

- Pour assurer leur **efficacité** dissipative maximale, la **résilience** (ou stabilité) de ces couplages doit alors être assurée dans un équilibre optimal



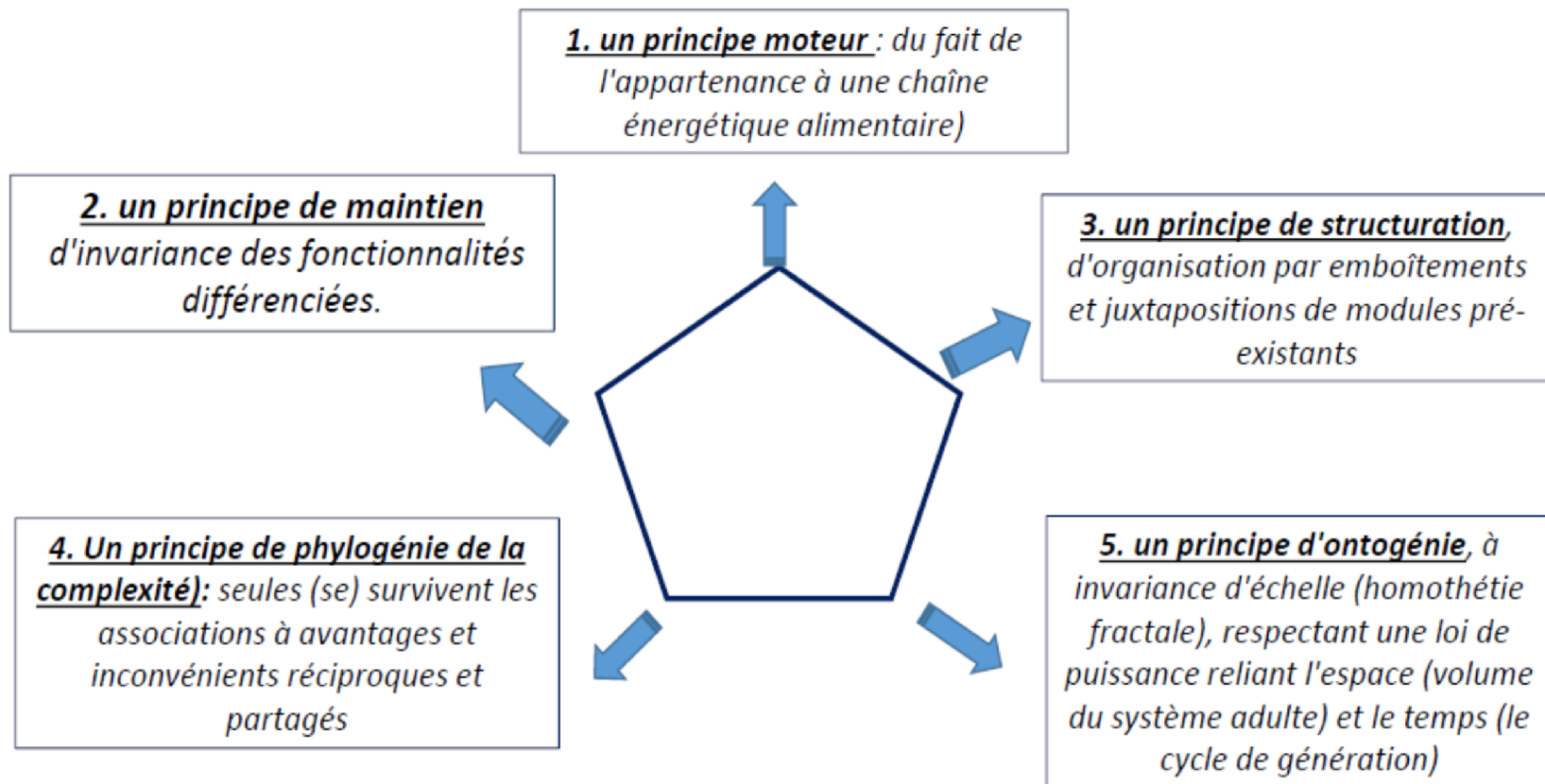
["Quantifying Sustainability: Resilience, Efficiency and the Return of Information Theory."](#) Bernard Lietaer, Robert E. Ulanowicz, Sally J. Goerner, and Rocio Gomez, in [Ecological Economics](#), Vol. 6, Issue 1, March 2009

Les associations à avantages et inconvénients» réciproques et partagés (ARSMADA)

- Ce scénario proposé par Pierre Bricage de l'origine du noyau de la cellule, et des autres compartiments cellulaires, **à partir d'associations de monères**, et avec un seul moteur de l'action: *« survivre c'est manger et ne pas être mangé »* ;
- Respectant et complétant les approches antérieures de Paul Portier, de René Dubos et de Lynn Margulis, il permet de faire des prédictions sur le devenir ou le fonctionnement d'un réseau d'acteurs, quels que soient leurs niveaux d'organisation ;
- Tout niveau d'organisation y est défini **5 principes et 7 caractéristiques fonctionnelles**, à la fois nécessaires et suffisantes, au travers d'une « *gouvernance* » pilotée par des lois systémiques invariantes ;
- Il permet de résoudre à la fois le problème de l'origine du centrosome, du noyau, des peroxysomes et des bactéries Gram- et il rend compte de l'ancienneté des virus à ARN et des différences structurales évolutives entre animaux, champignons et végétaux.

5 principes déterminent l'émergence de tels processus hétéro-organisés (*Pierre Bricage*)

les 5 principes organisateurs d'émergence constructale



Adapté de : La loi de puissance d'invariance spatiotemporelle des systèmes vivants. Pierre Bricage - *Revista Internacional de Sistemas*, 19, 05-33 2014

Les 7 capacités fonctionnelles fondamentales d'un système ago-antagoniste, selon Pierre Bricage

Tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation, possède :

1. la capacité de mobilisation de la matière et de l'énergie ;
2. la capacité de mettre en place et de maintenir une organisation interne ;
3. la capacité de croissance ;
4. la capacité de mouvement ;
5. la capacité de réaction à des stimulations ;
6. la capacité d'intégration à un milieu de survie, son écoexotope ;

Ces capacités lui permettent en outre de mettre en place :

7. la capacité **de survivre** et de "se survivre" : la reproduction.



3. La *co-détermination* comme principe d'émergence des couplages synergétiques dissipatifs

Un fleuve, entre son amont et son aval ...

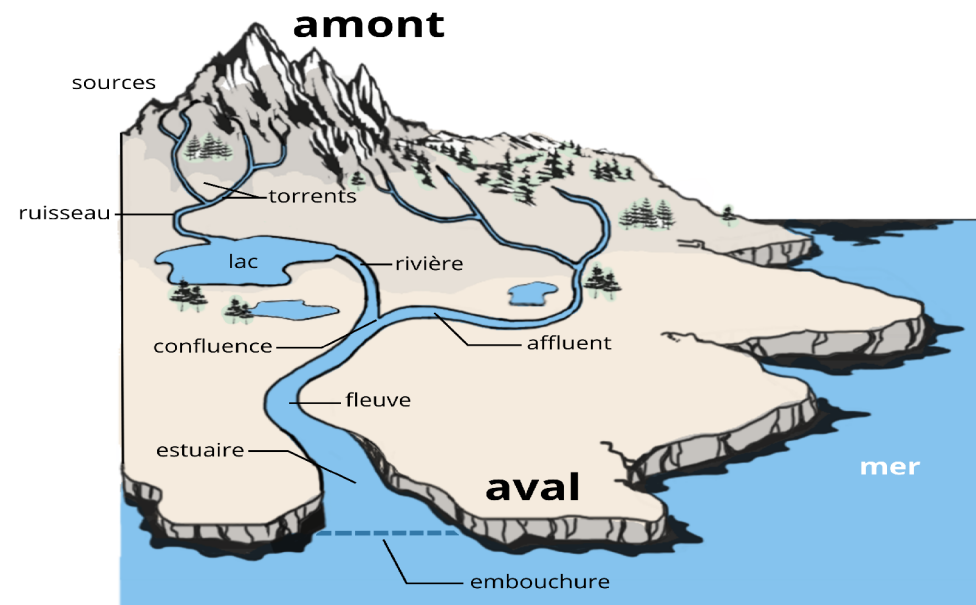
Le cours d'un fleuve est déterminé à la fois :

- **Par sa source en amont** par et ses affluents comme "cause efficiente" ;

mais tout autant :

- **par son aval ultime** vers la mer !

Vue d'ensemble d'un cours d'eau



La matérialité objective d'une forme de "*finalité thermodynamique*"

« Ces mystères qui nous dépassent,
feignons d'en être les organisateurs. »

Attribué à Jean Cocteau

- Depuis Descartes, il y a un rejet comme "*hérésie*" par une certaine "science" de toute forme de finalité comme "cause efficiente", rejet justifié par l'opposition aux paradigmes dits "vitalistes" ou "métaphysiques" ;
- Ceci, curieusement par ceux-là même qui ont adhéré *de facto* à une conception "dualiste" du matériel et du "spirituel" ...
- Devenu dogmatique, ce rejet a rendu beaucoup aveugles à l'observation de certains des processus fondamentaux localement "orientés" par la forme d'"ultimité" découlant du 2d principe de la thermodynamique ..

La dualité irréductible des systèmes dissipatifs moléculaires organisés est pourtant établie

- C'est le résultat d'un couplage spatio-temporel localisé de forces symbiotiques ago-antagonistes qui confère la propriété émergente à une structure (ou organisation) est sa capacité de catalyser localement des interactions entre ses éléments constitutifs qui seront spécifiquement supra- dissipatives ;
- Ce couplage **hétéro-organisateur** répond à la contrainte *thermodynamique* d'évolution ultime du système global au sein duquel émerge cette structure vers un équilibre thermodynamique global ;
- Une telle *organisation structurée* est donc, fondamentalement, le résultat d'un équilibre entre ses « causes co-déterminantes, sa dimension téléodynamique correspondant à ce principe d'évolution de tout système vers un état d'entropie maximale.

Cette notion de "finalité" bien *matérielle* fut déjà réhabilitée par la cybernétique !

- Dès 1943, Norbert Wiener et ses amis parmi les premiers systémiciens publient un manifeste **anti-positiviste** en ré-introduisant le **principe de finalité** dans leurs analyses. Mais cette première tentative passe finalement à l'époque relativement inaperçue ;
- le poids de l'**académisme** en France, caractérisé par un **cloisonnement** des disciplines, constitue une barrière intellectuelle à cette démarche qui heurte ces habitudes. Par ailleurs, le mode d'éducation et la culture environnante contribuent à façonner et maintenir les esprits dans le carcan du **cartésianisme** et du **positivisme** ;
- Le débat en France sur la valeur de la démarche systémique est encore riche, et des groupes de réflexion tels que l'AFSCET ou Emergence ont encore de beaux jours devant eux compte tenu des **limites paradigmatiques auxquelles doivent faire face, encore aujourd'hui, les praticiens intégrant une dimension systémique à leur démarche rationnelle.**

Source : Une introduction à l'approche systémique, Certu, 2007

Groupe Emergence : http://www.mountvernon.fr/qui_sommes_nous.h

Dépasser, par le concept de *co-détermination*, la limite du paradigme *réduc-tueur* des seules « causes efficientes »

Qu'est-ce qui détermine réellement l'existence d'un canon ?

Sinon sa finalité...



- Tous les "systèmes couplés" sont en soi des processus co-déterminés à la fois :
 - par les conditions initiales de leur état loin de l'équilibre thermodynamique (*l'"amont"*);
 - par leur "évolution convergente" vers cet équilibre thermodynamique (*l'"aval"*) ;
- Ce concept de co-déterminisme permet de combiner aux "*causes efficientes*" une *cause ultime*, la "*finalité*" purement thermodynamique.

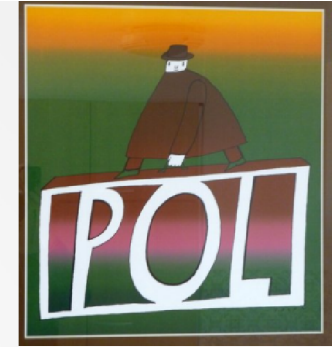
Pour échapper au piège d'un déterminisme *réducteur* : le concept de *co-détermination systémique*.

« Je tiens impossible de connaître les parties, sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître les parties. »

Blaise Pascal

- Ainsi l'émergence d'un système dissipatif organisé et structuré au sein d'un système fermé est donc co-déterminée à la fois par ses « *causes initiales* » et par sa « *cause ultime* », issue de la loi entropique de dissipation des déséquilibres énergétiques ;
- De telles combinaisons dissipatives sont alors le résultat d'une « *combinaison symbiotique* » localisée et « organisée » d'éléments en interaction(s) ;
- C'est à cette aune bipolaire et symbiotique que doit être considérée cette (co)détermination systémique, et, au-delà, le moteur de leur possible évolution sélective.

En guise de synthèse : les trois éléments d'un *Pôle d'Organisation Localisé* (POL)



Jean-Michel Folon

- 1. Un système loin de l'équilibre générant un flux thermodynamique** traversant un milieu matériel (*moléculaire*) dynamique et topologiquement localisable ;
- 2. Un couplage symbiotique co-déterminé par deux types de forces** (*thermodynamique, gravité, affinité ou antagonisme (bio)chimique, électrique, ...*) dans ce milieu matériel produisant des interactions catalytiques entre les éléments de ce milieu : *convection, réactions physico-chimiques, diffusion, ...*
- 3. Au delà d'un seuil critique,** sous l'effet **d'interactions ago-antagonistes hétérocatalytiques et persistantes** entre des éléments de ce milieu matériel produites par **ce couplage** va se produire **une rupture de symétrie engendrant un effet de résonance** spatio-temporel persistant ;

Émerge alors de cette organisation structurelle et fonctionnelle globale, un « *état de supraconductivité dissipative* » :
un **Pôle d'Organisation Localisé, ou POL**



Jean-Michel Folon

Merci de votre attention ago-antagoniste !



Fin de la première partie ...



**Quelques éléments évocateurs de ce qui
pourrait être une prolongation de cette
présentation ...**



3. L'évolution ago-antagoniste des systèmes dissipatifs biologiques : entre efficacité, résilience et complexité

(Dés)équilibres ago-antagonistes des systèmes biologiques

Le modèle ago-antagoniste d'Elie Bernard-Weil permet de caractériser **deux états d'équilibration** :

- **l'état physiologique** : les normes sont respectées ;
- **l'état pathologique** : le système fonctionne toujours mais selon des normes inadéquates mauvaises pour sa résilience.

Un contrôle spécifique doit alors pouvoir corriger cette "autonomie pathologique" en rétablissant par une action bipolaire les normes qui ont été transgressées;.

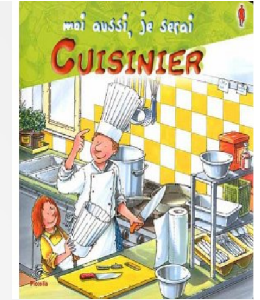
Mais l'absence de vision ago-antagoniste co-déterminée rend persistant l'aveuglement face à certains phénomènes pathologiques ...



Entre génétique et épigénétique : la
composante probabiliste dans la nature
des équilibres ago-antagonistes

Tout n'est pas
programmé – programmable !

Une métaphore alternative de l'état vivant : le livre de recettes et le restaurant



- Quand on utilise un livre de recette, on applique rarement la recette intégralement : le cuisinier l'adapte aux équipements et aux ingrédients dont il dispose, à la quantité nécessaire, aux goûts de ses convives ;
- C'est un REPERTOIRE, différence avec un "programme" informatique « Big Mac » qui ne peut pas "improviser" en adaptant la recette prévue du "plat préparé" ;

Le plat final est une expression "*épigénétique*" de la recette

- Cette métaphore, nous la retrouvons pertinente à tous les niveaux des processus (auto-organisés) au travers des phénomènes de "feedback", de "bifurcations" : les cellules, organismes, espèces, les sociétés humaines, ... sont le produit de "*cuisiniers épigénétiques*", pas seulement de "*livres de recettes génomiques*" même si celles-ci sont « essence-tielles » ;
- Autrement dit, l'environnement influence l'*optimisation* de l'information et les processus d'organisation "relativisent" en partie celle-ci en fonction de l'état de l'attracteur dissipatif ;

La "plage en été" de Paul Weiss

Au sujet de la reproductibilité globale et macroscopique variabilité microscopique, J.J. Kupiec évoque l'exemple imaginé par le biologiste Paul Weiss (1973) d'une plage fréquentée par des après-midis d'été :

- Chaque après midi, celle-ci sera caractérisée par une répartition des personnes dont la densité sera plus élevée au bord de l'eau, autour des restaurants ou d'autres attractions ;
- Systémiquement ,ce sera chaque jour la même **chose et pourtant jamais deux fois ce ne seront exactement les mêmes gens aux mêmes endroits** ;
- Parfois, la prolifération est telle que la plage n'est plus organisée, comme dans le cas d'un cancer ;
- Paul Weiss montre aussi que l'analogie n'est pas fortuite : les affinités entre les personnes, les corps hydrophobes au bord de la masse hydraulique, distances entre les groupes, l'attrait pour les nutriments,

...



La métaphore de l'orchestre de jazz

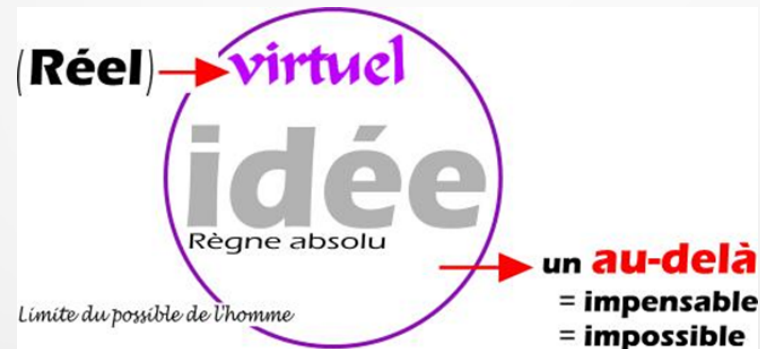
- Le groupe de Palo Alto propose un modèle, fondé sur la métaphore de l'orchestre de jazz ;
- Dans l'euphorie de l'improvisation, chaque musicien joue en s'accordant en permanence sur les autres ;



- Ce modèle de la communication n'est pas fondé sur l'image du téléphone ou du ping-pong - un émetteur envoie un message à un récepteur qui devient à son tour un émetteur - mais sur la métaphore de l'orchestre... ;
- Dans ce vaste orchestre culturel, il n'y a ni chef ni partition. Chacun joue en s'accordant sur l'autre.

Les couplages symbiotiques supraconducteurs : aussi fondateurs de l'émergence des processus mentaux

- Les couplages **neuro-sensoriels** : *perception – réaction* ;
- Le couplage des **hémisphères cérébraux** : analytique – systémique ;
- Les couplages **inné/acquis sensoriels** : *instinct, apprentissage* ;



Du signe ...

- Les couplages **re-présentatifs directs** : *images, formes, sons, odeurs, gestes* ;

... au sens ...

- Les couplages **re-présentatifs «culturels»** : peintures, sculptures, théâtre, parfums, danses ;

L'essence ago-atagoniste d'une empathie systémique .

Celle-ci acquérant une autre dimension lorsque les interactions mentales co-déterminées deviennent culturelles et qu'en émerge un « **état de conscience** »



« *ils pensent, donc je suis »* »

Les enjeux d'une « gouvernance » ago-antagoniste d'un système social organisé

- Consacrer du temps et des moyens pour améliorer la fiabilité dans l'organisation est autant d'énergie diminuant son efficacité productive ou dissipative.
- Ce dilemme paradoxal de gouvernance illustre les régulations à réaliser sur le couple performance (court-terme)-fiabilité.
- Le système doit adopter une forme de « leadership » qui puisse alterner :
 - une gestion parfois autoritaire (pour rapidement amener le collectif dans une cohésion permettant à l'ensemble du système d'atteindre les objectifs stratégiques de manière efficiente) ;
 - une gestion plus participative – décentralisée permettant aux éléments constitutifs de dépasser, lorsqu'il le faut, la simple exécution et l'obéissance aveugle pour être en mesure d'adopter certaines options de manière autonome ;
- Cela permet l'émergence créative et les remises en cause indispensables à l'organisation pour qu'elle réalise les ajustements environnementaux dans les bons timings.



Demain : un ago-antagonisme algorithmique ?

**Ce qui rendrait potentiellement possible
des ordinateurs réellement « intelligents » ... ?**

Mais ceci est une autre histoire

A suivre, donc ...