Mobilisation de la matière et de l'énergie, et croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : LES PRINCIPES ORGANISATEURS d' ÉMERGENCE des SYSTÈMES VIVANTS.

Pierre BRICAGE
http://web.univ-pau.fr/~bricage/
Secrétaire Général adjoint AFSCET, Paris, France
pierre.bricage@univ-pau.fr

Abstract

Bricage P. (2013) **The "Life of our Universe of Life": What Organizing Principles of Emergence of Living Systems? Matter & energy flow, growth: How? When? What for?** Journées AFSCET "Thermodynamique du changement-Aspects systémiques", 01 et 02 juin 2013, Andé, France, 62 p. (texts: 5 p. + 13 p., plan 2 p., discussion 5 p., slides: 37 p.) http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf

What are the factors of changes emergence or of no-changes of a structural and functional living system's organisation, whatever its dimensional scale? What are the mechanisms of "creation of a new plan" or of "preservation of the former ones"? Can we reveal laws of emergence from the study of **mass or number growth phenomena**, which at all scales are **connected to the flows of matter and energy**?

To survive that is "to eat and not to be eaten": any alive system belongs to a food network. Trophic relations structure the populations dynamics of predators and preys interactions. ***"The Whole is always at the same time more and less than the sum of its part "***: any global optimal solution cannot emerge from previous local optima; nothing allows to predict that the new local optima of an emergent association will give an optimal global solution for the association. Even if we can explain it later "any emergent global solution is unpredictable".

"There are never advantages without disadvantages." Any living system survives by the implementation of processes of repair and recycling that are transforming disadvantages into advantages and avoiding that advantages become disadvantages.

Résumé

Bricage P. (2013) Mobilisation de la matière et de l'énergie & croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : PRINCIPES ORGANISATEURS d' ÉMERGENCE des SYSTÈMES VIVANTS. Journées AFSCET "Thermodynamique du changement-Aspects systémiques", 01 et 02 juin 2013, Andé, France, 62 p. (textes : 5 p. + 13 p., plan 2 p., discussion 5 p., présentation : 37 p.) http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf

Quels sont les facteurs d'émergence d'un changement ou de maintien d'un plan d'organisation structural et fonctionnel d'un système vivant, quelle que soit son échelle dimensionnelle ? Quels sont les mécanismes de "création d'un plan nouveau" et de "maintien des plans anciens" ? Peut-on déceler des lois d'émergence à partir de l'étude des phénomènes de croissance, en masse et en nombre, qui à toutes les échelles dimensionnelles sont liés aux phénomènes de mobilisation de flux de matière et d'énergie ?

Survivre c'est "manger et ne pas être mangé" : tout système vivant appartient à un réseau alimentaire. Les **relations trophiques** structurent la dynamique des populations des prédateurs et proies en interaction continuelle. ***"Le Tout est toujours à la fois plus et moins que la somme de ses parties."*** : toute solution optimale globale ne peut pas s'appuyer sur des optimums locaux antérieurs; rien ne permet de prédire que les nouveaux optimums locaux d'une association émergente donnent une solution globale optimale pour l'association. Même si on peut l'expliquer ultérieurement ***"toute solution globale émergente est imprédictible".***

"Jamais il n'y a d'avantages sans inconvénients." C'est par la mise en place de processus de réparation et de recyclage que tout système vivant survit ***en transformant des inconvénients en avantages et en évitant que des avantages deviennent des inconvénients***.

http://hal.archives-ouvertes.fr/
http://halshs.archives-ouvertes.fr/

L'observation du fonctionnement des systèmes vivants, quel que soit leur niveau d'organisation, montre que : ***"survivre c'est manger et ne pas être mangé"*** (http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226/) et que ***"tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé"*** (http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130685).

L'observation de la structuration des systèmes vivants, quel que soit leur niveau d'organisation, montre qu'ils sont constitués par la juxtaposition et l'emboîtement de sous-systèmes pré-existants (**structure modulaire**) (http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130218).

Comment définir de façon univoque et opérationnelle un niveau d'organisation ?

1- Indépendamment du niveau d'organisation et du contexte, tout système vivant, pour survivre -et se survivre (http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf)-, possède 7 caractéristiques fonctionnelles mutuellement nécessaires et suffisantes : ***invariance de jauge*** (http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylotagmotaphologie.pdf).

2- Tout nouveau niveau d'organisation émerge de la mise en place d'une ***association à avantages et inconvénients réciproques et partagés*** (***ARMSADA***) (http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00352578/).

A partir de ces 2 seuls paradigmes il est possible de construire un **tableau de classification périodique des systèmes vivants** -des ***équilibres dynamiques ponctués*** du vivant- depuis le quantum de Planck jusqu'à l'Univers entier (http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylotagmotaphologie.pdf). Les colonnes du tableau correspondent à des séries de systèmes vivants, de niveaux d'organisation adjacents, qui, **d'un point de vue fonctionnel**, ont le même **mode de confinement** et surtout ***de transfrontaliérité*** (p. 18/37). Les lignes du tableau correspondent à des systèmes vivants qui, **d'un point de vue structural**, ont la même place relative en terme d'**évolution** de l'emboitement et de la juxtaposition (networking) de leurs sous-systèmes (p. 22/37).

Pour tous les niveaux d'organisation, une **loi de puissance** (http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/en/) relie le volume minimal atteint à l'état adulte (caractérisé par l'acquisition de la capacité reproductrice), V, et le temps de génération tg (durée minimale nécessaire pour atteindre l'état adulte : temps d'ontogénie) : $V^2=C.tg^3$ (loi analogue à la loi de Kepler qui relie l'espace et le temps au sein du système solaire). Ce temps de génération est une ***mesure du niveau de complexité*** du système. C'est aussi le **temps de latence minimal** de mise en oeuvre de la **capacité de résilience** d'un système vivant local.

Cette **invariance d'échelle** est mise en évidence ***indépendamment de toute loi thermodynamique***.

Tout phénomène naturel est cependant associé à un phénomène énergétique. D'un point de vue thermodynamique -mobilisation de flux de matière et d'énergie (http://www.afscet.asso.fr/pbAnde03.pdf)-, les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés fonctionnent ***en flux tendus, en optimisant leurs flux par des processus de recyclage*** (les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement), ce qui diminue leurs pertes énergétiques.

Les systèmes vivants ne sont pas des systèmes thermodynamiques passifs, fermés, de dissipation maximale de l'énergie mais au contraire des ***systèmes inter-actifs, ouverts, d'économisation optimale de l'énergie, d'optimisation, mais pas de maximisation.*** Ce **principe d'économie** n'est pas un principe de moindre action. C'est la **structure fractale (D=2,25)** de l'Univers (pp. 26/37 & 34/37), système vivant (pp. 8/37 & 33/37), qui permet, à tous ses niveaux d'organisation, d'optimiser les flux de matière et d'énergie (pp. 32/37) -et non de les maximiser, D maximale = 2,33 (p. 35/37)-, tout en minimisant les pertes et les coûts énergétiques.

Ce qui permet des ***déséquilibres dynamiques transitoires, générateurs d'émergences à moindre coût*** énergétique. Mais, à chaque niveau d'émergence, le nouveau Tout est toujours ***à la fois plus et moins que la somme de ses parties*** et est donc **imprédictible**. Seul le passé est connaissable. On ne peut que descendre dans le passé les niveaux d'émergence pour comprendre ***a posteriori*** les structures et les fonctionnements des acteurs d'émergence passés et actuels.

L'émergence n'est pas une auto-organisation, c'est une **co-organisation** (acteurs en inter-actions) **contrainte** (par un double contexte, externe et interne, en interactions -p. 17/37-) et **contractuelle** (***synallagmatique***) pour former un nouveau Tout (pp. 11/37 & 16/37). C'est l'expression d'une **capacité de résilience du Tout**.

Introduction

Les 4 **lois de la thermodynamique**[1] définissent **des grandeurs dites physiques**, la température, l'énergie, l'entropie, qui permettent de caractériser des systèmes dits thermodynamiques. Ces lois décrivent **comment ces quantités varient et quels changements sont possibles**. La première loi dit que l'énergie (sous forme de matière, de chaleur, de travail) d'un système clos est invariablement conservée. Elle ne peut **changer qu'en système ouvert, par des transferts, d'origine externe ou interne.** La seconde loi indique que l'entropie d'un système clos **qui n'est pas en équilibre thermique** ne peut qu'augmenter. **L'état d'équilibre est l'état d'entropie maximale.**

Entre deux états macroscopiques d'un même système il existe toujours une différence d'état informationnel, une différence d'entropie. Cette différence indique quelle quantité d'information supplémentaire est nécessaire pour passer de l'un à l'autre. **L'entropie est une mesure d'un manque d'information sur le niveau d'organisation microscopique dans un système macroscopique.** Les systèmes vivants obéissent aux lois de la physique et de la chimie de notre Univers. Ce sont des systèmes thermodynamiques producteurs de "nég-entropie". A-t-on besoin des lois de la thermodynamique pour définir un système vivant ?

Tout système naturel de niveau d'organisation i est un assemblage, par juxtaposition et emboîtements, de sous-systèmes (acteurs, processus) de niveaux d'organisation $i-1$, $i-2$, ..., $i-n$ qui ne sont pas exactement connaissables et prédictibles, même si on en connaît parfaitement les conditions initiales et les lois qui les gouvernent. C'est la raison pour laquelle l'entropie augmente au cours des processus naturels, par perte d'énergie (dissipation) et consommation d'énergie pour un travail (mouvement). Le mouvement d'expansion de l'Univers convertit l'énergie disponible en travail et en chaleur. L'uniformité thermique augmente. À partir d'un certain âge, l'Univers atteindrait un état où l'énergie serait uniformément distribuée, sans différences thermiques exploitables pour un travail. Dès l'instant où il n'existerait plus de différences thermiques, à l'équilibre thermique (au maximum d'entropie), **l'absence d'énergie disponible ne permettra plus d'entretenir les processus de survie** consommateurs d'énergie.

La mort de l'Univers est-elle une mort de repos thermique[2] inéluctable ?

Mais, dans les systèmes vivants, l'ordre s'accroît, l'entropie diminue. Comment ?

Les systèmes vivants s'associent en sur-systèmes, ***"Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés"*** (***ARMSADA*** ***"A***ssociations for the ***R***eciprocal and ***M***utual ***S***haring of ***A***dvantages and ***D***is***A***dvantages***"***), au sein desquels chacun des sous-systèmes est **à la fois gagnant et perdant** et tous sont **inter-dépendants, entre eux et avec leur Tout, en un réseau fermé**.

"Le Tout est toujours à la fois plus et moins que la somme de ses parties..

"Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients." Ce qui est un inconvénient pour l'un des partenaires est un inconvénient pour les autres et réciproquement.

1 http://en.wikipedia.org/wiki/Laws_of_thermodynamics
2 http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_death_of_the_universe

Bricage P. (2013) Mobilisation de la matière et de l'énergie et croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : principes organisateurs d'émergence des systèmes vivants., 62 p. (textes : 5 p. + 13 p., plan 2 p., discussion 5 p., présentation : 37 p.) Journées AFSCET "Thermodynamique du changement-Aspects systémiques", 01 et 02 juin 2013, Andé, France.
http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf

TEXTE de présentation de la présentation

abstract ..... p. 1/5
résumé ..... p. 1/5
introduction ..... p. 2/5
conclusions ..... p. 3/5
bibliographie ..... p. 4/5

TEXTE associée aux PLANCHES

1. MOBILISATION de FLUX de matière et d'énergie. ..... **p. 1/13**
1a. accumulation, CROISSANCE et émergence. ..... **p. 2/13**
1b. "INVARIANCE de JAUGE" du vivant "vivant". ..... **p. 4/13**
1c. RECYCLAGES agoantagonistes. ..... **p. 5/13**
2. Création d'ordres nouveaux et maintien des ordres anciens. ..... **p. 5/13**
2a. Frontières, barrières et échanges, TRANSFRONTALIERITÉ. ..... **p 6/13**
2b. MÉCANISME de mise en place et maintien de nouveaux niveaux. ..... **p. 7/13**
2c. Tableau de la CLASSIFICATION PÉRIODIQUE des systèmes vivants. ..... **p. 9/13**
3. croissance en MASSE et croissance en NOMBRE. ..... **p. 10/13**
3a. LOIS d'échelle, LOCALES et GLOBALE, INVARIANTES. ..... **p. 10/13**
3b. L'Univers a une STRUCTURE FRACTALE à toutes les échelles. ..... **p. 11/13**
3c. Loi systémique constructale et LOIS de puissance. ..... **p. 11/13**
conclusions ..... **p. 12/13**
references ..... **p. 13/13**

PLANCHES (SLIDES)

page de titre ..... **p. 1/37**
plan ..... **p. 2/37**
introduction ..... **p. 3/37**
1. MOBILISATION de FLUX de matière et d'énergie.
réseaux trophiques ..... **p. 4/37**
1a. accumulation, CROISSANCE et émergence. ..... **p. 5/37**
synthèse des glucides ..... **p. 6/37**
une bactérie n'est pas une cellule ..... **p. 7/37**
définition systémique et cybernétique d'un système ..... **p. 8/37**
exemple d'une mauvaise définition de l'émergence ..... **p. 9/37**
1b. "INVARIANCE de JAUGE" du vivant "vivant". ..... **p. 10/37**
quoi ?, comment ?, pour quoi ? ..... **p. 11/37**
le niveau des organismes méta-cellulaires ..... **p. 12/37**
le niveau des organismes atomiques ..... **p. 13/37**

1c. RECYCLAGES agoantagonistes. ..... p. 14/37
2. Création d'ordres nouveaux et maintien des ordres anciens. ..... p. 15/37
partout autour de nous des systèmes ..... p. 16/37
LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE ..... p. 17/37
2a. Frontières, barrières et échanges, TRANSFRONTALIERITÉ. ..... p. 18/37
ARMSADA Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages p. 19/37
2b. MÉCANISME de mise en place et maintien de nouveaux niveaux.
"il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients" ..... p. 20/37
Dynamique (system dynamics)..... p. 21/37
2c. Tableau de la CLASSIFICATION PÉRIODIQUE des systèmes vivants. ..... p. 22/37
3. croissance en MASSE et croissance en NOMBRE. ..... p. 23/37
3a. LOIS d'échelle, LOCALES et GLOBALE, INVARIANTES. ..... p. 24/37
3b. L'Univers a une STRUCTURE FRACTALE à toutes les échelles. ..... p. 25/37
"densité fractale" réelle de l'Univers ..... p. 26/37
3c. Loi systémique constructale et LOIS de puissance.
niveau infra-cellulaire des organismes méta-cellulaires ..... p. 27/37
niveau galactique des organismes méta-galactiques ..... p. 28/37
niveau des organismes méta-cellulaires ..... p. 29/37
masse et mouvement : loi systémique constructale ..... p. 30/37
conclusions
~~maximum entropy production~~ ..... p. 31/37
recyclages juxtaposés et emboîtés en flux tendus ..... p. 32/37
L'Univers est UN organisme en phase de croissance ..... p. 33/37
L'Univers est UNE éponge multi-dimensionnelle ..... p. 34/37
"simulations" de la "topologie" de l'Univers ..... p. 35/37
un "pavage" d'un Univers "optimal" ..... p. 36/37
bibliographie ..... p. 37/37

DISCUSSION

RÉPONSES AUX QUESTIONS

Tout système vivant est un réseau autopoïétique, "invariant" mais "contingent". ..... p. 1/5
Validité de la "loi équivalente à la deuxième loi de Kepler" $V_A^2 = C.\ t_g^3$ ..... p. 2/5
Tableau périodique de classification des systèmes vivants ..... p. 2/5
Comment définir et mesurer la complexité d'un système ? ..... p. 3/5
ARMSADA : compartimentation et interfaces d'échanges, barrières et flux. ..... p. 4/5
bibliographie complémentaire. ..... p. 5/5

Mobilisation de la matière et de l'énergie & croissance : la nature de la maîtrise d'oeuvre du vivant ?

Pierre Bricage

p. 1.

L'aspect et la nature des résultats scientifiques dépendent des technologies d'observation et d'expérimentation. Avec l'augmentation des performances des détecteurs des observatoires spatiaux la nature et la précision des cartes de l'univers ont changé.

Notre conception de l'organisation et de l'étude des systèmes naturels change continuellement...

La "vérité" scientifique n'est toujours qu'un provisoire qui dure plus ou moins longtemps.

PRINCIPES ORGANISATEURS des SYSTÈMES VIVANTS : LA VIE de l'UNIVERS d'ACCUEIL de nos FORMES de VIE.

p. 2.

Les domaines d'observation d'objets et d'êtres vivants à **l'échelle microscopique** (domaine d'action locale des **micro-**organismes bactériens et des organismes **uni-**cellulaires, du **micro**mètre au millimètre, voire au centimètre) et à **l'échelle macro-scopique** (domaine 'action locale des organismes **méta-**cellulaires et des éco**systèmes**, à notre échelle, du milli**mètre** au kilomètre, voire plus) sont des cibles d'investigation privilégiée. Nous sommes beaucoup moins informés sur les structures fonctionnelles des **systèmes** (inertes et vivants) aussi bien en descendant **l'échelle logarithmique dimensionnelle** (l'échelle **globale** du Tout) vers les échelons moléculaires ou atomiques, qu'en la montant vers les échelons des systèmes stellaires ou galactiques. Des atomes aux particules c'est le **domaine du peu connu**, de même de la biosphère terrestre au système solaire. Au-delà, les dimensions les plus faibles, vers le **quantum** de Planck (le plus petit objet dimensionnel concevable supposé), et les plus grandes, vers les limites de notre univers d'accueil (le plus grand objet dimensionnel), sont des **domaines inconnus**, mais ***pas inconnaissables, grâce aux progrès des technologies et des méthodologies pluri-disciplinaires.***

Quels sont les facteurs d'émergence d'un changement ou de maintien d'un plan d'organisation, structural et fonctionnel, d'un quelconque système vivant, quelle que soit son échelle dimensionnelle ?

Quels sont les mécanismes de "création d'un ordre nouveau" et de "maintien des ordres anciens" ?

Comment peut-on concevoir et déceler des principes organisateurs à partir de l'étude des phénomènes de croissance, en masse et en nombre, qui sont liés aux phénomènes de mobilisation de flux de matière et d'énergie, ce à toutes les échelles dimensionnelles ?

introduction

SURVIVRE C'est "MANGER ET NE PAS ÊTRE MANGÉ"

p. 3.

Tout système vivant appartient à un réseau alimentaire, "chaîne" ou réseau de chaînes qui est tout ou partie d'un ou de plusieurs écosystèmes. ***Survivre c'est "manger et ne pas être mangé".***

Les **relations trophiques** (qui mange qui ?) structurent la dynamique populationnelle (changement des effectifs des populations des prédateurs et des proies, en interaction continuelle) **au sein d'un système**, aussi bien à l'échelle d'un écosystème qu'au sein d'un organisme :

- évolution cyclique, **dynamique périodique**, des populations de renards et de leurs proies, *la proie perd*
- échec de la destruction par les globules blancs tueurs d'une cellule cancéreuse, *la proie gagne*.

1. Mobilisation de flux de matière et d'énergie.

p. 4. Tout système vivant **appartient à un réseau alimentaire**, "chaîne" ou réseau de chaînes qui est tout ou partie d'un ou de plusieurs écosystèmes. ***Survivre c'est "manger et ne pas être mangé".***

Tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé.

Dans un écosystème forestier, c'est **l'interaction** entre la biodiversité des espèces végétales (qui sont mangées) et la biodiversité des espèces animales (diversité des ravageurs qui les mangent) qui structure les **flux de consommation de matière et d'énergie** (niveau d'attaque des feuilles des arbres) et la **croissance** de chaque population des espèces consommatrices (densité des ravageurs). ***Localement, de place en place au sein du système, toutes les situations d'inter-actions entre les acteurs sont possibles***. Globalement il existe un pool réduit d'inter-actions pour lesquelles la survie du système est optimale. ***L'excès de diversité est aussi dommageable que le manque de diversité***; il existe une plage de variété requise pour une survie optimale, "ni trop de variété, ni pas assez" : ***"meden agan"***.

L'homme n'est pas une exception, mais il est à la fois prédateur et proie. Prédateur réduisant par sa consommation alimentaire la taille des populations des animaux domestiques ou sauvages, il met en danger la survie des autres formes de vie, prédatrices ou parasitaires, en compétition avec lui car elles consomment ces mêmes **proies qui leur offrent une "capacité d'accueil"**. Pour survivre, ces formes de vie (comme le virus de la grippe qui consomment canards, poulets et cochons domestiques et les oiseaux sauvages) n'ont qu'une alternative trouver une capacité d'accueil, ou développer **une "capacité d'être accueilli", dans un autre hôte** ou disparaître. L'hôte le plus disponible en nombre, en densité et en masse est alors l'homme. C'est ainsi que lors de situations de déforestation des virus passent de la faune sauvage à l'homme.

Les réseaux alimentaires peuvent être représentés sous forme de **flux traversant une forme de vie et passant d'une forme à une autre** ou sous forme de **flèches indiquant les cibles** alimentaires qui sont consommées. L'homme, omnivore, excelle dans la consommation de toute forme de vie, pour lui "Tout peut faire ventre". Gros animal, de plus en plus nombreux, il devient forcément, tôt ou tard, la cible de prédateurs ou de parasites qui deviennent spécifiques de son espèce quand leurs autres hôtes ont disparu.

1a. Accumulation de matière et d'énergie, CROISSANCE et émergence.

p. 5. ***Tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation, est modulaire, il est formé de structures fonctionnelles qui se répètent dans l'espace par juxtaposition et emboîtement***.

Une cellule végétale chlorophyllienne peut contenir de très nombreux grains d'amidon. Un grain d'amidon est un organite cellulaire de stockage des sucres sous forme d'amidon, il provient de la métamorphose d'un chloroplaste qui se transforme progressivement en amyloplaste au fur et à mesure qu'il fabrique des unités glucose ou saccharose par son activité photosynthétique. Le chloroplaste puis le grain d'amidon sont de même formés de ***structures modulaires juxtaposées et emboîtées*** au sein de l'organite. La molécule d'amidon, elle-même modulaire dans sa structure, s'y accumule en couches successives. Couche par couche la croissance du grain d'amidon peut être évaluée en masse et en volume.

synthèse des glucides : cellulose et amidon

p. 6. La paroi des cellules végétales est aussi formée par **l'accumulation de couches** de molécules de cellulose dans des directions privilégiées. La cellulose est formées d'unités "équivalent glucose", comme l'amidon. Plus que leur nombre (leur **quantité**), c'est la nature (leur **qualité**) de ces modules glucidiques unitaires (**les parties**) et la façon dont ils sont juxtaposés (**leurs interactions**) au sein du **polymère** glucidique (**le tout**) qui différencient les 2 types de molécules (niveau d'organisation infra-cellulaire). Les 2 types moléculaires sont formés d'assemblages d'atomes (niveau d'organisation infra-moléculaire) ***juxtaposés et emboîtés pour former les structures fonctionnelles*** caractéristiques de chaque molécule (fonction alcool OH, structure cyclique carbonée à oxygène interne caractéristique des glucides). Les propriétés structurales et fonctionnelles de la molécule (sa qualité) naissent de **l'assemblage des modules**, dont la structure et les propriétés fonctionnelles (leur qualité) naissent de **l'assemblage de sous-modules**, les atomes, juxtaposés et emboîtés pour former les groupements fonctionnels qui structurent les modules. Les propriétés des molécules sont **prévisibles localement**, à partir de la connaissance des propriétés globales des atomes qui les constituent, mais **imprévisibles globalement**.

émergence de nouveaux niveaux d'organisation : une bactérie n'est pas une cellule

p. 7. Le niveau d'organisation cellulaire provient de **la juxtaposition et de l'emboîtement dans un espace commun**, le hyaloplasme, de **modules pré-existants** de type monère, les ancêtres des actuels chloroplastes, mitochondries ou peroxysomes, **du niveau d'organisation inférieur adjacent**.

Le compartiment mitochondrial possède les caractéristique structurales et fonctionnelles d'un compartiment bactérien qui n'est **plus libre** mais prisonnier, emprisonné dans une vacuole de **séquestration**, qui crée une **interface, à la fois de séparation et d'échanges**, avec une double membrane empêchant l'interpénétration entre les anciens compartiments, **devenus solidaires mais toujours séparés** : **semi-autonomie réciproque**. Adapté à ce nouvel **espace-temps de survie** la mitochondrie a mis en place des activités métaboliques nouvelles (par rapport à celles de son ancienne version libre qui a disparu). Ces **activités imprévisibles, émergentes**, contribuent à la fois **localement** à sa survie **et globalement** à la survie du Tout dont elle maintenant **indissociable** : "E PLURIBUS UNUM".

L'**espace-temps de fonctionnement interne** (ENDOPHYSIOTOPE) de l'ancêtre de type monère à l'origine du hyaloplasme est devenu l'actuel **espace-temps d'accueil et de survie** (ÉCOEXOTOPE) des espace-temps de fonctionnement interne de chacun des descendants des monères accueillis. La cellule, **le Tout** (organisation de ***niveau i***), fournit à **ses parties**, les organites **intra**-cellulaires (organisations de ***niveau i-1***), une **"capacité d'accueil"**. Mais c'est parce qu'ils ont la **"capacité d'y être accueillis"**.

Le nouveau Tout, issu de la fusion par emboîtements et juxtapositions de Touts anciens pré-existants, est une **association à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA)**, dans laquelle la stabilité est maintenue par un partage mutuel, **localement et globalement**, des avantages et des inconvénients, **entre tous les partenaires et leur Tout** : "IN VARIETATE CONCORDIA".

Pour que chacun des partenaires survive il faut d'abord que tous les autres, et le Tout, survivent : "un pour tous, tous pour un". Les flux internes de matière et d'énergie circulent au sein de la cellule en flux tendus entre les différents compartiments : les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement. ***La croissance de chacun est limitée par celle des autres et réciproquement. La croissance du Tout est limitée par celles de tous et réciproquement.***

Qu'est-ce qu'un système ? : sa définition invariante d'échelle.

p. 8. Quel que soit son niveau d'organisation, un système comporte toujours 3 types d'entités (modules fonctionnels) : - **des acteurs** (ou agents, les parties), - **un Tout**, - **des interactions** entre les acteurs (le Tout étant un acteur comme les autres : approche **holistique**).

Globalement tout système vivant est à la fois PLUS ET MOINS que la somme de ses parties.

Quel que soit son niveau d'organisation, tout **système ouvert** comporte un espace-temps interne de fonctionnement ou ENDOPHYSIOTOPE (***tope : espace-temps, endo : interne, physio : de fonctionnement***) indissociable d'un espace-temps externe d'habitation ou ÉCOEXOTOPE (***tope : espace-temps, exo : externe, éco : d'habitation***). L'écoexotope fournit une **capacité d'accueil** à l'endophysiotope si et seulement si celui-ci possède une **capacité d'être accueilli** appropriée (approche bio-**systémique**).

Quel que soit son niveau d'organisation, tout système est formé **par emboîtements et juxtapositions de sous-systèmes**, infra-systèmes de niveaux d'organisation inférieurs (approche **cybernétique**).

Quelle que soit l'échelle, le système est tout cela à la fois.

Qu'est-ce que n'est pas un niveau d'organisation ?

p. 9. Toute **forme de vie ou espèce vivante**, quel que soit son **niveau d'organisation** : **organisme** bactérien (***niveau i-1***), organisme uni-cellulaire (***niveau i***), organisme méta-cellulaire (***niveau i+1***), est distribuée en populations qui si elles occupent des écoexotopes différents (de capacités d'accueil différentes) peuvent donner naissance à de nouveaux endophysiotopes.

Une population n'est pas un niveau d'organisation.

Un organe, dans un organisme méta-cellulaire (***niveau i+1***), n'est pas non plus un niveau d'organisation, c'est une population de populations de cellules (***niveau i***) adaptée localement (écoexotope local) aux changements locaux ou global de l'endophysiotope du Tout, dont elles sont inséparables.

L'organe et ses populations de cellules appartient au niveau i de l'organisme.

Sans cesse, par son activité (prélèvement de **flux entrants** de matière et d'énergie, excrétion de **flux sortants** de déchets ou produits élaborés, accumulations et **flux circulants internes** de produits élaborés), l'endophysiotope modifie son écoexotope d'accueil, dont la capacité d'accueil change continuellement. Ce qui, en retour, peut obliger l'endophysiotope a changer sa capacité d'être accueilli.

Pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive.

La capacité d'accueil modifie sans cesse la capacité d'être accueilli et elle est modifiée sans cesse en retour : ***loi systémique constructale.***

La notion de niveau d'organisation doit être définie indépendamment de l'échelle.

Qu'est-ce qu'un niveau d'organisation ? : définition invariante d'échelle

1b. Les 7 caractéristiques mutuellement nécessaires et suffisantes de l'INVARIANCE de JAUGE du vivant.

p. 10. Tout système vivant, quelle que soit l'échelle et quel que soit son niveau d'organisation, possède toujours **7 caractéristiques fonctionnelles mutuellement nécessaires et suffisantes** :

- **la capacité de mobilisation de flux de matière et d'énergie** (flux entrants : inputs, flux internes : throughputs, flux sortants : outputs), capacité préalable à toutes les autres
- **la capacité de croissance en masse** (accumulation, interne ou externe),
- **la capacité de répondre (réagir) à des stimulations** (d'origine externe, provenant de l'écoexotope, ou interne, provenant de l'endophysiotope), cette capacité intervient dans les processus de coordination et de régulation des autres capacités,
- **la capacité de mettre en place (et de maintenir) une organisation interne** dans l'espace et le temps (l'endophysiotope est un espace-temps-action),
- **la capacité d'intégration**, d'adéquation entre la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope et la capacité d'accueil de l'écoexotope de survie (ces 2 champs d'espace-temp-action étant indissociables et en inter-action et rétro-action continuelles), et
- **la capacité de mouvement**, passif ou actif, interne ou externe.

Ces capacités permettent la survie, qui est le préalable à la mise en place de

- **la capacité de se survivre**, de reproduire de sa forme de vie, avec ou sans croissance en nombre.

La multiplication végétative (bouturage, clonage) permet d'obtenir un grand nombre d'individus identiques à partir d'un seul. La reproduction sexuée permet d'obtenir au moins 1 individu, nouveau, à partir de 2 parents différents.

p. 11. ***La croissance est par définition un phénomène quantitatif, d'accumulation*** (ou de dé-accumulation : décroissance). ***Le développement est par définition un phénomène qualitatif, une suite,*** d'apparition de propriétés nouvelles ou/et de disparition de propriétés anciennes. C'est ***un cheminement, étape par étape***. Le changement d'état, le saut d'une étape à la suivante est un processus de tout ou rien et habituellement à seuil : l'atteinte d'une masse critique, un stade de croissance minimale, est un préalable habituel. ***La capacité de reproduction, caractéristique par définition du stade adulte d'un organisme, n'est mise en place qu'après le stade larvaire spécialisé dans la croissance, si et seulement si la croissance en masse a été suffisante.***

Tout système vivant possède ces 7 caractéristiques (ou *"degrés de liberté"*) **indissociablement** et les exprime, tôt ou tard, **au cours de son cycle de vie** (entre sa naissance et sa mort). Elles définissent de façon invariante un niveau d'organisation, quel que soit son échelle spatiale et temporelle et quel que soit son plan d'organisation : invariance de jauge du vivant.

Le niveau d'organisation supra-cellulaire des organismes méta-cellulaires.

p. 12. Tout système vivant du niveau d'organisation méta-cellulaire (***niveau i+1***) possède ces 7 caractéristiques mutuellement nécessaires et suffisantes et **les exprime tôt ou tard au cours de son cycle de vie** (phase de croissance puis phase de reproduction, entre sa naissance et sa mort). Nous le comprenons aisément car ce sont des organismes de l'échelle macro-scopique dont les structures et les phénomènes fonctionnels sont **accessibles, à notre échelle d'observation**.

De nombreux livres ont été rédigés pour chacune d'elles.

Le niveau d'organisation infra-moléculaire des atomes.

p. 13. Tout système vivant au niveau d'organisation atomique, niveau **infra-**cellulaire, **infra-**monère, **infra-**méta-moléculaire et **infra-**moléculaire (***niveau i-4***,) exprime ces 7 caractéristiques, mutuellement nécessaires et suffisantes, tôt ou tard au cours de son cycle de vie (entre sa naissance et sa mort).

De nombreux livres ont été rédigés pour chacune d'elles.

Un atome est aussi vivant qu'une cellule ! Mais nous ne le comprenons pas aisément car ces caractéristiques s'expriment dans un autre espace-temps-action que le nôtre, à une autre échelle, dans un cycle de vie auquel nous n'avons pas directement accès.

"Un caillou n'est pas vivant, mais il y a de la vie dans un caillou."

1c. RECYCLAGES agoantagonistes.

p. 14. Les **flux internes** de matière et d'énergie circulent au sein de la cellule en flux tendus entre les différents compartiments. Ce qui est perdu par un compartiment est gagné par un autre.

Jamais il n'y a d'avantages sans inconvénients. Ce qui est un inconvénient local pour un compartiment (sortie d'un produit élaboré utile à la survie, entrée d'un déchet nuisible à la survie) est un avantage local pour un autre acteur de l'espace-temps-action global (entrée d'un aliment ou d'un facteur de protection ou de croissance utile à la survie, sortie d'un déchet nuisible à la survie).

Survivre c'est "transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients". Les recyclages de matière et d'énergie entre acteurs antagonistes, en compétition pour la survie au sein du Tout, sont supportables pour chaque acteur et pour le Tout parce que les les déchets des uns sont les aliments des autres et réciproquement. Chaque acteur est **à la fois gagnant et perdant, à tour de rôle. Le seul gagnant c'est le Tout.** Tant que le Tout survit les parties du Tout survivent.

De même qu'il y a un recyclage des systèmes moléculaires (***niveau i-3***), et supra-moléculaires (***niveau i-2***), entre les organites (***niveau i-1***) au sein de la cellule (***niveau i***), il y a un recyclage des systèmes de type monère, les organites (***niveau i-1***), entre les cellules (***niveau i***), par exemple au cours du phénomène d'apoptose. Les mitochondries possèdent un pouvoir infectieux, comme l'ancêtre bactérien dont elles sont issues, ce qui leur permet de passer d'une cellule à une autre. Elles se multiplient indépendamment au sein d'une cellule ou des cellules voisines qu'elles envahissent. C'est un avantage pour la survie des mitochondries. Cela peut être un inconvénient pour la survie des cellules. Lors du phénomène d'apoptose la cellule se brise en fragments. C'est un inconvénient pour la survie des mitochondries. Elles sont condamnées à mort sauf si les fragments de la cellule "suicidée" sont absorbés par d'autres cellules. Les mitochondries, si elles sont en bon état fonctionnel, si elles ne sont pas à l'origine de l'apoptose, peuvent être ré-utilisées par ces cellules où elles survivent et se survivent. Cela peut être un avantage pour la cellule d'accueil. ***Survivre c'est "transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients"***. ***Toute cause a un effet qui devient une cause, cause d'un nouvel effet.***

La survie du Tout n'est possible que tant que la capacité d'accueil du Tout est suffisante pour la survie des parties accueillies et tant que la capacité d'être accueilli de chaque partie ne met pas en péril la survie du Tout accueillant ou d'une autre partie accueillie. Ainsi l'apoptose de la cellule est souvent déclenchée par la lyse du compartiment mitochondrial. Pour que la cellule survive il faut d'abord que les mitochondries survivent.

De même pour que la cellule se survive (se divise en 2 cellules), il faut d'abord que les mitochondries, ou les chloroplastes, se survivent (se divisent un nombre de fois suffisant pour doubler l'effectif de la population des mitochondries ou des chloroplastes de la cellule-mère, afin que chaque cellule-fille reçoive un lot suffisant de mitochondries ou de chloroplastes).

2. Création d'ordres nouveaux et maintien des ordres anciens

Tout système est formé par l'emboîtement et la juxtaposition de systèmes pré-existants de niveaux d'organisation inférieurs. La création d'un nouveau plan d'organisation, un ordre nouveau, ne peut résulter que de l'arrangement de modules pré-existants.

p. 15. Le niveau moléculaire émerge par la polymérisation (ation : action, de mettre en place, à la suite, de façon linéaire, poly : plusieurs, souvent un grand nombre dans le cas des macro-molécules, mère : unité, structurale et fonctionnelle, module ou mono-mère, identiques ou différentes). Le Tout, la molécule (***niveau i-3***), conserve dans sa structure les structures fonctionnelles des ordres anciens les atomes (***niveau i-4***). Mais sa structure tri-dimensionnelle et ses propriétés fonctionnelles sont imprédictibles.

Le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.

Une cellule (***niveau i***) est la poly-mérisation tri-dimensionnelle, par emboîtements et juxtapositions, de populations de modules différents, d'origine bactérienne (***niveau i-1*** des monères), ses organites (mitochondries, plastes, noyau).

Un écosystème terrestre (***niveau i+2***), comme une forêt, est constitué de populations d'espèces de niveaux d'organisation inférieurs, organismes vivants méta-cellulaires (***niveau i+1***), organismes cellulaires (***niveau i***), organismes bactériens (***niveau i-1***), emboîtées et juxtaposées au sein d'un écoexotope commun de survie, l'endophysiotope de l'écosystème qu'elles constituent. La biosphère terrestre, écosystème d'écosystèmes, est un système vivant (***niveau i+3***). Son endophysiotope est l'écoexotope commun de survie des endophysiotopes des écosystèmes qui la constituent. La cellule est tout autant un écosystème !

Tout système est un écosystème.

Les systèmes stellaires (***niveau i+4***) sont organisés de même en systèmes **supra**-stellaires ou galactiques (***niveau i+5***), qui sont les **infra**-systèmes d'organismes vivants de niveau **supra**-galactique (***niveau i+6***). Tous ces systèmes sont des niveaux d'organisation du vivant parce qu'ils possèdent les 7 caractéristiques mutuellement nécessaires et suffisantes qui définissent un système vivant.

Qu'est-ce qu'un système ?

p. 16. ***"Tout endophysiotope est associé à un écoexotope dont il est inséparable"***; ***le concept d'intégration (integer : ne faire qu'un avec, être entier, être un Tout)*** est "fondateur", car l'endophysiotope (le dedans) d'un (éco)système (***niveau i+j***) peut être l'écoexotope de survie commun (le dehors partagé) d'un ou de plusieurs (éco)systèmes de niveaux d'organisation inférieurs (***niveaux i+j-1, i+j-2, ...***), sous-systèmes emboîtés et juxtaposés, contenant des sous-sous-systèmes emboîtés et juxtaposés.

La mobilisation des flux de matière et d'énergie structure l'espace-temps-action du système **et réciproquement** : loi systémique constructale. Partout, tout autour de nous, l'Univers est structuré en systèmes de systèmes de systèmes.

LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE : RÉTROACTION et NON-LINÉARITÉ

p. 17. **"Les interactions fonctionnelles permettent la construction des structures et réciproquement la construction des structures re-crée les interactions fonctionnelles."**

Tout acteur, quel que soit son niveau d'organisation, par ses actions est la **cause, directe ou indirecte, d'effets** sur d'autres acteurs, de niveaux d'organisation identique ou différents, inférieurs ou supérieurs. Tout système vivant, par son comportement de survie, modifie son écoexotope d'accueil. Et, cet écoexotope modifié déclenche **en retour** des stimulations et **des contraintes (des limites et des limitations)** nouvelles pour l'endophysiotope du système accueilli. ***Tout système porte ainsi en lui***, en son endophysiotope, ***l'empreinte de son écoexotope, en même temps que l'écoexotope*** se transforme par l'action de l'endophysiotope et ***porte en lui l'empreinte de l'endophysiotope*** : loi systémique constructale.

Tout changement de la capacité d'accueil qui est un avantage pour la survie de l'endophysiotope accueilli (***niveau i+j***) peut être un inconvénient pour la survie de l'endophysiotope (***niveau i+j+1***) qui constitue l'écoexotope d'accueil (***niveau i+j***). Deux niveaux d'organisation adjacents ont habituellement des **comportements antagonistes**. Ce qui est un avantage pour la survie de cellules au sein d'un organisme est un inconvénient pour celle de l'organisme, dans le cas des cellules cancéreuses. Inversement, ce qui est un avantage pour la survie de l'organisme est un inconvénient pour la survie de cellules, dans le cas de l'apoptose, qui sculpte la forme de l'organisme par la mort de populations de cellules.

La survie du Tout résulte d'un processus agoantagoniste : la mise en place et le maintien d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés entre acteurs antagonistes et le Tout qu'ils constituent.

2a. Frontières, barrières et échanges, TRANSFRONTALIERITÉ ...

p. 18. Tout système **n**-dimensionnel est **limité,** à la fois dans l'espace et dans le temps, par une **interface (n-1)**-dimensionnelle, à la fois barrière et surface d'échanges. A l'intérieur de ses **limites** spatio-temporelles globales, - ses **limitations globales** résultent de son organisation interne c'est-à-dire du fonctionnement du **réseau d'emboîtements et juxtapositions** des modules qui structurent son endophysiotope, - ses **limitations locales** résultent de la **semi-autonomie nécessaire** de chacun des modules, qui de même sont limités dans l'espace et dans le temps : ***"un espace pour chacun, chacun dans son espace"*** (frontières spatiales), ***"un temps pour chacun, chacun dans son temps"***, (frontières temporelles).

"Pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive."

Le contrôle de la transfrontaliérité permet les recyclages agoantagonistes, dans la limite de la diversité requise : ***"ni trop, ni trop peu" (meden agan)***.

2b. Mécanisme de mise en place et maintien de niveaux d'organisation.

Les flux de matière et d'énergie internes ne peuvent provenir que des relations trophiques : survivre c'est ***"manger et ne pas être mangé" et "tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé"***.

Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients. Plus une proie herbivore devient grosse, plus elle peut échapper à l'attaque de petits prédateurs carnivores isolés. Mais elle devient alors une cible privilégiée (il y a plus à manger !) ce qui incite les prédateurs au regroupement. Et quelle soit la taille, **la masse**, d'une proie, ou d'un prédateur, il n'échappe pas à une diversité de parasites externes et internes.

La survie est impossible en dehors d'un réseau trophique : tout système vivant est un espace-temps de passage de flux de matière et d'énergie. Pour être moins dépendant des flux disponibles à partir de l'écoexotope, l'endophysiotope les internalise en créant avec d'autres endophysiotopes partenaires des

associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés

Les partenaires, par le moyen de l'association, partagent toujours le même écoexotope de survie, dont ***la capacité d'accueil n'a pas changé***, mais leur Tout, l'association, possède ***une capacité d'être accueilli nouvelle et supérieure*** à celles de chacun des endophysiotopes initialement isolés. Ce type d'association permet ***l'émergence de nouveaux plans d'organisation*** qui possèdent une meilleure résilience. Face aux agressions anciennes (biotiques, externes ou internes, et climatiques), les processus de prévention, de résistance et de réparation ou/et de défense et d'attaque sont plus efficaces. Et de nouveaux processus peuvent se mettre en place pour survivre à de nouvelles agressions.

p. 19. Les lichens sont des organismes, **issus de l'association** d'une algue et d'un champignon. Cette **union durable**, repose sur une chaîne alimentaire internalisée. L'algue est la partie chargée de la production, la partie champignon est chargée du gîte. En 1879, de Bary introduit le concept de *symbiose, "association à bénéfices mutuels",* pour désigner cette union. Ce qu'elle n'est pas !

Car, si le champignon "cultive" l'algue en son sein, comme l'homme "élève" ses animaux domestiques, en retour de cet "investissement", le champignon, par des filaments suçoirs, "mange" les cellules de l'algue. L'algue, "agressée", montre des figures de "souffrance" métabolique, avec des zones de mort en masse par nécrose dans la population d'algues. **Les deux "partenaires" se nourrissent et se contrôlent réciproquement**. Le partenaire champignon, comme la partie racinaire des plantes supérieures, puise "la sève brute". Le partenaire algue, comme les feuilles, élabore "la sève élaborée". ***Fonctionnant à la fois comme une population d'un organisme uni-cellulaire végétal (niveau i) et un "animal" méta-cellulaire (niveau i+1), le lichen représente un niveau d'organisation plus élevé (niveau i+2) que ceux de ses partenaires, l'algue ou/et le champignon. C'est un nouvel organisme d'un nouveau niveau d'organisation; il élabore des molécules qu'aucun autre champignon ou qu'aucune autre algue ne peuvent élaborer***.

C'est un ***écosystème (niveau i+2)*** contenant une chaîne alimentaire intégrée.

La croissance n'est pas une fin en soi. La croissance permet **d'acquérir une masse critique** à partir de laquelle est possible la mise en place d'un développement, **durable si la croissance se stabilise**. La croissance ne permet pas l'acquisition de capacités nouvelles, elle n'en est que le **préalable indispensable**. La survie de l'organisme du lichen est fondée sur cet état d'équilibre entre les deux partenaires : ***les 2 partenaires sont "à la fois gagnant et perdant".*** Pour survivre, le partenaire champignon doit **limiter l'agression** sur l'associé algue. L'hôte hébergeant, et habité, paie **un double coût** : le coût de l'hébergement de l'algue et le coût d'une croissance limitée par celle de l'algue. Pour que le champignon survive il faut d'abord que l'algue survive. L'hôte hébergé paie, lui aussi, un double coût : le coût de la survie de sa population de cellules, qui passe par la non-survie d'une partie des individus, qui sont mangés, et, le coût d'une croissance limitée par la croissance du champignon (elle-même limitée par celle de l'algue). ***Tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour l'autre et réciproquement.***

La croissance de chacun est limitée par celle de l'autre et réciproquement.

Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive.

Le champignon doit **limiter** ses exigences de croissance vis à vis de l'algue **et réciproquement**, l'algue ne peut se développer que **dans les limites** des capacités du champignon.

La survie mutuelle dépend d'une limitation des ravages du champignon (manger... mais pas trop !) et d'une survie (et d'une production) suffisante(s) de l'algue (impossible... de ne pas être mangé !) La survie est possible et l'acquisition de capacités nouvelles, locales et globales, est possible, même en conditions de croissance globale proche de zéro !

Les inconvénients pour les deux partenaires sont énormes, ils restent "nains". Les 2 partenaires totalement solidaires ne forment qu'un. **Si l'un meurt, l'autre meurt.** Un nouveau système, une forme nouvelle d'organisation de survie (un nouvel endophysiotope) et une forme nouvelle d'intégration au milieu de survie (un nouvel écoexotope), est né de cette association, avec **un changement d'échelle temporelle**.

Les avantages sont énormes pour le Tout (l'association) qui peut coloniser des espaces où la survie de toute autre forme de vie est impossible. Les lichens sont des organismes pionniers qui peuvent coloniser les terres gelées du grand nord et les rails brûlants des bas-côtés des autoroutes.

Les inconvénients sont énormes pour le Tout. Première forme de vie à s'installer dans ces milieux hospitaliers, les lichens sont à la base de nouvelles chaînes alimentaires, ils sont mangés... Mais c'est grâce à eux que survivent les rennes de la toundra et les sociétés humaines qui élèvent ces rennes pour les manger.

"il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients, seules survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés"

Au sein d'un **écosystème forestier** (bois de Pau), toutes les espèces d'arbres, organismes méta-cellulaires (***niveau i+1***) végétaux, sont agressées par un mélange de populations de chenilles d'espèces différentes, autres organismes méta-cellulaires (***niveau i+1***) animaux, qui mangent leurs feuilles. Une partie de la partie animale de la forêt consomme une partie de la partie végétale de la forêt. L'endophysiotope de l'écosystème (***niveau i+2***) contient **une chaîne alimentaire internalisée**, comme dans un lichen. Plus la densité des espèces de chenilles (ravageurs) est élevée, plus les dommages sur les feuilles sont grands et plus la survie des arbres est difficile. Si trop d'arbres meurent l'écosystème forestier disparaît et les chenilles (stades larvaires, spécialisés dans la croissance, d'espèces de papillons) disparaissent aussi. La survie des feuillus est possible sans danger, malgré une densité croissante (**mais pas trop**) et une diversité conséquente (**mais pas trop**) d'espèces de chenilles, pour un intervalle **intermédiaire ("ni trop, ni pas assez")** de biodiversité végétale. Une diversité végétale insuffisante, **en dessous d'un seuil**, ne protège pas la forêt. L'accroissement de la diversité végétale, **au-delà d'un seuil**, ne protège plus la forêt.

Si nous ne connaissons pas toutes les interactions locales entre les acteurs, au sein desquels circulent les flux de matière et d'énergie (throughputs), au sein de l'écosystème, nous ne pouvons faire aucune prédiction sur le fonctionnement global et le devenir de l'écosystème.

Lichen, forêt (***niveau i+2***) ou cellule (***niveau i***), dans notre biosphère terrestre (***niveau i+3***), ***tout système vivant est une endosyncénose, un système de systèmes, emboîtés et juxtaposés, qui émerge par la mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés*** (**A**ssociation for the **R**eciprocal and **M**utual **S**haring of **A**dvantages and **D**is**A**dvantages **ARMSADA**) ***entre "partenaires" initialement antagonistes et en compétition pour la survie***.

p. 20. ***La mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés permet à des systèmes libres, qui auraient disparu, de continuer à exister, solidairement, dans un nouvel espace-temps-action*****, mais... il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients.**

La mise en place d'une ARMSADA donne plusieurs avantages au Tout :

- L'émergence, pour le Tout (***niveau i+j+1***), d'une nouvelle capacité d'être accueilli dans des écoexotopes où la capacité d'accueil était impossible avant pour les parties (***niveau i+j***).

- Un **changement d'échelle spatiale** avec un bond du Tout vers des volumes de survie plus grands, par juxtapositions et emboîtement des volumes des modules pré-existants, et un

- **changement d'échelle temporelle** avec un bond du Tout vers des durées de survie plus grandes.

Ces avantages ont un coût, en termes d'inconvénients :

- **LE coût de LA solidarité**, si un quelconque des partenaires de l'association meurt, le Tout meurt et tous les autres partenaires aussi. Pour que l'UN survive, il faut d'abord que l'AUTRE survive.

- Le Tout est moins que la somme de ses parties ; des capacités possédées par les partenaires libres (***niveau i+j***) sont perdues dans l'association (***niveau i+j+1***).

L'équilibre durable résulte d'exigences impératives :

La croissance de l'un est limitée par celle de l'autre (de tous) et du Tout, et réciproquement.
La survie mutuelle dépend du respect de limitations réciproques "contractuelles".

émergence du changement dans les systèmes vivants

p. 21. L'émergence de tout nouveau plan d'organisation résulte de la ***mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés : invariance d'émergence***.

La biodiversité globale d'un système de systèmes, comme un atome, une cellule ou une forêt, résulte **d'un équilibre d'interactions entre acteurs antagonistes** qui, emboîtés au sein du nouvel endophysiotope, qu'ils co-créent, partagent un même écoexotope de survie qu'ils ne pourraient occuper ni isolément, ni collectivement. Mais qu'ils peuvent occuper en ne faisant plus qu'un, solidairement. ***Le système est plus que la somme de ses parties.*** Les espaces (volumes et interfaces) sont limités, les temps (délais de réponse, durées des phases de croissance ou de développement, durée de survie) sont limités, il y a des limitations aux actions et aux interactions. Ces limitations font que ***le système est moins que la somme de ses parties***.

L'émergence d'une ARMSADA conserve la biodiversité ancienne, qui tôt ou tard aurait disparu, et crée une biodiversité nouvelle, qui tôt ou tard disparaîtra... sauf en en mettant en place une nouvelle.

Survivre c'est manger et ne pas être mangé.

La méthode du simplex permet de **représenter graphiquement les interactions** prédateur(s)-proie(s). Le prédateur gagne tant qu'il y reste encore des proies à manger. Quand il n'y a plus de proies, il perd. La biodiversité chute de 2 avec la disparition du couple d'espèces prédateur-proie. Mais la proie peut gagner ! Pour que le prédateur subsiste et que la biodiversité initiale subsiste il ne faut pas que la proie gagne trop souvent. Sinon le prédateur disparaît et la biodiversité chute de 1. Prédateurs et proies peuvent aussi de détruire simultanément et la biodiversité chute de 2. Seule **la mise en place d'une ARMSADA permet de conserver la biodiversité ancienne en l'intégrant dans une diversité nouvelle**. **L'intégration est, à la fois, la cause et la conséquence de l'organisation, et, réciproquement** : loi systémique constructale.

Chaque système vivant pour survivre, et se survivre, doit maintenir une capacité d'être accueilli de son endophysiotope, en adéquation avec la capacité d'accueil de son écoexotope de survie.

"Jetez dans les champs un herbicide sorti de l'imagination des chimistes et nouvellement synthétisé, un produit jamais vu dans la nature. Bientôt on verra croître des bactéries qui non seulement ne se laissent pas empoisonner par l'herbicide, mais en consomment avec autant de plaisir que si c'était du sucre."

C'est toujours **le maintien d'une diversité minimale** entre les "belligérants" qui permet la survie commune, sans atteindre l'excès dévastateur dû à la surabondance d'une forme de vie ou d'une forme d'agression : ***« ni trop, ni trop peu ! »***

L'évolution acquisitive est la conséquence de la diversité et réciproquement elle en est la cause : loi systémique constructale.

2c. Tableau de classification périodique des systèmes vivants.

Les écosystèmes terrestres sont inséparables de la terre (et réciproquement !). Ce sont eux qui l'ont **"terraformée"** en en modifiant, les roches, les eaux et l'atmosphère, en créant les sols. La terre est inséparable de la lune. C'est la stabilité de l'orbite lunaire autour de la terre qui stabilise l'orbite terrestre autour du soleil. (La lune tourne autour de la terre en 27,3 jours. Les phases de la lune se répètent avec une période de 29,5 jours.) La lune est le plus grand satellite comparé à la taille de la planète qu'il accompagne, **l'association** Terre-Lune peut être considérée comme une planète double.

p. 22. L'arbre généalogique des formes de vie de notre biosphère terrestre n'est pas un arbre mais "un récif de corail" avec l'émergence de nouveaux plans d'organisation par fusions des ramifications de certaines branches. Chaque ARMSADA, chaque fusion (merging), permet l'émergence (emerging) d'un nouveau niveau d'organisation. La structure cellulaire (***niveau i***) résulte de la fusion de plusieurs branches évolutives de monères (***niveau i-1***). Les plans des organisations méta-cellulaires (***niveau i+1***) résultent de la fusion de plusieurs branches évolutives d'organismes uni-cellulaires (***niveau i***), et ainsi de suite.

Un tableau de classification des systèmes vivants peut être construit en prenant en compte, simultanément, - le fait que tout système vivant possède 7 caractéristiques mutuellement nécessaires et suffisantes et - le fait que tout nouveau niveau d'organisation résulte de la mise en place d'une ARMSADA.

Chaque case du tableau correspond à un **niveau d'organisation qui emboîte les niveaux précédents et qui est emboîté dans les niveaux suivants** (poupées gigognes).

Chaque colonne du tableau, de haut en bas, représente **une succession d'états, "une série", avec un "mode de confinement" identique**. Dans chaque colonne **le même phénomène de "saut de niveau"** se répète identiquement : en haut, l'état de base, le "mono-mère" (particules atomiques par exemple) dont les différentes espèces (variétés ou avatars) (ici ***niveau i-5***) sont à l'origine de l'émergence par juxtapositions et emboîtements (juxta-morphose) des espèces du niveau suivant (atomes dans ce cas) (***niveau i-4***), puis à nouveau (poly-morphose) des espèces du niveau suivant (molécules dans ce cas) (***niveau i-3***), et au dernier niveau (méta-morphose) des espèces les plus évoluées (amas supra-moléculaires dans ce cas) (***niveau i-2***). Le mode de confinement de cette colonne est celui des **champs de forces électriques**, physiques et chimiques, **qui délimitent et maintiennent la cohésion des structures**, à courte distance, de proche en proche. Dans la colonne suivante, organismes de type monère (***niveau i-1***), organismes de type cellulaire (juxta-monère) (***niveau i***), organismes de type méta-cellulaire (poly-cellulaire) (***niveau i+1***), organismes de type écosystème (méta-méta-cellulaire) (***niveau i+2***), le mode de confinement **commun** est celui des **membranes** (amas supra-moléculaires du niveau précédents), qui délimitent et maintiennent la cohésion des structures, **de proche en proche, en compartiments juxtaposés et emboîtés**. Dans la colonne suivante le mode de confinement commun est celui des **champs de gravité** qui délimitent et maintiennent la cohésion des structures (qui possèdent toutes les 7 caractéristiques du vivant : **invariance de jauge**), de proche en proche, en volumes juxtaposés et emboîtés. Chaque ligne du tableau correspond au même stade d'évolution, indépendamment du mode de confinement. Chaque saut d'une colonne à la suivante (trans) correspond à un changement du mode de confinement.

3. croissance en masse et croissance en nombre.

p. 23. Si on représente graphiquement, avec des échelles en **puissances de 10**, dans les conditions d'espace-temps où un système serait à l'état libre, les valeurs du temps de génération t_g (**le temps que dure la phase de croissance qui se termine par l'acquisition de l'état adulte, caractérisé par la capacité de se survivre**) et du volume, à l'état adulte V_A (en fin de croissance), valeurs caractéristiques de l'échelle du cycle de vie du système, **le meilleur ajustement linéaire a pour pente 3/2**.

Ce qui signifie qu'indépendamment de l'échelle, tous les niveaux d'organisation du tableau obéissent à **une loi commune, à la fois locale et globale, invariante d'échelle, pour l'ensemble de l'Univers** :

$$V_A^2 = C.\ t_g^3$$ **loi équivalente à la deuxième loi de Kepler pour le système solaire.**

Cependant l'ajustement est partiel aussi bien pour l'infiniment petit (en descendant vers l'inconnu du quantum de Planck, le module de base ?) que pour l'infiniment grand (en montant vers le moins en moins connu, le Tout, l'Univers). On peut mieux réunir dans un ajustement linéaire l'infiniment grand si on "néglige" l'inconnu (unknown) de l'infiniment petit, ou inversement. Seule une **représentation non-linéaire**, avec une courbe sigmoïde (courbe en S ou logistique), permet de prendre en compte toutes les échelles.

Les courbes sigmoïdes sont typiques des phénomènes de croissance : croissance en nombre d'une population de bactéries in situ, d'une population cellulaire in vitro, d'une population humaine. Elles démarrent à partir d'un effectif critique, d'une masse critique, indication d'**un seuil (threshold) à franchir**. Elles s'aplatissent pour atteindre **un maximum, limitation indicatrice de limites infranchissables**. Dans ce cas la pente au point d'inflexion de la courbe en S (la plus grande pente, **localement**, indicatrice de la vitesse maximale de croissance) est d'un peu moins que 5/2 (**environ 2,3**).

En faisant un changement de coordonnées supplémentaire, en passant en **puissances de 10 de puissances de 10**, l'ajustement linéaire, **globalement**, de la sigmoïde a aussi pour pente 3/2.

3a. LOIS d'échelle, LOCALES et GLOBALE, INVARIANTES.

p. 24. La relation $V_A^2 = C.\ t_g^3$ **(loi de Kepler généralisée)** est **indicatrice des limites et des limitations** imposées à tout système vivant par **des réseaux d'interactions internes**. C'est une loi de croissance invariante d'échelle qui, pour toute forme de vie, relie le **volume minimal à atteindre** -pour passer du stade de croissance larvaire au stade différent (et différencié) d'adulte- à la **durée minimale nécessaire**.

Le **temps de génération** t_g est le temps minimal qui s'écoule entre 2 générations successives, l'adulte étant capable de se reproduire immédiatement et le faisant.

Dès qu'une bactérie ou une cellule a survécu suffisamment longtemps pour atteindre la masse critique spécifique nécessaire à sa reproduction, le **volume adulte** V_A, elle se divise en deux, elle **se survit**, elle **redonne sa forme de vie**.

La courbe sigmoïde est indicatrice de la succession des sauts évolutifs (**cybernétique des emboîtements et juxtapositions**) réalisés par la mise en place d'une nouvelle **ARMSADA**.

Tout se passe comme si **les temps** (les horloges, les cycles périodiques de fonctionnement) étaient, **comme les espaces, emboîtés et juxtaposés**, depuis l'espace-temps du quantum de Planck jusqu'à l'espace-temps global de l'Univers (le Tout). La dimension fractale **D** de cet **espace-temps-action** (**1**) homothétique de changements répétitifs d'échelle par emboîtements successifs (**N** poupées gigognes) est 3/2x3/2= **2,25** (causalité non-linéaire).

3b. L'Univers a une structure fractale à toutes les échelles.

p. 25. ***L'Univers est un système vivant comme tous ceux qu'il contient et il obéit aux mêmes lois***. Survivre c'est manger et ne pas être mangé et ce pour accumuler suffisamment de matière (visible ou non) et d'énergie (noire ou non) pour se survivre. ***Comme tout système vivant, l'Univers est un système ouvert.***

La croissance de l'Univers n'est possible que parce que son endophysiotope, constitué de matière et d'énergie, possède ***une capacité d'accueil qui lui permet d'utiliser la capacité d'être accueilli***, la matière et l'énergie, de son écoexotope de survie.

Si **D** est la **dimension d'un système linéaire**, le volume **V** d'un système tri-dimensionnel est tel, d'un **point de vue dimensionnel**, que $V=kD^3$. La relation $V_A^2 = C.\ t_g^3$ **confirme** que c'est par les surfaces que se réalisent les échanges ($S=kD^2$) car $D^2=kt$, et **k est un flux** , donc la complexification ne peut se poursuivre indéfiniment au sein d'un volume (de dimension **3**) dont la surface (de dimension **2**) limite les flux, sauf à ***mettre en place un même espace-temps-action (reproduction) dont la croissance peut reprendre*** ou à ***s'intégrer dans un nouvel espace-temps-action de dimension supérieure***.

Le temps de génération est proportionnel à la surface minimale de survie atteignable et aux flux qu'elle peut mettre en oeuvre (causalité linéaire). Inversement la surface maximale atteinte par l'écophase juvénile, qui limite le volume correspondant de l'écophase adulte, est proportionnelle à la durée de survie possible (loi systémique constructale).

Rien n'exclut que notre Univers partage son écoexotope de survie avec les endophysiotopes d'autres Univers, semblables et différents. Rien n'exclut qu'ensemble ils forment des niveaux d'organisation supérieurs, par emboîtements et juxtapositions.

p. 26. Les **modélisations des résultats des observations** de notre Univers aboutissent à 3 types de structures possibles : - une topologie de *"type gruyère"*, avec des trous séparés dans une masse compacte, - à l'opposé, une topologie de *"type cacahuète"* avec des amas de matière séparés, et - une topologie **intermédiaire**, de *"type éponge"*, avec **un réseau de cavités reliées dans une masse reliée** (***"ni trop de l'un, ni trop de l'autre", "ni pas assez de l'un, ni pas assez de l'autre"***).

La dimension fractale **D=2,25** correspond à celle du **type éponge**. C'est typiquement l'aspect obtenu avec les simulations obtenues relatives à la matière noire (et l'énergie noire) qui sont les composantes majeures de notre Univers.

3c. Loi systémique constructale et lois de puissance.

p. 27. Les phénomènes biologiques sont très souvent **représentables** par des lois de puissance. En coordonnées logarithmiques log-log, la pente de la droite **représentative du meilleur ajustement linéaire** donne l'exposant de la loi de puissance. Pour les phénomènes métaboliques responsables de l'utilisation de la matière et de l'énergie, **au niveaux microscopique et macroscopique**, cet exposant ,ce coefficient, varie **"localement"** de 0,75 (ou **3/4**) à 2,00 avec une moyenne **"globalement"** à 1,5 (ou **3/2**).

p. 28. Le volume d'un système est le lieu d'accumulation (***capacité de croissance***) de la masse. **Au niveau téloscopique**, de nombreuses lois de puissance, avec des coefficients égaux à **1/2** ou **3/2** , relient la masse, le volume ou la densité à des paramètres de l'espace-temps de l'endophysiotope ou de l'écoexotope.

p. 29. Pour les systèmes vivants **à notre échelle**, chez les vertébrés (l'homme y compris), **quel que soit le système de régulation thermique** (***capacité d'organisation*** fonctionnelle et ***capacité de réaction à des stimulations***), ectotherme ou endotherme, la vitesse de croissance est liée à la masse par un coefficient **3/4**.

Chez les mammifères (dont l'homme), l'augmentation **locale** du poids d'un **sous-système** (comme le cerveau) est reliée à l'augmentation **globale** du poids du Tout (l'organisme adulte) avec un coefficient de **2/3** (ou de **3/2** , ***selon le sens de la relation envisagée*** : d'un sous-système local vers le système global **3/2** ou inversement du système global vers un sous-système local **2/3**, ***le Tout agissant sur les parties et, simultanément, les parties agissant sur le Tout : loi systémique constructale***).

p. 30. La vitesse de course des vertébrés terrestres ou la vitesse du vol des oiseaux (***capacité de mouvement***) est proportionnelle à la puissance **1/6** de leur masse corporelle.

conclusions

Le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties.

Donc toute solution optimale globale ne peut pas s'appuyer sur des optimums locaux antérieurs.

Jamais il n'y a d'avantages sans inconvénients.

Rien ne permet donc de prédire que les nouveaux optimums locaux d'une association émergente donnent une solution globale optimale pour l'association. Et, même si on peut l'expliquer ultérieurement,

"toute solution globale émergente est imprédictible".

p. 31. La seconde loi de la thermodynamique énonce que dans **un système isolé** l'entropie ne peut qu'augmenter. Et que l'état d'équilibre global d'un système isolé est celui de l'homogénéité et du maximum d'entropie. Un **système ouvert** peut échanger de la matière et de l'énergie avec son écoexotope de survie (***capacité d'intégration***), cela lui permet de mettre en place (***capacité d'organisation, spatiale et temporelle***) et de maintenir son niveau d'organisation propre et les niveaux d'organisation ***des sous-systèmes qu'il constitue et qui, en retour (ARMSADA), le constituent***.

L'Univers qui héberge nos formes de vie est un système ouvert capable de mettre en place des sous-systèmes locaux ordonnés qui s'opposent à l'entropie. Localement **un ordre de plus en plus complexe "gagne" sur le désordre.** La nég-entropie croissante des endophysiotopes peut aller de pair avec l'entropie croissante des écoexotopes dans un système isolé, mais pas dans un système en croissance où les sous-systèmes sont eux-mêmes en croissance. De même que ses sous-systèmes sont des systèmes ouverts, l'Univers est un système ouvert qui possède les 7 caractéristiques du vivant (**invariance de jauge globale**).

l'optimisation de la circulation des flux et des ressources

p. 32. Tous les systèmes vivants, quel que soit le niveau d'organisation, fonctionnent **en flux tendus**. Les matériaux de base nécessaires et suffisants pour maintenir la vie sont **continuellement recyclés**. Afin de réduire les pertes de matière et d'énergie, les aliments des uns sont les déchets des autres et réciproquement. ***Plus il y a de boucles de ré-emploi, moins la capacité d'accueil de l'écoexotope diminue***. A capacité d'accueil donnée, limitée, les systèmes qui ont la meilleure capacité d'être accueilli sont ceux qui ont le plus de boucles de ré-emploi (throughputs), ceux **qui s'imposent des limitations** en réduisant les flux entrants (inputs de consommation) et les flux sortants (outputs d'excrétion de déchets ou de substances élaborées), sauf si ces flux sortants peuvent augmenter la capacité d'accueil de l'écoexotope de survie. Les processus de réparation, de **reconditionnement (phénomène d'apoptose)**, d'**optimisation des flux ou des processus (phénomènes d'exaptation)**, permettent une augmentation du nombre des boucles de recyclages (augmentation des compartiments des espace-temps et des niveaux d'organisation), **une augmentation du volume et de la durée de survie des systèmes**, et contribuent à une diminution des pertes, même si les pertes sont inéluctables. La ***capacité de se survivre*** permet à un système adulte de ré-initialiser les processus en re-créant un système juvénile plus efficace dans sa ***capacité de croissance***.

C'est par la mise en place de processus de réparation et de recyclage et leur optimisation que tout système vivant survit ***en transformant des inconvénients en avantages et en évitant que les avantages deviennent des inconvénients***.

croissance de l'Univers (le tout) et des parties (les niveaux d'organisation)

p. 33. Tous les niveaux d'organisation du tableau périodique de classification des systèmes vivants obéissent à **une loi commune, locale et globale, invariante d'échelle, pour l'ensemble de l'Univers** :

$$V_A^2 = C.\ t_g^3$$

Cependant l'ajustement est partiel **aux extrémités dimensionnelles** de l'infiniment petit (le quantum de Planck) et de l'infiniment grand (le Tout, l'Univers). Pour l'infiniment grand, cela peut s'interpréter simplement par le fait constaté que **l'Univers est en croissance** (phase d'inflation) et **qu'il n'a pas terminé sa croissance**, donc qu'il n'a pas encore atteint son état adulte et que la **dimension temporelle t_g** est **sous-estimée**. Pour l'infiniment petit, cela peut s'interpréter par le fait, qu'à l'inverse, la **dimension spatiale V_A** du quantum de Planck est **sur-estimée** dans les modèles de représentation de notre réalité, inconnue à cette échelle.

influence de la masse : structure fractale et rugosité de l'Univers

p. 34. ***La masse déforme l'espace-temps*** en créant des puits de gravité. On peut représenter l'espace-temps comme ***une surface rugueuse***. La dimension fractale **D= 2,25** est en quelque sorte une mesure de cette rugosité. Les modèles de représentation de la rugosité des matériaux montrent qu'il s'agit d'**un état intermédiaire** de rugosité, **"ni trop peu"** rugueux (trop lisse, dimension fractale **Df= 2,1**), **"ni trop"** rugueux (**Df= 2,6**). La dimension fractale est aussi une mesure de la **porosité** de l'Univers, de type éponge ou de sa "granulométrie", de son "niveau d'ordre".

dimension fractale et ordonnancement local de l'Univers

p. 35. La dimension fractale d'un mélange de "grains" hydratés de molécules de caféine, grains de différentes tailles, sur un support mono-moléculaire d'hydroxypropylméthyl-cellulose (***de la poussière humide sur du papier***... une simulation de l'Univers à l'échelle microscopique !) est de **2,25** ; globalement **ce n'est pas un ordre optimal** ! On peut simuler les amas locaux observés dans la structure globale de l'Univers, en cherchant des objets de dimensions fractales proches de 2,2 ou **2,3**. Le dodécaèdre fractal, représentatif d'un "empilement" presque optimal, a une dimension fractale proche de **2,3**.

p. 36. **Les échanges s'effectuent par les interfaces de contact dimensionnel** ($D^2=kt$), la complexification ne peut se poursuivre indéfiniment au sein d'un volume (de dimension **3**) dont la surface (de dimension **2**) limite les flux. L'empilement optimal, pour l'optimisation des surfaces de contact, est celui de la structure de Weaire et Phelan, structure dérivée du dodécaèdre fractal, de dimension fractale proche de **2,3**. Tout se passe comme si, l'endophysiotope de l'Univers se différenciait localement en structures presque optimales pour les échanges de matière et d'énergie.

références

p. 37. sites web et travaux en ligne :

ARMSADA http://armsada.eu
Pierre Bricage http://web.univ-pau.fr/~bricage/
http://web.univ-pau.fr/~bricage/webcampus.html
Creative Commons http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130218
http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130685
http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226
http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00352578

creative commons

pierre.bricage@univ-pau.fr

Bricage P. (2013) **Mobilisation de la matière et de l'énergie & croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : principes organisateurs d'émergence des systèmes vivants.**, 62 p. (textes : 5 p. + 13 p., plan 2 p., discussion 5 p., présentation : 37 p.) Journées AFSCET "Thermodynamique du changement-Aspects systémiques", 01 et 02 juin 2013, Andé, France.
http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf

Conclusions

L'Univers est-il un système clos, dont *la matière et l'énergie* est invariablement conservée ? Non !

Si l'Univers est un système en croissance et si la même loi de croissance s'applique à tous les systèmes vivants, quel que soit leur niveau d'organisation, cela implique qu'il est, comme tout système vivant, **un système ouvert, capable de croître par des transferts de matière et d'énergie, d'origine externe et capable de se différencier par des transferts internes de matière et d'énergie**. Notre Univers est donc **hébergé par un écoexotope qui lui fournit une capacité d'accueil** suffisante pour sa survie et sa croissance. Cette survie et cette croissance permettent sa **différenciation en niveaux d'organisation juxtaposés les uns aux autres et emboîtés les uns dans les autres**.

Quel que soit le niveau d'organisation, 5 principes organisateurs d'émergence sont à l'oeuvre :

- un principe de "maintien", *d'invariance de fonctionnalités*, local et global, à 7 degrés de liberté, les 7 caractéristiques mutuellement nécessaires et suffisantes pour survivre et se survivre.

C'est un principe à la fois préservateur du changement et générateur de changements.

- un principe "thermodynamique", d'obligation organique (par appartenance à une chaîne alimentaire : "survivre c'est manger et ne pas être mangé" et "tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé").

C'est un principe créateur de "diversité quantitative" [3] moteur d'**évolution** localement.

- un principe de "structuration", d'organisation modulaire par emboîtements et juxtapositions de modules pré-existants **(*modularité*)**.

C'est un principe créateur à la fois de nég-entropie, localement, et d'entropie globalement.

- un principe de phylogénie, d'*escalade de la complexité* : "seules survivent et se survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés".

C'est un principe créateur de "diversité qualitative" [4] moteur d'**évolution**, localement et globalement.

- un principe d'ontogénie, d'invariance d'échelle (homothétie fractale) : 3ème loi de Kepler généralisée, conséquence de la loi systémique constructale.

L'émergence est une fermeture d'engendrement simultané du continu et du discontinu.

Dans son écoexotope d'accueil notre Univers est-il seul ?

Où son endophysiotope trouve-t-il de la matière et de l'énergie ?

Est-il un système vivant "autotrophe", capable de se nourrir d'une autre forme de matière et d'énergie que celle qui le constitue ? Si c'est le cas, en tant que système producteur primaire de matière et d'énergie "universelle", est-il consommé par d'autres Univers, prédateurs, ravageurs ou parasites ? S'il n'est pas producteur mais consommateur, alors il n'est plus seul... Quelle est sa place dans le réseau alimentaire dont il fait partie ? De quel type trophique, consommateur ou producteur, est-il ? De quoi se nourrit-il ?

Le **"Big Rip"** est une hypothèse cosmologique relative au devenir de l'Univers[5], dans laquelle la matière, -donc l'énergie-, aussi bien des galaxies, des étoiles, que des atomes et des particules sub-atomiques, sera progressivement trop diluée par l'expansion..., ***sauf s'il arrête sa croissance, sauf s'il est un système ouvert qui dispose d'une source de matière et d'énergie extérieure.***

3 ***"diversité quantitative"*** : le nombre d'individus d'une même forme de vie augmente et le nombre de leurs populations différentes augmente.

4 ***"diversité qualitative"*** : le nombre de formes de vie différentes augmente quels que soient leurs effectifs d'individus.

5 http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Rip

bibliographie

revues internationales pluri-disciplinaires en langue française :

Atkins P.W. (1999) Chaleur et désordre. Le deuxième principe de la thermodynamique. Pour La Science, Belin, Paris, 236 p.

Bachas C. & F. Daninos (2011) Théorie des cordes : 4 raisons d'un succès. *In* La théorie du tout. La Recherche, dossier H.S. n°43, pp. 40-44.

Bailly S. (2012) L'Univers n'est pas fractal à grande échelle. Pour la Science n° 420, p. 10.

Collectif (2010) Microbes. Pourquoi bactéries et virus nous sont indispensables. La Recherche, dossier H.S. n°41, 100 p.

Delahaye J.-P. (2013) Les dés affreux d'Efron. Pour La Science n° 426, pp. 80-85.

Freese K., P. Gondolo & P. Salati (2013) Les étoiles noires des astres venus du fond des âges. Pour La Science n° 426, pp. 20-27.

Le Meur H. (2011) L'hypothèse des mondes parallèles. *In* La théorie du tout. La Recherche, dossier H.S. n°43, pp. 48-51.

Le Meur H. & G. Servant (2010) La vraie nature de la matière noire. 2.Quelles particules pour la matière noire ? La Recherche n°444, pp. 46-47.

revues scientifiques spécialisées internationales :

Bricage, P. (2010) Thinking & Teaching Systemics: Bio-Systemics in Higher Education. IASCYS Proceedings, Chengdu, P.R. China, Gu J. & J. Xu editors, Sichuan University, pp. 1-14.

Bricage P. (2012) Time management by living systems. A general system theory of the time modularity of living systems: Zeitgebers interactions design conics running timelines. International Conference on Complex Systems, IEEE Conference Publications, 1-7. doi: 10.1109/ICoCS.2012.6458604.

Buléon A. & al. (1998) Starch granules: structure and biosynthesis. Internat. J. Biol. Macromol. 23(2): 85-112.

sites web :

Bricage P. (2000) La nature de la violence dans la nature. Déterminismes écophysiologique et génétique de l'adaptation aux changements dans les écosystèmes végétaux. Journées Annuelles InterNationales, AFSCET, Andé, France, 6 p. **http://www.afscet.asso.fr.ViolencePB.html** , **http://web.univ-pau.fr/~bricage/VivantViolence.pdf**

Bricage P. (2001) La nature de la décision dans la nature ? Systèmes biologiques : production, consommation, croissance et survie. Quelles règles ?, Quels degrés d'exigence ?, Quels bilans ? (Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements et de la survie, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants.), Journées Annuelles AFSCET, Andé, France, 16 p. **http://www.afscet.asso.fr/Decision.pdf**

Bricage P. (2001) Systèmes biologiques : le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles régles ? Quelles décisions ? Quels bilans ? Atelier AFSCET, Institut International d'Administration Publique, Paris, France, 6 p. **http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf**

Bricage P. (2006) Danger des représentations non-systémiques & pouvoir de prédiction des représentations systémiques en Sciences de la Vie. Journées Annuelles AFSCET, Andé, France, 40 p. **http://www.afscet.asso.fr/pbAnde06txt.pdf**

Bricage P. (2006) Danger des représentations non-systémiques & pouvoir de prédiction des représentations systémiques en Sciences de la Vie. Modélisation : figures et références par mots clés. Journées Annuelles AFSCET, Andé, France, 21 p. **http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/bibliographie/pbAnde06fig.pdf**

Bricage P. (2009) The Forgotten Messages of Ecology and Governance. Complementary Data. Journées AFSCET, Andé, France, 20 p. **http://www.afscet.asso.fr/crise/pbcrise.pdf**

Bricage P. (2009) A First Warning... for men: 30 years after The Forgotten Messages of Ecology and Governance. Journées AFSCET, Andé, France, 8 p. **http://www.afscet.asso.fr/crise/pbdussart.pdf**

Bricage P. (2009) The Vanishing Face of Gaïa. A final warning for men ! Journées Annuelles AFSCET, Andé, France, 8 p. **http://www.afscet.asso.fr/crise/pbgaia.pdf**

Bricage P. (2009) L'évolution créatrice : Métamorphoses et "phylotagmotaphologie" du vivant. L'évolution du vivant a-t-elle une direction ? Colloque Association des Amis de Pierre Teilhard de Chardin, Centre de Sèvres,Paris, France, 109 p. **http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylotagmotaphologie.pdf**

Bricage P. (2011) Engineering Health and Social Sciences Curriculum. Towards a Holistic Behaviour of Teachers and Learners. IRDO 6th international conference "Holistic Education for Holistic Behaviour", Maribor, Slovenia, 7 p. **http://www.armsada.eu/files/HSSengineeringTEXT.pdf**

Bricage P. (2011) The Social and Environmental Responsibility of Mankind. 1. About Man Interventions in the Living Networks: Modelling with a "Qualitative Animated Semiological Holistic" Point of View, a Systemic Approach, in an Holistic Way of Education. IASCYS "Social Responsibility" Workshop, Bruxelles, Belgique, International Congress of the European Union for Systemics, 25 p. **http://www.armsada.eu/files/pbManSERqash.pdf**

encyclopédies en ligne (définitions "consensuelles") :

http://en.wikipedia.org/wiki/Animalia
http://en.wikipedia.org/wiki/Atom
http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fission http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_fusion
http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_(biology)
http://fr.wikipedia.org/wiki/E=mc2
http://fr.wikipedia.org/wiki/Énergie_cinétique
http://en.wikipedia.org/wiki/Endosymbiont
http://en.wikipedia.org/wiki/Molecule
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_molecules_in_interstellar_space
http://en.wikipedia.org/wiki/Monera
http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_physics
http://en.wikipedia.org/wiki/Plantae
http://en.wikipedia.org/wiki/Quark http://fr.wikipedia.org/wiki/Quark
http://en.wikipedia.org/wiki/Symbiogenesis
http://en.wikipedia.org/wiki/Thermodynamics_of_the_universe
http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/Universe+(thermodynamics)
http://fr.wikipedia.org/wiki/Fonction_exponentielle
http://fr.wikipedia.org/wiki/Logarithme
http://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_de_la_lumière
http://www.allaboutscience.org/second-law-of-thermodynamics.htm

Bricage P. (2013) Mobilisation de la matière et de l'énergie et croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : principes organisateurs d'émergence des systèmes vivants., 62 p. (textes : 5 p. + 13 p., plan 2 p., discussion 5 p., présentation : 37 p.) Journées AFSCET "Thermodynamique du changement-Aspects systémiques", 01 et 02 juin 2013, Andé, France**.** **http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf**

DISCUSSION
RÉPONSES AUX QUESTIONS

- Tout système vivant est un réseau autopoïétique, "invariant" mais "contingent".

La **définition "systémique et cybernétique" d'un système vivant**, en termes d'espace-temps-actions (p. 8/37), possédant 7 capacités caractéristiques nécessaires et suffisantes -**"invariance de jauge"** définissant tout niveau d'organisation du vivant (pp. 10/37 à 13/37)-, est l'extension du concept d'autopoïèse

"... un système autopoïétique est un réseau de processus de production de composants qui régénèrent constamment le réseau qui les a produits, réseau qui constitue le système... unité distincte dotée d'une limite physique" (1).

Cette définition étendue prend en compte simultanément la morphologie -les connections spatiales entre espace-temps-actions (**endophysiotopes et écoexotopes juxtaposés et emboîtés**)- et la chronologie -les connections temporelles entre niveaux d'organisation juxtaposés et emboîtés- (p. 7/37) du système.

Le processus de mise en place d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (**ARMSADA**), est LE processus historique collectif -global- qui permet les **sauts de niveau d'organisation**, l'émergence de nouveaux espace-temps-actions locaux, de systèmes de plus en plus complexes. Ce processus contribue à perpétuer les changements et il en est à la fois la cause et le résultat : loi systémique constructale (p. 17/37)

"... La vie est un processus autonome et complexe... où la structure de chaque organisme est causalement reliée aux nombreuses structures qui l'ont précédée." (1).

Les endophysiotopes sont **à la fois de plus en plus indépendants** de leur écoexotope de survie (augmentation de l'autonomie externe du système global: la capacité d'accueil minimale nécessaire à la survie peut décroître, parce que la capacité d'être accueilli croît) **et de plus en plus dépendants** de leur structuration interne (augmentation de la solidarité par diminution de l'autonomie interne de tous les sous-systèmes locaux). **Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients.** La mise en place d'ARMSADA "libère toujours plus le Tout", et "emprisonne toujours plus les parties", "le Tout et les parties sont à la fois de plus en plus in-dépendants vis à vis de l'écoexotope mais toujours plus inter-dépendants dans leur endophysiotope commun".

Le recyclage en flux tendus (pp. 7/47, 14/37 et 32/37), dont le couplage des réactions exothermiques et endothermiques est une illustration, est indispensable pour la maintenance de survie. Et il est plus facile pour un système de recycler ses déchets entre différent niveaux spécialisés dans une tâche (**mono**potents) -répartition du travail INTER- que d'être un seul système généraliste (**toti**potent) -répartition du travail INTRA-.

L'itération des processus d'emboîtements et de juxtaposition (2) est une mesure de la complexité du système.

- Validité de la "loi équivalente à la deuxième loi de Kepler" $V_A^2 = C.\ t_g^3$

Tous les niveaux d'organisation du tableau périodique de classification des systèmes vivants (p. 22/37) obéissent à **une loi commune, locale et globale, invariante d'échelle, pour l'ensemble de l'Univers $V_A^2 = C.\ t_g^3$** L'ajustement graphique est "mauvais" **aux extrémités dimensionnelles** (p. 33/37) de l'infiniment petit (le quantum de Planck) et de l'infiniment grand (le Tout, l'Univers).

Pour l'infiniment petit, cela peut s'interpréter par le fait que **la dimension spatiale V_A est sur-estimée** dans les modèles de représentation de notre réalité, inconnue à cette échelle. De nouvelles observations des systèmes téloscopiques (3) par de nouveaux moyens d'investigation (4) confirment le modèle du "Big Bang" et de la **phase d'inflation** initiale qui aurait multiplié les dimensions de l'Univers primordial par **10^{26} en une fraction de seconde**. C'est à peu près l'écart de volume (**10^{30}**) dont il faudrait déplacer le point représentatif du quantum de Planck vers le bas pour "aligner" l'ajustement...

Pour l'infiniment grand, la mesure des distances cosmiques gagne en précision (5) : il faut étalonner au mieux les distances les plus proches pour espérer "mesurer" des distances plus lointaines. Mais on en est encore seulement à déterminer avec **une erreur inférieure à 5%** la distance des seules étoiles les plus proches du soleil : les étoiles binaires à éclipses du grand nuage de Magellan permettent d'indiquer qu'il est situé à 162.900 années-lumières à 3700 années-lumière près (ce qui est extraordinairement précis, à peine plus de 2% d'erreur, en plus ou en moins). La taille de l'Univers est estimée à plus de 13.000.000.000 d'années-lumière soit **plus de 100.000 fois plus**. Quand on mesure une distance de 100.000 d en mettant bout à bout des 1d on répète 100.000 fois la même erreur sur d. Si on a sous-estimé les distances proches, un volume étant le cube d'une distance, une mesure de distance à peine trop faible (avec une erreur de 1%) va donner une estimation du volume correspondant trop faible de presque 3%. Et cette erreur peut être amplifiée 100.000 fois.

Pour l'infiniment grand, l'interprétation la plus simple de l'écart constaté est le fait réel que **l'Univers est en phase de croissance**, **qu'il n'a pas terminé sa croissance**, donc qu'il n'a pas encore atteint son état adulte et que **la dimension temporelle t_g est sous-estimée.**

- Tableau <u>périodique</u> de classification des systèmes vivants

L'analyse qualitative (p. 10/37) est le préalable à toute approche quantitative (p. 23/37); il faut définir les objets et les phénomènes qu'on observe afin de savoir ce qu'on mesure "réellement" (si une mesure est possible... !) (***"A cause de la faiblesse de nos sens, nous sommes impuissants à distinguer la vérité."*** Anaxagore, 450 av. J.C.). C'est une question d'échelle (6). Et nous avons des difficultés à concevoir ce qui est **"hors d'échelle"** (p. 2/37) de nos sens et des extensions technologiques de nos sens, même si, avec la matière noire (7) par exemple (p. 26/37), cela permet de trouver une explication à une multitude d'observations. Les processus d'emboîtements et de juxtaposition, qui sont **à l'origine à la fois de la forme** (la morphologie interne et externe et la topologie fonctionnelle) du système, **et des déformations possibles**, sont inséparables des notions de **compartimentation**, donc d'**interfaces**, et de **champ morphogénétique** (8).

C'est la raison pour laquelle **le tableau périodique est "construit" à partir d'une typologie des processus de confinement**, qui tient compte de l'échelle.

La **validité qualitative** du tableau est "assurée" par son **utilisation quantitative** (p. 24/37) avec les prévisions que cela permet (p. 35/37) d'un "pavage" (9) **représentatif des interactions** entre sous-systèmes.

- Comment définir et mesurer la complexité d'un système ?

L'émergence continuelle d'ARMSADA, avec les interactions de dépendance croissante entre niveaux d'organisation qui en découlent, indique que l'évolution conduit à une complexité croissante, si on mesure la complexité par le niveau d'itération *i* des processus d'emboîtements et de juxtaposition (p. 8/37). Encore faut-il être capable de **définir qualitativement et correctement (c'est-à-dire de façon invariante) un niveau d'organisation** (p. 9/37 et 10/37) et d'identifier les espaces-temps-actions correspondant à ces **niveaux à l'état libre** (p. 22/37 et 23/37).

Tout système vivant emboîtant/accueillant/habité est plus complexe que les systèmes emboîtés/accueillis/habitants qu'il contient/accueille, eux-mêmes juxtaposés et emboîtant/accueillant d'autres sous-systèmes (p. 16/37). **En même temps que cette "complexité cybernétique" *i*** (pp. 5/37 et 8/37)**, une autre "complexité systémique"** (pp. 9/37 et 15/37) **peut être définie par le nombre d'acteurs impliqués dans un système *n*, ou/et le nombre de leurs interactions potentielles *Np*** (p. 17/37) -ce qui permet de prendre en compte le potentiel d'exaptation du système-**, ou/et le nombre de leurs interactions effectives *Ne*** (arrivant au moins 1 fois dans la vie du système) (pp. 4/37, 7/37 et 14/37), **ou la loi d'inter-relation entre *n* et *Np* ou/et entre *n* et *Ne*** -banale loi de puissance (p. 27/37) ?-.

La relation $V_A^2 = C.\ t_g^3$ (p. 23/37) permet de **définir une "complexité structurelle"** équivalente à la complexité mesurée en informatique par le temps de calcul pour la décompression d'une image **(10)**. En effet, tout nouvel emboîtement d'espaces-temps-actions (p. 17/37) ne perdure que s'il est, tôt ou tard, stabilisé par l'emboîtement et la juxtaposition des **informations nécessaires à la re-production des structures et à l'expression et au contrôle des fonctions**. Pour la survie d'un organisme méta-cellulaire macroscopique par exemple, cette **"compression" de l'information** nécessaire s'effectue au niveau infra-cellulaire par le transfert, l'emboîtement et la juxtaposition des structures génomiques (niveau d'organisation supra-moléculaire micro-scopique). Chaque nouvelle re-**production** du même organisme est donc un **phénomène de "décompression" de l'information**, dont l'opérationnalisation et l'expression doivent avoir lieu **au bon endroit (espace), au bon moment (temps), pour la bonne fonction (action)** **(11)**. Ce qui explique aussi la capacité des génomes à **"sauter" d'un niveau d'organisation à un autre (12)**. Ce temps de décompression est celui qui s'écoule depuis la formation de l'oeuf jusqu'à l'acquisition de l'état reproducteur, le système doit survivre pendant un temps au moins égal à celui de la phase de croissance (de sa forme de vie) qui est le préalable à la mise en place de l'état adulte reproducteur.

C'est donc **le temps de génération t_g** qui **mesure la complexité structurelle** du système.

Toute information est indissociable d'une structure, et d'un espace-temps-actions. Elle est codée sur **un support** (structure physique ou chimique, matérielle ou énergétique), par une structure de codage, dans un espace-temps de codage (***"un espace-temps pour chaque action, chaque action dans son espace-temps"***, ***"avant l'heure ce n'est pas l'heure, après l'heure ce n'est plus l'heure"***). Elle est décodée par une structure de décodage dans un espace-temps-actions de décodage. Une erreur dans la mise en place (**création**), la lecture et l'expression (**décompression**), dans la reproduction (**copie**) ou dans la (**compression**) de cette information peut avoir des conséquences considérables, ou passer inaperçue, selon le sous-sous-**module** (p. 6/37) de sous-module, de l'information, modifié. C'est l'erreur qui est "moteur" de l'évolution et de l'adaptation **(13)**, d'où l'importance de l'évaluation du potentiel d'exaptation, et de la capacité de résilience, liés aux interactions au sein d'un système (loi systémique constructale : p. 17/37).

Mais, **il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients** : ***"survivre c'est accepter l'erreur tout en minimisant les risques, courus et attendus"***.

La complexité d'un système est représentée à la fois par sa complexité cybernétique, sa complexité systémique (ou constructale) et sa complexité structurelle.

- Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages (ARMSADA) : compartimentation et interfaces d'échanges, barrières et flux, et tableau de classification périodique.

Tout "système de systèmes" n'est stable que parce que **la semi-autonomie des sous-systèmes** est assurée par l'existence d'interfaces, de frontières, qui jouent **à la fois le rôle d'une barrière impénétrable et d'un filtre à perméabilité sélective**, comme la barrière hémato-encéphalique (14), ou la barrière rénale. Au niveau d'une membrane, interface supra-moléculaire, comme à tout niveau d'organisation, ***il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients***; ce qui rend compte de certains **effets paradoxaux** : la morphine, substance anti-douleur, peut augmenter la douleur ! (15)

Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients . Avantages et inconvénients sont liés au contexte, **contingents** -la tumorisation est associée à une modification de l'interface (16)- ; ils différent selon l'espace-temps-action de localisation d'un acteur ou d'une action : ***"un espace-temps pour chacun, chacun dans son espace-temps"*** (17). La caféine soulage la migraine si elle est prise au moment approprié du cycle menstruel, prise à un autre moment, elle exacerbe dette douleur (18). L'émergence de nouvelles propriétés à partir de structures anciennes (exaptation) est associée à des changements de rôle d'acteurs qui ont changé d'espace-temps-action, **au bon endroit, au bon moment**. La **mise en place d'une ARMSADA** permet d'agrandir l'espace-temps-action. Le génome d'un virus qui est intégré au génome d'une bactérie change d'échelle de survie, ***"internalisé" il devient "éternel"...***

Ce que montre le tableau de classification périodique basé sur les **successions d'états.** Chaque colonne est **"une série", avec un "mode de confinement" identique**, **le même phénomène de "saut de niveau"** s'y répète identiquement : en haut, l'unité de base, (particules atomiques par exemple) dont les différentes espèces sont à l'origine de l'émergence par juxtapositions et emboîtements des espèces du niveau suivant (atomes dans ce cas), puis à nouveau des espèces du niveau suivant (molécules dans ce cas), et au dernier niveau des espèces les plus évoluées (amas supra-moléculaires dans ce cas). Le mode de confinement de cette colonne est celui des **champs de forces** électriques, **qui délimitent et maintiennent la cohésion des structures**, à courte distance, de proche en proche. Dans la colonne suivante, organismes de type monère, puis de type cellulaire, puis de type méta-cellulaire, puis de type écosystème, le mode de confinement **commun** est celui des membranes (amas supra-moléculaires **du niveau précédent**), qui délimitent et maintiennent la cohésion des structures, de proche en proche, en compartiments juxtaposés et emboîtés. Dans la colonne suivante le mode de confinement commun est celui des champs de gravité qui délimitent et maintiennent la cohésion des structures (qui possèdent toutes les 7 caractéristiques du vivant : **invariance de jauge**), de proche en proche, en volumes juxtaposés et emboîtés. **Chaque colonne correspond à une des forces à l'oeuvre dans notre Univers.** Chaque saut d'une colonne à la suivante correspond à un changement du mode de confinement : la première case (en haut) de chaque colonne est "aussi" la dernière de la colonne précédente, elle pourrait être placée aussi bien dans l'une (en haut) que dans l'autre (en bas), voire dans les 2 (répétée). Chaque ligne du tableau correspond au même stade d'évolution, indépendamment du mode de confinement.

La maladie de Parkinson, la maladie de Huntington et les cancers résultent d'une **rupture d'une ARMSADA**, au niveau moléculaire (membranaire) (16), ou infra-cellulaire (mitochondrie) (19), ou cellulaire (20). ***"Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive"***. La durée de survie (le temps de génération t_g) de la mitochondrie (niveau i-1 des monères) contrôle la durée de survie (le temps de génération t_g) de la cellule (niveau adjacent supérieur i) (21). La maîtrise du temps permet la maîtrise de l'espace (22) et réciproquement. La **biodiversité** nouvelle entretenue par la **survie d'une ARMSADA** est un **rempart contre les agressions** (grippe, maladie de Lyme, malaria) (23). **Tous les niveaux sont en interaction**, ce qui est un avantage (résilience) et un inconvénient (effet "boule de neige").

bibliographie complémentaire

Revues Internationales Pluridisciplinaires et ouvrages spécialisés, en langue française

(1) Pereto J., J. Catala & A. Moreno (2013) **Un système autonome et évolutif**. *In* Les origines de la vie. La Recherche, dossier annuel n°2, pp. 18-22.
(2) Bitbol M. (2011) **La nature s'organise comme les poupées russes**. *In* La théorie du tout. La Recherche, dossier H.S. n°43, pp. 22-27.
(3) Bourdet J. (2013) **La carte la plus précise de la première lumière de l'Univers**. La Recherche n° 475, pp. 12-13.
(4) Riazuelo A. (2013) **Planck géomètre de l'Univers primordial**. Pour La Science n° 427, pp. 44-51.
(5) Kervella P. & J. Bourdet (2013) **La mesure des distances cosmiques gagne en précision**. La Recherche n° 475, p.13.
(6) Atkins P.W. (2013) **Au coeur des réactions chimiques. La vie privée des atomes.,** de boeck,198 p.
(7) Sanders (2013) **A la recherche de la matière noire.**, de boeck, 230 p.
(8) Joubert J. (2013) **De l'électron à la réaction. Entre forme et déformation.,** de boeck,150 p.
(9) Hayes B. (2013) **Les grappes de sphères collantes.**[1] Pour La Science n° 427, pp. 64-71.
(10) Delahaye J.P. (2013) **Qu'est-ce qu'un objet complexe ?** Pour La Science n° 427, pp. 78-83.
(11) Ahmad M. & C. Depecker (2013) **Photosynthèse. Le noyau donne le rythme aux chloroplastes**. La Recherche n° 475, p. 21.
(12) Bapteste E. (2013) **Les gènes voyageurs.** Belin, Pour La Science, 192 p.
(13) Degos L. (2013) **Éloge de l'erreur.** Le Pommier, 128 p.

Revues Internationales spécialisées

(14) Cristante E. et al. (2013) **Identification of an essential endogenous regulator of blood–brain barrier integrity, and its pathological and therapeutic implications** PNAS 110(3): 832-841.
(15) Ferrini F. et al. (2013) **Morphine hyperalgesia gated through microglia-mediated disruption of neuronal Cl^- homeostasis.** Nat. Neurosci. 16(2): 183-192.
(16) Moreira Sousa C. et al. (2013) **The Huntington disease protein accelerates breast tumour development and metastasis through ErbB2/HER2 signalling**. EMBO Mol Med. 5(2): 309–325.
(17) Ybe J. A. et al. (2013) **Nuclear localization of clathrin involves a labile helix outside the trimerization domain.** FEBS Lett. 587: 142-149.
(18) Bricage P. (1999) **Variabilité individuelle de la périodicité des crises migraineuses et des circonstances les favorisant.** Bull. G.E.R.B., HS, 1 p.
(19) Bajpai P. et al. (2013) **Metabolism of 1-Methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine by Mitochondrion-targeted Cytochrome P450 2D6: Implications in Parkinson Disease**. J. Biol. Chem. 288: 4436 – 4451.
(20) Bricage P. (2008) **Cancer is a Breaking of the Cell's Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and Disadvantages Through an Aggression that Results in a Lack of Non-Autonomy.** 12 p. **http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226**
(21) Hebert A.S. et al. (2013) **Calorie Restriction and SIRT3 Trigger Global Reprogramming of the Mitochondrial Protein Acetylome**. Molecular Cell 49: 186–199.
(22) Chua M.A. et al. (2013) **Influenza A Virus Utilizes Suboptimal Splicing to Coordinate the Timing of Infection.** Cell Reports 3(1): 23-29.
(23) Bonds M.H. et al. (2012) **Disease Ecology, Biodiversity, and the Latitudinal Gradient in Income**. PLoS Biol. 10(12): e1001456.

1 Beaucoup de systèmes “optimisés“ occupent un espace-temps-actions de forme sphérique, **les phénomènes d'échanges étant des phénomènes de flux aux interfaces**.
Quel est le nombre maximal de contacts entre sphères ? Dans leur masse, les matériaux tendent à privilégier les configurations qui maximisent la densité.
Tout se passe comme si chaque sous-système était placé (**par un processus d'auto-assemblage?**) à un sommet d'un **réseau** duodécaédrique, **agrégat** de volumes sphériques qui constitue le système (pp. 35/37 et 36/37).