

Le Jeu de la Vie.
Systèmes vivants : les enjeux du temps, le temps des enjeux.
Modélisation des temps internes d'un système vivant.

The Game of the Life.
Living Systems Time Management: the Stakes of the Time, the Time to Bet.
Modelling of the Internal Time of a Living System.

Pierre BRICAGE
<http://www.afscet.asso.fr>
<http://iascys.org>
<http://web.univ-pau.fr/~bricage/>

Creative Commons

Attribution-NonCommercial-NoDerivs, **Share Alike**
Attribution Non-Commerciale, **Partage À l'Identique**
Urhebernennung, Nicht-kommerziell, **Gegenseitigkeit**
Atribución No comercial, **Compartir en igualdad**
Atribuição Não-Comercial, **Partilha em Igualdade**

Ce travail peut être copié et distribué gratuitement, mais sans modification, uniquement dans un but non-commercial, et à condition que soit indiqués la source, le titre, l'auteur, la pagination, la date, la publication, le lieu.
It can be copied and distributed, only in a non-commercial purpose, but without modification, and provided with the indications of the origin, the title, the author, the pages, the year, the book, the place.

Bricage P. (2012) *Le Jeu de la Vie. Systèmes vivants : les enjeux du temps, le temps des enjeux. Modélisation des temps internes d'un système vivant.* Jeux et Enjeux : Systèmes, Modèles et Jeux. Journées Annuelles de l'AFSCET à Andé, 9 & 10 juin 2012, 44 p. <http://www.afscet.asso.fr/Ande12/pbAnde2012texte.pdf>

Bricage P. (2012) *The Game of the Life. Living Systems Time Management: the play of the time, the time to play. Modelling of the Internal time of a living system.* Jeux et Enjeux : Systèmes, Modèles et Jeux. Journées Annuelles de l'AFSCET à Andé, 9 & 10 juin 2012, 44 p. <http://www.afscet.asso.fr/Ande12/pbAnde2012texte.pdf>

figures and tables **Share Alike free use**
http://fr.wikipedia.org/wiki/Licence_de_documentation_libre_GNU
<http://en.wikipedia.org/wiki/Copyright>
http://en.wikipedia.org/wiki/Creative_Commons_Licenses

Le Jeu de la Vie. Systèmes vivants : les enjeux du temps, le temps des enjeux. Modélisation des temps internes d'un système vivant.¹

Pierre BRICAGE,
<http://www.afscet.asso.fr>
pierre.bricage@univ-pau.fr

Résumé

“Survivre c'est d'abord manger et ne pas être mangé.”

Tout système vivant appartient à une chaîne alimentaire et il est aussi une chaîne alimentaire.

“Survivre n'a qu'un but se survivre” : permettre la survie de sa forme de vie.

C'est la règle de base du “jeu de la vie”. Mais, pour survivre et se survivre, “il faut être au bon endroit au bon moment” et “ne pas être au mauvais endroit au mauvais moment”, à tout moment “il faut avoir eu de la chance et avoir encore de la chance suffisamment longtemps”. L'anticipation du moment à venir, est un enjeu à la fois pour la survie de l'individu- en permettant d'échapper à un prédateur (et de ne pas être mangé) ou de capturer sa proie (et de manger) -, pour la rencontre d'un partenaire sexuel et pour la survie de sa descendance (la génération future).

Tout système vivant est une unité indissociable d'espace, de temps et d'action.

Pour survivre et se survivre, il lui faut “réaliser la bonne action, au bon endroit, au bon moment”.

C'est l'existence d'une organisation -structurale et fonctionnelle- modulaire (*l'endophysiotope*) et de possibilités d'expression de choix (de prise de décision) qui permettent l'expression contingente d'une “praxis” en adéquation avec l'environnement naturel & culturel (*nature & nurture*) de survie (*l'écoexotope*).

Survivre et se survivre c'est d'abord “connaître et re-connaître” les limites et les limitations de son **écoexotope** (tope: **espace-temps**, exo : externe, éco : d'habitation et d'action, son “Umwelt” structural & fonctionnel) et aussi les limites et les limitations de son **endophysiotope** (tope : **espace-temps**, endo : interne, physio : de fonctionnement et d'action, son “Innenwelt” structural & fonctionnel)², dans l'espace et dans le temps. Pour mesurer le décours du temps il faut au moins **une montre** : un système de “battement” régulier, constant et autonome. Pour anticiper un moment à venir il faut au moins **un calendrier** d'événements : une mémoire, ordonnée et “validée”, d'événements déjà passés mais qui peuvent revenir. Pour agir au bon moment il faut au moins une alarme, il faut **une horloge**, couplée à une montre et à un calendrier, qui sonne l'alarme, au bon endroit, au bon moment.

Quels sont les types de dispositifs de mesure du temps, d'élaboration de calendriers et de déclenchement d'alarme dans les systèmes vivants ? Comment fonctionnent-ils ? Comment sont-ils construits ? Quelles sont leurs échelles de temps ? “Qui” est **l'horloger** constructeur de ces dispositifs ?

Est-il possible de modéliser **les temps emboîtés et juxtaposés** des systèmes vivants (Bricage, 2005c <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage2.pdf>) de la même façon qu'il est possible de modéliser leurs espaces emboîtés et juxtaposés (Bricage, 2010a <http://www.afscet.asso.fr/Ande10/pbETA vivant10.pdf>) ? Quelles sont les relations qui s'installent au fil du temps entre les **échelles** d'espace et les échelles de temps ?

Mots clés : analemme, calendrier, coniques, création du temps, “dessin” (design) du temps, durée interne, **ellipse**, gestion du temps, holisme, horizon du temps, horloge, références temporelles, ruban de Moebius, rythme circadien, rythme saisonnier, sabliers, système dynamique, temps cosmique, temps interne, temps physiologique, **trajectoire du temps**.

¹ Dans le texte, hors figures et tableaux, les **mots-clés** sont en rouge, les **concepts-clés** en violet, les **citations** en vert, les **références** en bleu.

² Von Uexküll J. (1909) *Umwelt und Innenwelt der Tiere*. Springer Verlag, Berlin, 261 p.

The Game of the Life. Living Systems Time Management: the Stakes of the Time, the Time to Bet. Modelling of the Internal Time of a Living System.

Pierre BRICAGE

<http://iascys.org>

UPPA, Pau, France

pierre.bricage@univ-pau.fr

<http://web.univ-pau.fr/~bricage/>

Abstract (and basic definitions in foot notes)

Whatever the level of its spatial and temporal organisation (Bricage 2005b, Bricage 2009), a living system is always integrated into an ecoexotope. Each organisation is inseparable from its **ecoexotope** (EXO) in which it is welcome. The interactions between its ecoexotope and **endophysiotope** (ENDO) shape its morphogenesis. Its "capacity to be welcome" results from its modular -spatial and temporal- organisation (Bricage 2005b, Bricage 2010a). Both its survival and ontogenesis result from the interactions between its ecoexotope and its endophysiotope (Bricage, 2003). But their temporal structures can be different. Thus the clocks of the living systems result from the recall of both external and internal time information. The time modularity is revealed by the existence of rhythms at different scales (Bricage, 2005c).

The holistic approach to the description of a living system is based on the concept that the system is **a participant not only to its evolution but also to that of all the sub-systems it contains and to all the systems in which it is a sub-system** (Bricage 2005b, Bricage 2009, Nikolaeva-Hubanova, 2001). Thus no one system must be defined as an independent, autonomous, organisationally closed space but it can be described as **an independent, autonomous, organisationally closed "time and timer"**, with **watches**³, **clocks**⁴ and **calendars**⁵ that are the actors of **endogenous rhythms**⁶. They are built as **the memory of the responses of the past events of interactions** (phase shift delays, entrainments, breakages)⁷ between the endophysiotope and ecoexotope of the system (Vincent, 1977): **photoperiodism** (Lofts, 1978) -*Pedilanthus tithymaloides* (figure 6) (Bricage, 1983)-, **thermoperiodism** -*Lathyrus macrorhizus* (figure 3) (Bricage, 1984b)-.

So each living system needs to be both **a clockmaker**⁸, **a watchmaker** and **a wake-maker**.

Each modelling has to take into account "simultaneously" the concepts of

-the **temporal window**: "**Before the time, that is not the time. After the time, this no longer is the time.**",

3 **A clock/an alarm** is a mechanism/process used **to indicate, keep and co-ordinate the time**. It refers to **any device for displaying the time** -watches and other timepieces are to be distinguished from clocks-. The clock is one of the oldest human inventions, meeting **the need to consistently pointed to precise instants of time** different from and shorter than the natural units: the day, the lunar month, the solar year.

4 The different natural events like the end of the day, the end of the lunar month, are associated to natural events like the **photoperiod** -the time length of the light phase (photophase) in the daily cycle of light and night (scotophase)- and the **thermoperiod** -the daily temperature cycle (light and night)-. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Clock>).

5 **A timetable** is a table **for coordinating actors, spaces and other resources through a time piece**.

A calendar is a structure of organizing one's schedule with events and activities **arranged in chronological order**.

6 **Endogenous rhythms** are **self-sustained, it free-runs in the absence of temporal cues** such as the daily cycles of light (photoperiod) or temperature (thermoperiod). The **period** is supposed to be the **constant time length** after which a definite phase of a time cycle reoccurs. **Exogenous rhythms** are direct **cyclic responses** to the ecoexotope cycles of light or temperature, in their absence the rhythm does not persist.

7 **A phase shift delay** is a period lengthening after a perturbation by a light or temperature signal causing the overt phase to occur later in steady-state than the unperturbed (control) oscillation. **The entrainment** is the coupling of a self-sustained oscillation to **a zeitgeber** so that both have the same frequency -synchronization (table 4), or that the frequencies are integral multiples, but only in a limited range of frequencies.

8 **A clockmaker** is a specialist who **makes and repairs clocks**. Clockmakers must be **able to read blueprints and instructions for numerous types of clocks and time pieces** in order to fix and make clocks or watches (<http://en.wikipedia.org/wiki/Clockmaker>). Clockmakers generally do not work on watches. The skills and tools required are different enough that watchmaking is a separate field, handled by another specialist, **a watchmaker**.

- the **time latency** and the **time shifting**: "*It is necessary to give some time to the time.*",
- the **time compartmentalisation**: "*There is a time for each event. And each event is located into its time place.*" (figure 1 -glycaemia-, figure 4),
- the **non-linearity** and the **non-summation** of the time : "*The temporal Whole is both more and less than the sum of its parts.*" (table 3) and
- the **interactions between time and space**: "*The arrow of the time structures the clocks of the living systems. But, the living systems structure back the arrow of their time.*" Calendars are tools for **forecasting gates** (allowed time zones of a "cycle" through which an event may emerge) and fixing a **time horizon** (a fixed point of time in the future at which certain processes will be evaluated or be assumed to end or start). A **time management** needs the design by the living system of a range of skills and tools used to manage time when accomplishing specific tasks to survive. Always **timelines are designed as conics** (figures 3 & 16), for example a long ellipse **labeled with dates alongside** itself and events labeled on the points where they would have happened (figure 3), as projected on a plan or a Moebius strip (table 4).

The emergence of a new living time blueprint (figures 5, 8 & 10), whatever the level of organisation, runs always **through the juxtapositions and the embedments of previous systems** (Bricage 2001c, 2010b). The new time whole is both more and less than the sum of its parts (tables 3 & 4). It merges **through the simultaneous metamorphoses of the parts into the whole** (figures 4 & 8). But each host/subsystem maintains its space-time identity into the Wholeness of which it is a partner. The partial autonomy of each partner is allowed **through the maintenance of individual and collective, spatial and temporal, boundaries**. These interfaces structure the spatial and temporal integration of the parts into the endophysiotope of their whole, and of the whole into the ecoexotope of its survival (Bricage, 2002a, 2003). The transition from one level of organisation to an adjacent and superior one is the result of the building of a new, spatial and temporal, network (figures 4, 5 & 10). In this new orderly spaced-timed system all braces are allowed and each partner owns a special place, both **through the time and into the space** (Bricage, 2010a, 2011b). Whatever its mode, the integration of the parts, and of the whole, merges only through the building of **Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages** (<http://armsada.eu>).

In a no-change ecoexotope, only this allows the maintenance of the diversity of the partners and the unity of the whole. If the endophysiotope or the ecoexotopes change, this is the only way to make a new networking mode of organisation and integration (figure 15 -forest-). These associations merge through the interactive fitness between **the capacity "to welcome" of the ecoexotope** and **the capacity "to be welcomed" of the endophysiotope** of each **parcener**. Pathological processes (figure 2 -asthma-) and failure of medical treatments (glycaemia) can be explained in terms of "irregularities" or breakages of the time architecture. Inside a system, the time can stop, move with different speeds, jump from one step to another, but it will never turn back (figure 13 -man sleep-). When a step is in the past you need to turn forward a complete cycle to reach it again (glycaemia regulation, anthocyanin synthesis, peroxidase capacities).

The constant tic-tac of the physicists is totally different from the variable time of the alive which is **contingent** both to the genetic and epigenetic contexts. The time does not flow when the functional state of the endophysiotope does not change. A theoretical model, in which **the time flows faster or slower depending on the speed of changes** was proposed, by Robert Vallée (2001, 2002). When the time runs in a **second order manner** we attend phenomena of explosion or implosion, which can be described by conics: hyperbola, parabola) (Vallée 2001). Thus the time can be modelled in the same way as the space (Bricage, 2010a): the time, as the space, can be at the same time **more and less than the sum of its parts** (tables 3 & 4)!

Whatever is the level of organization, within the endophysiotope and within the ecoexotope, temporal waves structure the space volumes and mutually spatial waves structure the timelines (systemic constructal law). **The time and the space** are not a priori, but they **result from interactive processes** (Bricage, 2009): they are constructions produced by systems in interactions and for their organization. They are, from emergent scales to emergent scales, **emergent properties of systems of systems**.

Whatever is the spatiotemporal scale, and as well for the physiological time (ENDO) as the cosmological one (EXO), we have to distinguish between:

-**the reference time t** , artificial time which allows to write the equation of the system's evolution (Vallée 2002)
-**the internal endogenous (or intrinsic) time**, which does not flow if the state of the system, does not change, which is an internal adaptation to external changes, the changes of which it is originated and from what it undergoes. *"As long as he did not feel it, nothing becomes real for an alive system."*

As the ancient Egyptians had anticipated it more than 2000 years ago, the time is the union of two **complementary aspects**: -"an eternal duration", **a global embedding and fitting time** (hyperbola, parabola, line) and -"**cyclic times**" **finite, local, juxtaposed, and repeating locally** (ellipse, circle), and being able to contain other juxtaposed and embedded cyclic times for which they constitute emergent "eternal" times.

Any living system, whatever is its level of organization, is "at the same time" **the manufacturer** (the watchmaker) and **the user** (level i) of calendars (levels i - j) of functioning of its endophysiotope. This emergent endophysiotope, **contains, maintains and uses** "at the same time" **a set of watches in interactions** (which measure different times), **a set of juxtaposed and fitted clocks** (which indicate the arrival of dangerous hours for the survival) and **a set of juxtaposed and fitted calendars** (which contain temporally ordered gradual programs). To build its internal time allows the system to forecast the next events to come in its space-time. This implementation is made without any a priori project, without other purpose that a single constraint: "survive to live on". The life arises from the life! *"The life appears to be an orderly and regulated behavior of the matter,... partially established on an existing order which remains."* Erwin Schrödinger

Is the time which allows to channel random events towards a reproducible global behaviour? Is the global randomness which, thanks to the local at random requisite variety, creates the arrow of a unique, local and global time? **Time is an emergent concept**. What we perceive as being the time reflects only the relations that the various sub-systems of the Universe maintain between them. Time is the order, the causality. The space is the set of the possible times (Bricage, 2009, 2010a). As well as the causalities are in loops, the time is in loops too. The time as the space (Bricage, 2001b) is a macro-scopic arrangement of micro-states: the ergodicity, the fractality, is "at the same time" spatial and temporal (Bricage, 2009). Whatever is the scale a referent quantum is needed: **a quantum of space, time and action** (Bricage, 2010a). The quantum laws apply to all the scales, even if their appearances are unnoticed (Vedral, 2011). The space and the time are not separable: *"the space creates the time and conversely the time creates the space"* (Bricage, 2009).

The **general solution** for an harmonic oscillator in two or more dimensions is **an ellipse** (figure 2, table 4). Such is the case of **an object that moves under the influence of an attractive force** that is directly proportional to its distance from **a fixed space or time attractor**. Like **Keplerian orbits** (Bricage, 2009), these "harmonic orbits" have the center of attraction at the geometric center of the ellipse, and have fairly simple equations of motion (figures 10b & 16). Time is created by a force field.

Key words: circadian rhythms, conics, cosmological time, dynamical system, gate⁹, holism, internal duration, internal time, Moebius strip, physiological time, reference duration, reference time, time design, time horizon¹⁰, timeline¹¹, time management¹²

Creative Commons, Attribution-NonCommercial-NoDerivs, Share Alike

This work can be copied or distributed in a non-commercial purpose, without modification, provided with the indications of

Bricage P. (2012) The Game of the Life. Living Systems Time Management: the play of the time, the time to play. Modelling of the Internal time of a living system. *Jeux et Enjeux : Systèmes, Modèles et Jeux*. Journées Annuelles de l'AFSCET à Andé, France, 9 & 10 juin 2012, 44 p. <http://www.afscet.asso.fr/Ande12/pbAnde2012texte.pdf>

9 **gate**: allowed zone of a cycle through which an event may emerge.

10 **A time horizon** is a fixed point of time in the future. At which point certain processes will be evaluated or assumed to end or start.

11 **Timeline**, a project artefact. It is typically a graphic design showing a long bar labeled with dates alongside itself and (usually) events labeled on points where they would have happened. It is used to show events along a duration of time.

12 **Time management**, refers to a range of skills, tools, and techniques used to manage time when accomplishing specific tasks and goals.

PLAN

introduction : l'espace-temps-action du vivant.

A. Temps externe et temps interne, quelle flèche du temps ?

1. écoexotope, endophysiotope, temps artificiel de l'observateur, temps intrinsèque de l'observé.
2. récurrences, phases de latence, cycle de vie, intégration, durée de vie, temps externe.
3. entraînement de chaînes métaboliques endogènes par des facteurs exogènes, décours des flux.
4. L'espace structure le temps et le temps structure l'espace.
 - 4.a. échelles temporelles, cycles temporels juxtaposés et emboîtés.
 - 4.b. durée critique et délai temporel, phase critique, cycle circadien, synchroniseurs.
5. cycles intrinsèques et blocage temporel de l'endophysiotope.

B. L'émergence de nouveaux espace-temps : intégration temporelle, paramètres temporels critiques.

1. Les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA).
 - 1.a. semi-autonomie et inter-dépendance : la symbiose lichénique.
 - 1.b. emboîtements et juxtapositions des espaces : l'origine endosyncénétique virale de la cellule.
 - 1.c. emboîtements et juxtapositions des espace-temps : les flux inter- et intra-compartiments.
2. Les limites des uns sont les limites des autres et réciproquement.
 - 2.a. emboîtements et juxtaposition des limitations : limites des limites ?
 - 2.b. emboîtements et juxtaposition des espaces : volumes limites et espace-temps.
 - 2.c. stratégies paradoxales et agoantagonisme en médecine.
3. La capacité d'accueil de l'écoexotope impose sa structure à celle de l'endophysiotope.
 - 3.a. L'espace-temps des épidémies de grippe aviaire.
 - 3.b. Cycles lunaires et cycles solaires : temps externes et temps internes cycliques.

C. Invariance temporelle et indépendance d'échelle : fractalité du temps.

1. projections temporelles : "collisions d'émergence".
2. variété requise en nombre d'espace-temps
3. champs d'espace-temps-action, phylotagmotaphologie
conclusion temporaire : l'espace-temps-action "vivant" des espaces-temps-actions du vivant .

introduction : l'espace-temps-action du vivant.

Pour tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation (Bricage, 1991), **"survivre c'est manger et ne pas être mangé."** Tout système vivant est donc en permanence obligé de rechercher sa nourriture, source de sa matière et de son énergie. Pour cela il possède une capacité spécifique de réagir à des stimulations, ce qui lui permet **d'identifier, au bon endroit, au bon moment**, la nourriture appropriée. L'organisation de son **endophysiotope** (tope : espace-temps, endo : interne, physio : de fonctionnement) lui permet de disposer d'une **"capacité d'être accueilli"** (innée et apprise) qui lui permet d'utiliser, plus ou moins efficacement et **dans certaines limites**, la **"capacité d'accueil"** qui lui est fournie par son **écoexotope** (tope: espace-temps, exo : externe, éco : d'habitation) de survie. Tout système vivant est lui même potentiellement une source de nourriture : **"Tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé."** Au cours de l'évolution, au cours de la conquête de nouveaux espace-temps de survie (Vincent & Marchal, 1976), avec **la lutte pour la quête de nourriture** (Deschet, 1976), les systèmes vivants ont mis en place **des outils**, d'attaque et de défense, passive ou active, **des stratégies** de lutte, de dissuasion ou d'évitement (Vincent, 1977).

Les règles du "jeu de la vie" sont connues : **tableau 1**.

Les contraintes fonctionnelles de la survie sont connues : **tableau 2**.

Mais le plus important c'est la maîtrise du temps, car, **pour "survivre" et surtout "se survivre"**, **"il faut être au bon endroit au bon moment" et "ne pas être au mauvais endroit au mauvais moment", à tout moment "il faut avoir eu de la chance et avoir encore de la chance suffisamment longtemps"**.

Tableau 1. Les règles du jeu de la "vraie" vie.¹³ (Bricage, 2000a, b, c)

- première règle: **"pour survivre, il faut manger et ne pas être mangé"**.
Mais, tôt ou tard, il est impossible de ne pas être mangé !
Car tout système vivant est une chaîne alimentaire et il appartient à au moins une chaîne alimentaire.
Survivre c'est d'abord manger et ne pas être mangé.
- deuxième règle: **"la croissance est le préalable à la reproduction"**.
il faut survivre, pour croître, et croître pour "se survivre", voire se multiplier.
Survivre n'a qu'un but "se survivre" : permettre la survie de sa forme de vie.
La vie naît et renaît du flux de matière et d'énergie qui la traverse.
Tous les systèmes vivants de notre "biosphère" sont interdépendants.
- troisième règle : **quelle que soit la situation, "il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients"**.
Survivre c'est "transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients".
- quatrième règle : dans tout système vivant, **"les parties et le tout sont indissociables"**.
La survie de l'un (l'acteur local) passe par celle de l'autre (l'acteur global) et réciproquement.
"Pour qu'un acteur survive, il faut d'abord que tous les autres survivent et réciproquement."
Des inconvénients pour un acteur sont des avantages pour un autre et réciproquement.
- cinquième règle : **la mise en place de réseaux d'interactions est le moteur de l'évolution.**

A long terme,

"seules survivent et se survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés.

Au cours de l'évolution, **c'est l'intégration à l'écoexotopie de survie qui "actualise" des choix d'endophysiotes, d'organisation et d'intégration temporairement durables.**

Pour survivre et se survivre : **"il faut être au bon endroit au bon moment"** et **"ne pas être au mauvais endroit au mauvais moment"**, **à tout moment, "il faut avoir eu de la chance et avoir encore de la chance suffisamment longtemps"**.

Toute **boucle de perception-action** fonctionne conformément à la description qui en fut donnée par Von Uexküll en 1909 ("**le cercle fonctionnel**") qui montre comment le sujet et l'objet (**les 2 acteurs**) s'ajustent en permanence l'un à l'autre et dont l'analyse est généralisable à l'ensemble de l'évolution des **systèmes capables de survivre et de se survivre** (Bricage 2002a).

Tableau 2. Les contraintes de survie de l'espace-temps-action des systèmes vivants.¹⁴

- première contrainte : tout système est une **unité indissociable d'espace, de temps et d'action** (1, 2).¹⁵
- deuxième contrainte : pour survivre et se survivre un système doit **"réaliser la bonne action, au bon endroit, au bon moment"** (3). C'est l'existence, à la fois, d'une organisation -structurale et fonctionnelle- modulaire (**l'endophysiotope**) et de possibilités d'expression de choix qui permettent l'expression contingente d'une "praxis" **en adéquation** avec l'environnement naturel & culturel (*nature & nurture*) de survie (**l'écoexotopie**).
- troisième contrainte : tout comportement (Hyver, 1977) de tout système vivant (4) est **"à la fois plus et moins"** que la somme ou/et le produit (5) des potentialités et des interactions (6) entre l'endophysiotope et l'écoexotopie (7).
- quatrième contrainte : Survivre et se survivre c'est **d'abord "connaître et re-connaître" les limites et les limitations** (8) de son **écoexotopie** (tope: espace-temps, exo: externe, éco: d'habitation et d'action, son "Umwelt" structural & fonctionnel) de survie et aussi les limites et les limitations de son **endophysiotope** (tope: espace-temps, endo: interne, physio: de fonctionnement et d'action, son "Innenwelt" structural & fonctionnel) (9, 10).
- cinquième contrainte : **A long terme, "seules survivent et se survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés."** <http://www.armsada.eu>

(1) Bricage 2001a, (2) Bricage 2010b, (3) Bricage 2005c, (4) Bricage 2000a, (5) Bricage 2010a, (6) Bricage 2002b, (7) Bricage 2007, (8) Bricage 2010c, (9) Bricage 2001b, (10) Bricage 2002a.

13 Bricage P. (2000c) **Systèmes biologiques: le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ? La décision systémique: du biologique au social.** Journée AFSCET, I.I.A.P. Institut International d'Administration Publique, Paris, France, 25 nov. 2000, 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf>

14 Bricage P. (2007) **Les boucles "constructives" en sciences de la vie** : l'intelligence est-elle dans les boucles ?, Journées annuelles AFSCET, **Intelligence des systèmes & action collective**, Andé, France, 2 & 3 juin 2007, table ronde "l'intelligence des boucles". 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde07boucles.pdf>

15 **"... notre présence interagit avec des éléments du réel, pour en choisir, en souligner, en corrélérer certains, mais pas d'autres, pour donner des noms, pas arbitraires car riches d'histoire et de sens,... notre action interpole les lignes manquantes, propose des liens par analogie, des analogies dérivées d'autres expériences; elle intègre une variété d'actes d'expérience pour produire une nouvelle structure, un réseau... entre les choses du monde."** (Bailey & Longo, 2006)

A. Temps externe et temps interne, quelle flèche du temps ?

Pour maîtriser le temps, il faut **à la fois** pouvoir **mesurer son écoulement** (disposer d'**une montre**), **connaître les événements à venir et leur place dans le temps** (disposer d'**un calendrier**) et **disposer d'un mécanisme d'alerte** (un réveil, **une horloge qui sonne l'alarme**, une cloche, qui sonnent l'heure). Encore faut-il que la montre ni n'avance, ni ne retarde et qu'elle puisse être éventuellement remise à la "bonne" heure. Encore faut-il que le calendrier soit complet, avec la mémoire de tous les événements utiles, passés et à venir, placés au bon moment, et qu'il puisse être mis à jour, si de nouveaux événements surviennent ou si des événements changent de date. Encore faut-il que l'alarme sonne au "bon" moment et qu'elle puisse être éventuellement avancée ou différée (remise à la "bonne" heure). Comment font les systèmes vivants ?

"Avant l'heure cela n'est pas l'heure et après l'heure cela n'est plus l'heure."

Ramlibacter tataouinensis (http://en.wikipedia.org/wiki/Ramlibacter_tataouinensis), bactérie du sol du désert de Tataouine, forme de petites sphères de taille 10 fois plus réduite que celles des bactéries vivant dans des écoexotopes plus favorables. Ces coques sont protégées par une paroi très épaisse et peuvent résister au rayonnement solaire, aux variations très importantes de la température (à la chaleur du jour brûlant aussi bien qu'au froid glacial de la nuit) et à la sécheresse du désert. L'endophysiotope de ces "spores" très résistantes n'est cependant pas dormant, elles sont actives, de jour comme de nuit. Le jour, elles se divisent et forment une colonie. Cette armure de protection **c'est un avantage énorme**, mais **c'est aussi un inconvénient énorme**, car elle les empêche de se déplacer. Elles doivent se transformer en un stade mobile, en forme de bâtonnet, pour coloniser d'autres espaces de survie (**ce qui est un avantage énorme**) (Gommeaux & al., 2005). Mais alors le bâtonnet ne possède plus l'armure protectrice (**ce qui est un inconvénient énorme**). La nuit, à la périphérie de la colonie des coques se transforment en bâtonnets et quittent la colonie, se déplaçant à l'abri de la lumière. Mais **avant** que le jour ne revienne les bâtonnets doivent redevenir des coques **pour ne pas mourir**, survivre et se survivre, le jour, à la lumière. Aussi bien dans sa forme sphérique que dans sa forme en bâtonnet, la bactérie possède **un dispositif de perception** de la lumière, qui lui permet **d'ajuster son espace-temps-action** (son endophysiotope) à la fois à la qualité et à la quantité de lumière. Ce dispositif d'alarme/d'éveil comprend 6 photorécepteurs, dont 2 répondent à la lumière rouge et infrarouge (comme les phytochromes des plantes supérieures), et 4 répondent à la lumière bleue, de l'aube et du crépuscule. Mais **pour anticiper ces changements**, en particulier le retour de l'humidité et de la lumière du début du jour, **il lui faut un dispositif de mesure du temps**. Une seule protéine lui suffit pour construire un dispositif de mesure du temps du type sablier. **Un sablier** indique l'écoulement du temps pendant une durée limitée, il s'arrête de fonctionner, sauf s'il est "retourné" (remis à zéro) par un événement périodique. Cette protéobactérie possède une telle horloge circadienne, comme celle des Cyanobactéries, qui bat le temps au rythme de 24h, y compris dans l'obscurité permanente, et **qui se remet à l'heure**, se resynchronise, à la lumière (De Luca & al., 2011).

1. écoexotope, endophysiotope, temps artificiel de l'observateur, temps intrinsèque de l'observé.

Chez l'homme, la régulation humorale de la glycémie (la concentration sanguine en glucose libre) fait intervenir une seule hormone hypo-glycémiant (qui fait baisser la glycémie), l'insuline, et plusieurs hormones hyper-glycémiantes (qui l'augmentent), comme l'adrénaline et le glucagon. Le glucagon et l'insuline sont des **hormones à effets antagonistes**. Elles sont sécrétées dans notre endophysiotope par des cellules différentes, mais voisines, du pancréas, où elles sont baignées par le même flux sanguin. Depuis longtemps des expériences d'hyperglycémie provoquée ont permis de mettre à jour le mécanisme de régulation (Müller & al., 1970). Chaque jour, **à chaque instant**, la glycémie varie. La prise d'aliments provenant de notre écoexotope, plus ou moins riches en glucides plus ou moins rapidement assimilables, **l'augmente transitoirement**. L'activité physique ou intellectuelle, plus ou moins consommatrice de glucose, **la diminue transitoirement**. Les courbes représentatives de ces changements montrent le parallélisme des changements simultanés de l'insulinémie (concentration sanguine en insuline) et de la glycémie et l'anti-parallélisme des changements simultanés de la glucagonémie (concentration sanguine en glucagon) : **figure 1**.

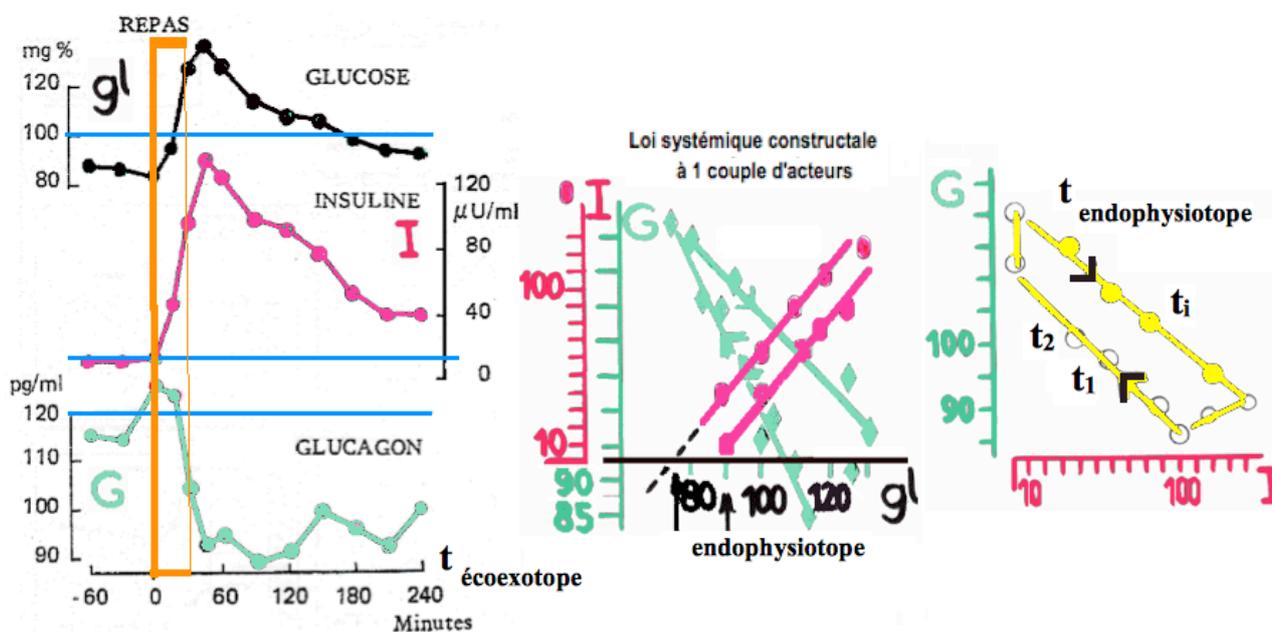


Figure 1. Le "calendrier" de la glycémie chez l'homme : **loi systémique constructale à 1 couple d'acteurs.**

A gauche : variations simultanées de la glycémie gl (teneur en GLUCOSE dans le sang en $mg\%$) à la suite d'un REPAS (espace de temps représenté en orange, débutant au temps 0) -courbe en noir-, de l'insulinémie (teneur en INSULINE dans le sang en $\mu U/ml$) I -courbe en rouge- et de la glucagonémie (teneur en GLUCAGON dans le sang en pg/ml) G -courbe en vert-; en bleu niveaux des concentrations respectives avant le repas (situation témoin). Le temps t est un paramètre arbitraire de l'ÉCOEXOTOPE (commun à l'observateur et à l'observé) mais sans relation, ni de structure, ni d'échelle, avec le temps interne de l'ENDOphysiotope propre au sujet observé. La durée (d'écoulement) du temps externe de l'ÉCOEXOTOPE peut être mesurée par un sablier dont on compte les grains de sable qui s'écoulent à vitesse constante (ou une montre qui "bat" la seconde). D'autres conditions de mesure, d'autres unités peuvent être utilisées pour représenter le phénomène (la glycémie : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Glycémie>, et sa régulation : http://fr.wikipedia.org/wiki/Régulation_de_la_glycémie), cela ne change rien à l'aspect qualitatif et quantitatif (Müller & al. 1970).

Au milieu : espace des variations simultanées de la glycémie gl , de l'insulinémie I et de la glucagonémie G du même sujet, au cours de la même expérience, la **flèche du temps** $>$ est indiquée sur les droites pour le glucagon. La relation qui unit les variations de la glycémie à celles de la glucagonémie qu'elles influencent n'est pas la même selon que la glycémie s'élève (de 80 à 120) ou diminue (de 120 à 80). La **séquence des variations consécutives** s'inscrit sur un triangle, un "chemin obligatoire" dont le parcours est orienté, "toujours dans le même sens" du temps interne. C'est la même chose pour la relation qui unit l'insulinémie et la glycémie, les **décours temporels des allers et retours de leurs variations conjointes**, dans le même sens temporel, sont de la même façon "décalés" (en sens quantitatifs inverses de ceux de la glucagonémie). Le décalage du temps de l'ENDO-PHYSIOTOPE n'est plus celui d'un sablier à écoulement constant : les espaces de temps ne sont pas équidistants, le temps peut même s'arrêter momentanément, mais les 2 cadrans du suivi temporel des variations tournent dans le même sens et à la même vitesse.

A droite : espace-temps d'interaction de l'insulinémie I et de la glucagonémie G (du même sujet, au cours de la même expérience), la **flèche du temps** $>$ est indiquée sur le "cadrant" jaune représentatif de l'horloge interne de l'endophysiotope, qui "bat" apériodiquement selon les apports irréguliers et la consommation irrégulière de glucose par le sujet. L'écart de temps entre l'état (l'instant) t_1 et l'instant (l'état) t_2 peut être différent d'un cycle à l'autre. Mais le **calendrier est toujours le même**, le temps s'écoule toujours de t_1 vers t_2 . Pour revenir de t_2 en t_1 il faut nécessairement faire le tour en passant obligatoirement par t_i , il est impossible de revenir sur ses "pas" temporels, mais la distance temporelle de chaque pas n'est pas constante et peut changer.

Pour suivre les variations simultanées de la glycémie, de l'insulinémie et de la glucagonémie (figure 1), il est nécessaire de disposer d'un dispositif de prise de mesures à des temps équidistants. Mais ce temps de l'observateur est un repère arbitraire de l'ÉCOEXOTOPE, construit par l'observateur, sans relation, ni de structure, ni d'échelle, avec le temps de l'ENDOphysiotope propre au sujet observé. La durée d'écoulement du temps de l'ÉCOEXOTOPE peut être mesurée par un sablier dont on compte les grains de sable qui s'écoulent à vitesse constante (ou une montre qui "bat" la seconde). Mais la relation qui unit les variations de la glycémie à celles de la glucagonémie et de l'insulinémie qu'elles influencent simultanément n'est pas la même selon que la glycémie augmente ou diminue : "un temps pour chaque état et chaque état dans son temps" !

“Pour s'affranchir du temps il faut relier les phénomènes entre eux” (Rovelli, 2010).

La **séquence des variations consécutives** de la glucagonémie ou de l'insulinémie s'inscrit sur un **“chemin obligatoire” dont le parcours est orienté, “toujours dans le même sens” d'un temps interne.** Les **décours temporels des allers et retours de leurs variations conjointes sont dans le même sens temporel**, mais **“décalés” en sens quantitatifs inverses**. Le **décours du temps de l'ENDO-PHYSIO-TOPE** n'est plus celui d'un sablier à écoulement constant¹⁶ : les espaces de temps ne sont pas équidistants, le temps peut même s'arrêter momentanément, mais les 2 cadrans du suivi temporel des variations tournent dans le même sens et à la même vitesse. L'endophysiotope du sujet est organisé temporellement selon une **horloge interne** qui **“bat” apériodiquement** selon les apports irréguliers et la consommation irrégulière de glucose par le sujet. Le cadran de cette horloge est représentatif de **l'espace-temps d'interaction** de l'insulinémie et de la glucagonémie. Quelles que soient les variations imprévisibles de la glycémie, **2 acteurs à effets antagonistes**, les cellules sécrétrices d'insuline d'une part et les cellules sécrétrices de glucagon d'autre part, ont **construit, par leurs interactions agoantagonistes, un calendrier des états possibles** de l'endophysiotope. Ce calendrier, ce cycle temporel, est toujours parcouru dans le même sens, en passant par les mêmes étapes, mais l'écart de temps entre 2 étapes (2 états, 2 instants) peut être différent d'un cycle à l'autre. La distance temporelle de chaque pas n'est pas constante et peut changer, mais il est **impossible de revenir sur ses “pas” temporels, le calendrier reste toujours le même. Ce cycle est-il toujours une ellipse ?**

Ce qui explique l'inefficacité d'un produit qui serait utilisé pour revenir **de t2 en t1**. C'est impossible de revenir **de t2 en t1** car, à chaque fois que le produit le ramène en **t1**, le système intrinsèquement avance en **t2**. En voulant passer en **t1** je maintiens en fait **t2**. Ce qui explique aussi l'efficacité de certaines stratégies dites paradoxales. Pour rester en **t1** il faut que j'utilise un produit qui le plus rapidement possible permette au système de faire un tour presque complet pour avancer **de t2 en t1** (en passant obligatoirement par **t1**). Tout se passe comme si il fallait **avancer vers un état antérieur pour revenir à un état postérieur**. **Le système agit, parce qu'il est à la fois en train d'agir et prêt à agir, et parce qu'il a été à la fois capable d'agir avant et capable de garder la trace, la mémoire, d'états antérieurs, qui sont des états futurs possibles.**

C'est la **loi systémique constructale** : **« L'action est à la fois une chose causante et une chose causée. »** PASCAL. **Le système naît des interactions d'acteurs agoantagonistes** partageant le même écoexotope de survie. L'endophysiotope de notre organisme (**niveau i+1**) est l'écoexotope de survie partagé par toutes nos cellules (**niveau i**), dont l'endophysiotope est lui-même l'écoexotope de survie partagé par les organites (**niveau i-1**) de chaque cellule. Ce réseau est un réseau **multi-dimensionnel** (sur au moins 3 niveaux dimensionnels d'organisation) à la fois dans des espaces emboîtés et dans des temps emboîtés.

On ne représente jamais le phénomène de cette façon, sous forme d'une **“ellipse” orientée (cybernétique de second ordre)**, car **“on se contente”** de l'approximation du premier ordre, la **droite des moindres carrés (cybernétique du premier ordre)**, ajustement linéaire non-orienté (**“en première approximation”**, la concentration en insuline est inversement proportionnelle à celle du glucagon), courbe statistiquement la plus probable, quand on ne tient pas compte de la chronobiologie ! Pourtant...

2. récurrences, phases de latence, cycle de vie, intégration, durée de vie, temps externe.

Chez l'homme, la régulation humorale de la pathologie asthmatique (Barnes & al., 1980) fait également intervenir des **sécrétions hormonales agoantagonistes**. Chaque jour, c'est pendant la phase nocturne de sommeil que surviennent les crises, avec un maximum en milieu de nuit. Les variations journalières, diurnes et nocturnes, conjointes des teneurs sanguines en histamine, en adrénaline et en cortisol obéissent à un rythme circadien (**figure 2**). **L'espace-temps d'interaction** de l'histamine et de l'adrénaline, **acteurs** dont les variations sont en opposition de phase (le maximum de teneur de l'une correspond au minimum de l'autre et inversement) **construit la flèche du temps** de **l'horloge interne** de l'endophysiotope, qui **“bat” périodiquement (cycle circadien)**.

¹⁶ Dans notre cerveau, des horloges qui déterminent **la durée physiologique écoulée** (Robert, 1989) fonctionnent comme un **sablier** (Pouthas & al., 2010).

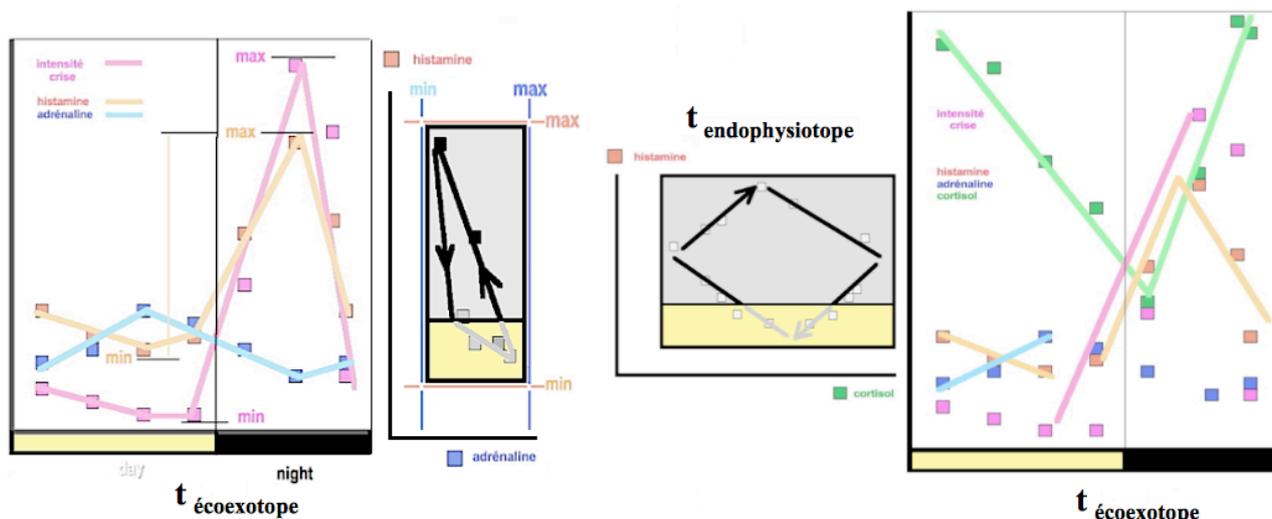


Figure 2. Les "horloges hormonales", multi-acteurs, de l'asthme chez l'homme.

A gauche, le décours temporel du cycle journalier de la crise d'asthme (Barnes & al., 1980) : en **rose** les variations de l'intensité de la crise d'asthme -**min** fréquence horaire minimale, **max** fréquence horaire maximale-, en **orange** et en **bleu** les variations conjointes associées des teneurs sanguines en **histamine** et en **adrénaline**, phase diurne en jaune **day**, phase nocturne en noir **night**, sur **24h**; les variations de chaque paramètre biologique sont exprimées en pourcentage de son intervalle de variation compris entre le maximum et le minimum (minimum **min** et maximum **max**, comme indiqué en exemple pour l'**histamine**). C'est pendant la phase nocturne de sommeil que surviennent les crises, avec un maximum en milieu de nuit. A côté, comme pour l'insuline et le glucagon (figure 1), l'espace-temps d'interaction de l'**histamine** et de l'**adrénaline**, acteurs antagonistes, dont les variations (visibles à gauche) sont en opposition de phase (le maximum de teneur de l'une correspond au minimum de l'autre et inversement). La **flèche du temps** > est indiquée sur le "cadran" représentatif de l'horloge interne de l'endophysiotope, qui "bat" **périodiquement (cycle circadien)**. La phase diurne est toujours en jaune, la phase nocturne est représentée en gris clair. Alors que l'écoulement, constant, du temps (arbitraire) de l'écoexotope indique 14 h de jour pour 10 h de nuit, le temps de l'endophysiotope, **temps perçu**, "**ressenti**", **par le système**, indique $\frac{1}{4}$ de jour pour $\frac{3}{4}$ de nuit. On peut comprendre l'angoisse du sujet asthmatique qui, subjectivement, a l'impression de passer les $\frac{3}{4}$ de sa vie dans la douleur des crises nocturnes. Le déroulement du temps de l'endophysiotope obéit au même rythme circadien mais le temps ne s'y écoule pas de la même façon que celui de l'écoexotope. A droite, le décours temporel du même **cycle journalier** de la crise d'asthme, représenté de la même façon qu'à gauche, mais complété en y ajoutant, en **vert**, la variation circadienne du **cortisol**, hormone d'adaptation au stress, dont la teneur varie en sens inverse de l'intensité de la **crise**. On peut de la même façon représenter l'espace-temps d'interaction de l'**histamine** et du **cortisol**, avec les mêmes conventions graphiques. Le décours du temps de l'endophysiotope correspondant à cet autre couple d'acteurs agoantagonistes est en sens inverse. On a donc **un même acteur**, l'histamine, qui participe à **2 horloges différentes**, "sensiblement" graduées de la même façon (avec la même part subjective de vie associée à la crise nocturne), mais **tournant en sens inverse**, comme 2 rouages d'une même montre qui tournent en sens inverses. D'autres conditions de mesure, d'autres unités peuvent être utilisées pour représenter le phénomène (l'asthme: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Asthme>), cela ne change rien à son aspect global, qualitatif et quantitatif.

A nouveau, le **temps perçu**¹⁷, "**ressenti**" **par le système**¹⁸, est différent du temps à écoulement constant de l'écoexotope. Car « **C'est quand nous percevons et distinguons un changement que nous disons que le temps s'est écoulé.** » ARISTOTE.

Le déroulement du temps de l'endophysiotope obéit au même rythme circadien mais il ne s'écoule pas de la même façon que dans l'écoexotope : même si la teneur en cortisol (hormone d'adaptation au stress) varie, comme celle de l'adrénaline, en sens inverse de l'intensité de la crise, le décours du temps de l'**espace-temps d'interaction** correspondant à l'autre couple d'acteurs agoantagonistes (**histamine** et **cortisol**) est en sens inverse. **Un même acteur**, l'histamine, participe à **2 horloges différentes**, "sensiblement" graduées de la même façon (avec la même part subjective de vie associée à la crise nocturne), **tournant en sens inverse**, comme 2 rouages inverses d'une même montre.

17 **C'est la perception du temps, la "conscience" du temps, qui rend le temps continu** (Klein, 2010).

18 Les souvenirs et les émotions façonnent le temps (Noulhiane, 2010), **et réciproquement !**

Ces 2 horloges "tournent" dans des temps antagonistes et pourtant elles sont synchronisées.

Elles marquent les mêmes événements, dans la même durée, mais avec des temps de réponse, de latence, d'arrêt, qui peuvent être différents. C'est à partir de leurs inter-actions ago-antagonistes d'auto-organisation qu'émergent les temps internes à l'endophysiotope d'un système (figures 1 & 2), puis la capacité de "battre" un temps intérieur (figure 2). **L'espace des inter-actions crée le temps des inter-actions qui crée le temps d'une nouvelle organisation, d'un nouvel espace-temps (loi systémique constructale).**

De façon récurrente, l'espace crée le temps, le temps crée l'espace, l'espace crée le temps...

La chose causante est chose causée et réciproquement (loi systémique constructale).

On ne représente jamais le phénomène de cette façon, sous forme d'une **courbe du second degré orientée (cybernétique de second ordre)**, car "on se contente" de l'approximation du premier ordre, la **droite des moindres carrés (cybernétique du premier ordre)**, ajustement linéaire non-orienté ("**en première approximation**"), la concentration en histamine est inversement proportionnelle à celle de l'adrénaline), courbe statistiquement la plus probable, quand on ne tient pas compte de la chronobiologie !

Pourtant, si on prenait en compte **plus de mesures avec un suivi temporel longitudinal** du sujet ...

La régulation de la glycémie et la régulation de la construction/dé-construction de l'os sont liées par les variations de la concentration locale en insuline (Donnars, 2010). De même, l'adrénaline qui est impliquée dans la crise asthmatique intervient également dans le fonctionnement cardiaque (Braly, 2011).

Toute variation locale retentit sur le fonctionnement global (Bricage, 2005b & c).

3. entraînement de chaînes métaboliques endogènes par des facteurs exogènes, décours des flux.

Dans les études précédentes, chez l'homme, les mesures sont trop peu nombreuses pour pouvoir décider (statistiquement) si **le cadran "horaire"** (de la montre, de l'horloge ou du calendrier) est un triangle, un rectangle ou autre chose, un cercle ou une ellipse par exemple.

Chez *Lathyrus macrorhizus* Wimm la floraison dépend des conditions conjointes de température et d'humidité (Bricage, 1984b). Comment l'endophysiotope du végétal anticipe-t-il l'arrivée des rares bons moments nécessaires non seulement à la pollinisation mais à la transformation de l'ovaire en fruit ? La mise en place d'une organisation coûteuse en investissement structural et fonctionnel, la fleur, est inutile si la pollinisation n'est pas réalisée parce que l'insecte pollinisateur est absent, ou si la mobilisation de matière et d'énergie nécessaire à la croissance du fruit et à la maturation des graines n'est pas d'intensité suffisante. La reproduction est un lux qui coûte très cher, en matière et en énergie, et dont le coût est prélevé sur la survie et la croissance. Il faut survivre pour se survivre et la croissance (l'accumulation de matière et d'énergie), le **quantitatif**, est le préalable à l'acquisition de capacités nouvelles (le développement, le **qualitatif**).

La maîtrise de la connaissance par l'endophysiotope de l'écoulement du temps dans l'écoexotope est **l'enjeu** pour permettre à l'endophysiotope d'être prêt, au bon endroit, au bon moment, à la bonne action. La phase de reproduction est **LE temps d'un enjeu pour la survie de l'espèce**. Quelle est l'horloge interne (Winfree, 1994), présente à tout instant, qui, pour permettre la survie de la génération future, réalise la mise en phase de l'endophysiotope futur avec l'écoexotope futur ?

Comment fait-elle pour **prendre en compte le vécu passé pour anticiper le vécu futur ?**

Grâce à sa photosynthèse chlorophyllienne, la plante fabrique, dans ses feuilles et ses tiges, vertes, des pigments anthocyaniques (incolores, roses, rouges, bleus ou violets) qui s'accumulent dans les pièces florales (qui sont des feuilles transformées). La diversité de ces pigments (Bricage, 1985b) résulte d'un réseau métabolique global (dans toute la plante) de synthèses locales différentes et complémentaires (Bricage, 1985c). Le fonctionnement de ce réseau est "orienté" par les variations journalières de la température de l'écoexotope. Tout ce passe comme s'il mémorisait les variations passées de l'écart thermique journalier pour anticiper les variations futures de l'écart thermique journalier associées au moment favorable à la reproduction (**figure 3**). La floraison (l'apparition des inflorescences et le nombre de leurs fleurs) est contrôlée par l'alternance des phases de température. Mais, la synthèse des pigments anthocyaniques est contrôlée par les changements de l'écart thermique journalier d'un jour à l'autre.

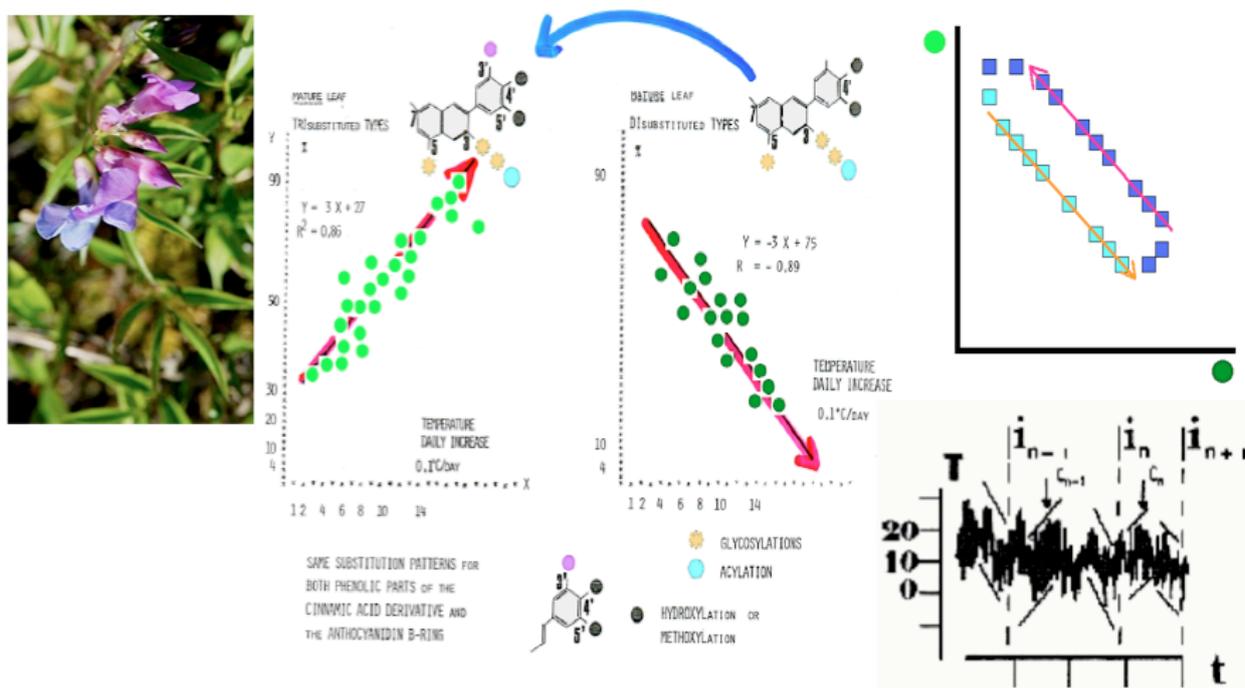


Figure 3. Une montre du temps thermique : la synthèse des pigments anthocyaniques chez *Lathyrus macrorhizus*.

A gauche: fleurs du genre *Lathyrus* (<http://en.wikipedia.org/wiki/Lathyrus>, http://en.wikipedia.org/wiki/Lathyrus_tuberosus) dont la coloration change avec l'âge et l'état éco-physiologique de la fleur et de la plante. Les pigments anthocyaniques correspondants (schéma au milieu en bas) sont synthétisés dans les feuilles et les tiges (vertes). La voie métabolique de ces synthèses est "orientée" par les variations journalières de la température de l'écoexotope. En bas à droite : T température de l'air et de la plante, la plante est un organisme "ectotherme" (la température de son endophysiotope, jour et nuit, suit celle de l'écoexotope), t écoulement du temps en jours, i phase d'augmentation ou de diminution de la température moyenne journalière, sur une durée de 4 mois, chaque barre verticale représente l'amplitude de l'écart thermique journalier. La floraison (l'apparition des inflorescences et le nombre de leurs fleurs -à gauche-) est contrôlée par l'alternance des phases de température (en bas à droite) et la synthèse des pigments (courbes au milieu) est contrôlée par les changements de l'écart thermique journalier d'un jour à l'autre. Lorsque l'écart thermique journalier augmente la teneur en pigments tri-substitués (graphe de régression linéaire à gauche, points vert clair) augmente, tandis que celle des pigments bi-substitués (graphe de régression linéaire, en sens inverse, à droite, points vert foncé) diminue. Tout pigment tri-substitué a un précurseur métabolique (figure 4) bi-substitué. Tout se passe comme si le système fonctionnait comme un sablier. Le pigment tri-substitué est formé, par accumulation "grain après grain", à partir du bi-substitué qui ne s'accumule donc pas et disparaît (comme un sablier se vide ou se remplit); inversement lorsque le pigment tri-substitué n'est plus formé, le bi-substitué qui est toujours formé s'accumule à nouveau, tandis que le tri-substitué qui n'est plus formé, et dont la durée de vie est limitée, disparaît "grain à grain" (comme un sablier se remplit ou se vide) (transvasement représenté par la flèche bleue). La représentation graphique des variations simultanées des 2 types de pigments s'ajuste statistiquement à une ellipse (en haut à droite), le sens de parcours de cette ellipse (flèche orange quand l'écart thermique diminue et flèche rouge quand il augmente) donne le sens de décours du temps. Le temps est gradué dans l'espace des variations possibles de l'écart thermique journalier.

Lorsque l'écart thermique journalier augmente la teneur en pigments tri-substitués augmente tandis que celle des pigments bi-substitués diminue, et inversement quand l'écart thermique journalier diminue. Tout se passe comme si le système fonctionnait comme un sablier. Les retournements successifs de ce sablier sont visualisés par la courbe en ellipse représentative du décours du temps dans l'endophysiotope. Ce cadran elliptique, dont les graduations, au niveau moléculaire (niveau i-2), sont à l'échelle des jours terrestres solaires (de 24h), est, pour l'organisme entier (niveau i+1), comme la mémoire, dans ses cellules (niveau i), des variations journalières passées de l'écoexotope, à l'échelle des saisons (1 année solaire). Le sens de parcours de cette ellipse donne le sens de décours du temps de l'endophysiotope. Ce temps est gradué dans l'espace des variations possibles de l'écart thermique journalier, la thermopériode de l'écoexotope.

Et, il n'y a pas 2 temps identiques car il n'y a pas 2 "combinaisons" de pigments identiques.

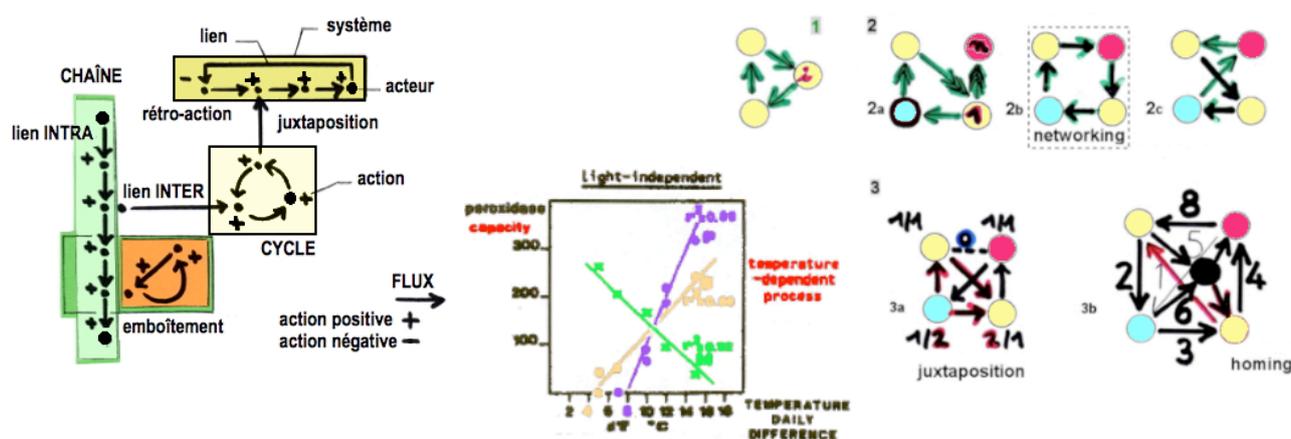


Figure 4. Juxtapositions et emboîtements des espaces, contrôles des flux et intégration temporelle des acteurs.

A gauche : schéma récapitulatif des types d'interactions entre acteurs partageant un même écoexotopie de survie. Chaque acteur est représenté par un point, le sens de chaque flèche indique le sens des interactions entre acteurs, l'ordre des causes et des effets, les signes + ou - indiquent un effet positif ou négatif. En vert clair l'exemple d'une chaîne métabolique (du substrat initial au produit final) dans le cytoplasme d'une cellule -son endophysiotop-, ou dans un organe intracellulaire (comme une mitochondrie ou un chloroplaste) dont l'endo-physiotop est hébergé par celui de la cellule (liens INTRA), ou d'une chaîne alimentaire (suite des relations "qui est mangé par qui", du producteur initial aux consommateurs successifs) au sein d'un écosystème terrestre. Une cellule est un écosystème avec des flux de matière et d'énergie entre les organites, organismes d'espèces différentes qui peuplent l'organisme cellulaire ! Une chaîne métabolique (figure 3) ou une chaîne alimentaire, tout flux de matière et d'énergie (ou toute chaîne de réponses à des stimulations !) peut être linéaire (espace en vert clair) ou cyclique (espaces en jaune clair) avec un flux de rétro-action + ou - : phénomène d'amplification (espace en orange +/-) ou oscillations de maintien autour d'un équilibre (espace en jaune foncé +/-). Les espaces de ces inter-actions peuvent être juxtaposés (espaces en jaune, clair et foncé) et emboîtés (espaces vert clair et foncé) avec des flux de matière et d'énergie (Bricage Lathyrus, figure 3) ou d'interactions (liens INTER) entre ces espaces-temps-actions (Bricage, Pedilanthus, figure 4). Au milieu : influence de l'écart thermique journalier dT, la thermopériode, sur le fonctionnement d'une chaîne (lien INTRA) et les interactions entre chaînes (lien INTER) (exemple de la capacité peroxydasique potentielle chez Pedilanthus tithymaloides (figure 4)). La fermeture, la disparition, d'un espace-temps-action (droite de régression linéaire en vert clair) et en même temps l'ouverture, l'apparition, d'un autre espace-temps-action (droites de régression linéaire en jaune foncé et en violet) sont gouvernées par les variations d'un jour à l'autre de l'écart thermique journalier. A droite : intégration d'un nouvel acteur au sein d'un réseau d'interaction en conservant la place, dans l'espace et dans le temps, dans la chaîne d'interactions des acteurs pré-existants. 1.- exemple d'une chaîne orientée d'interactions conjointes à i acteurs (en jaune, ici i = 3 situation la plus simple), 2.- un nouvel acteur n (ou plusieurs, ici 1 seul pour simplifier, en rouge) intervient dans le réseau d'interactions (un réseau de neurones qui ensemble forment une horloge contrôlant un rythme circadien par exemple, ou un réseau d'organites intra-cellulaire qui recycle un flux de matière et d'énergie dans une cellule). 2a. Le sens fonctionnel pré-existant, le cycle (on part de 1 pour revenir à 1) ne peut être maintenu (si on termine à n sans revenir à 1). Pour que le cycle soit re-constitué, avec un place pour chacun et chacun à sa place (networking), pour que le nouvel acteur "prenne sa place dans la ronde", il faut qu'il ait une capacité d'accueil en adéquation avec celles des acteurs pré-existants et qu'il soit accueilli par eux tout autant qu'il les accueille : 2 types de solutions sont possibles (2a et 2b). Elles ne maintiennent qu'une partie, qu'un choix, des interactions possibles (liens INTRA flèches en vert), le choix qui maintient le nombre minimal d'interactions pour conserver l'espace pré-existant (ici un plan, espace 2D). 3.- Un autre choix (3a), pour cette même situation de "juxtaposition", ne permettrait pas une équiprobabilité des rôles. Dans l'espace des interactions certains acteurs seraient "avantagés ou désavantagés" (en probabilité), ils participeraient à des nombres différents d'entrées (input) et de sorties (output) : ici l'acteur en bleu participerait à 1 entrée pour 2 sorties (1 /2), à l'inverse l'un des acteurs en jaune participerait pour 2 /1, seul l'autre resterait en situation d'équilibre 1 /1, et il n'y aurait pas d'interaction entre certains acteurs (probabilité 0). Lorsque le nombre d'acteurs augmente trop (3b) pour "restaurer" l'équiprobabilité des rôles locaux dans le nouveau système global d'interactions, pour conserver le temps "un temps pour chacun et chacun dans son temps" il est nécessaire d'augmenter la dimension de l'espace (passage d'un plan, espace 2D, à un volume, espace 3D) pour que chacun ait sa place et soit à sa place "une place pour chacun et chacun à sa place, dans l'espace, dans le temps et dans l'action" homing (les nombres 1, 2, 3 indiquent l'ordre des interactions qui conservent l'équiprobabilité des rôles). (Bricage, 2005a, 2005b) Un calendrier s'installe et se répète identiquement, rythmant l'ordre des participations de chaque espace-temps-action, chaque acteur étant lui-même formé d'un réseau d'acteurs emboîtés et juxtaposés, réseau formé par percolation (Duminiel-Copin, 2011).

(voir figure 5 : la percolation est à la fois la traversée d'un réseau et la mise en place d'un nouveau réseau.)

Le système n'est pas parfait, des fleurs sont produites au mauvais moment (Bricage, 1984b).

C'est un inconvénient ! Qu'importe ! L'important c'est que tous les bons moments, de production florale et de fructification ultérieure, soit occupés (c'est un avantage !). **Le système est robuste !**

4. L'espace structure le temps et le temps structure l'espace.

Dans une chaîne, métabolique ou une alimentaire, les interactions entre acteurs partageant un même écoexotope de survie sont orientées (**figure 4**). Chacun a une place, dans l'espace et dans le temps (sa "niche" écologique), en adéquation avec son rôle (son "métier" écophysio-logique). Le sens des interactions entre acteurs, l'ordre des stimulations et des réponses, le sens des flux de matière et d'énergie, **l'ordre des causes et des effets**, entre les endophysiotopes des acteurs qui partagent le même écoexotope de survie (cellule ou écosystème) tôt ou tard aboutit à la mise en place d'un équilibre temporel au sein d'**espaces-temps-actions juxtaposés et emboîtés** (Mukhtar & al., 2011).

4.a. échelles temporelles, cycles temporels juxtaposés et emboîtés.

La fermeture d'un espace-temps-action, la disparition d'un endophysiotope ancien (une cellule, un individu, une espèce, un écosystème...), et en même temps l'ouverture d'un autre espace-temps-action, l'apparition d'un nouvel endophysiotope (de même niveau d'organisation 2D ou de niveau d'organisation supérieur 3D), sont gouvernées par les variations des paramètres de l'écoexotope de survie qui structurent le temps interne du système. Pour augmenter la variété des acteurs, l'intégration d'un nouvel acteur au sein d'un réseau d'interactions doit permettre de conserver la place dans la chaîne d'interactions, dans l'espace et dans le temps, des acteurs pré-existants (figure 4). Si c'est impossible, l'intégration d'un nouvel acteur entraîne une métamorphose du système : des acteurs anciens disparaissent en même temps que les acteurs nouveaux sont intégrés et que certains des acteurs anciens conservés se transforment (**figure 5 : percolation**¹⁹).

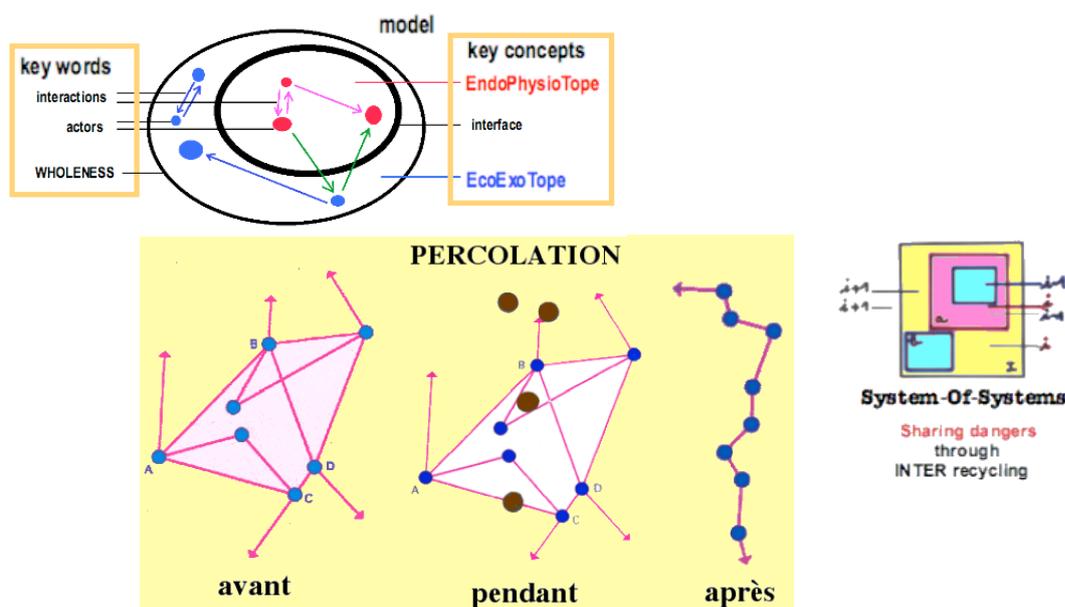


Figure 5. Mise en place d'un nouveau réseau (de réseaux) par percolation : networking.

En haut à gauche : **model** définition graphique d'un système, les termes utilisés. Au milieu en bas : le phénomène de **percolation** une **métamorphose** de l'organisation spatiale (**place** des acteurs et **nombre** d'acteurs) et temporelle (ordre des liens entre les actions des acteurs : **calendrier**). A droite : **tout système est un système de systèmes**, formés d'acteurs (systèmes) emboîtés et juxtaposés qui partagent réciproquement (localement entre eux) et mutuellement (globalement entre eux et leur tout) des "dangers". La percolation est à la fois la traversée d'un réseau d'acteurs en inter-actions et la mise en place d'un nouveau réseau d'acteurs.

¹⁹ "... **tout développement est seulement compatible avec -et ne peut vivre qu'avec- la situation qu'il contribuera à déterminer...** la nouveauté se constitue certes à partir de la situation donnée mais aussi **en établissant des interactions qui n'ont pas de sens avant leurs constitutions...**, il n'y a aucune raison a priori pour qu'il en soit ainsi... cette transformation... est seulement possible pour l'écosystème à co-constituer... Et on ne peut le dire qu'a posteriori... Le champ biologique (l'écosystème) se co-constitue dans le temps : il dépend des champs physiques, il n'y est pas réductible..." (Bailey & Longo, 2006).

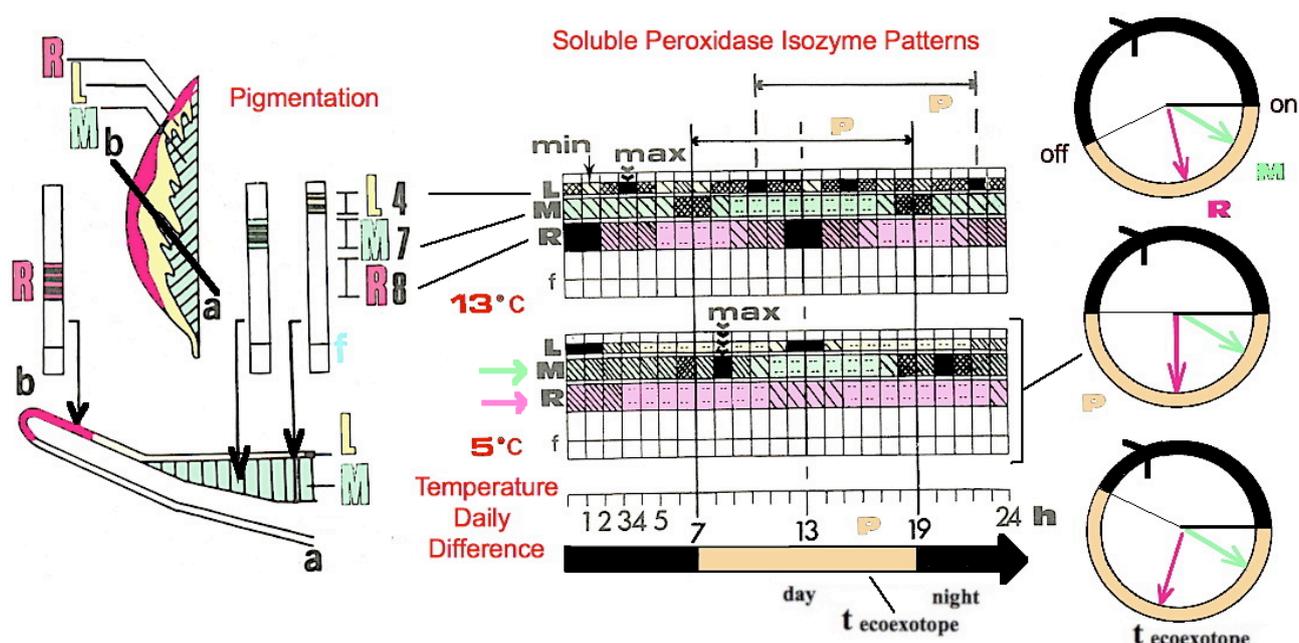


Figure 6. Alarms : contrôle thermique et photique, par l'écoexotopie, de l'éveil de l'endophysiotopie.

(genre *Pedilanthus* : <http://en.wikipedia.org/wiki/Pedilanthus>, http://en.wikipedia.org/wiki/Euphorbia_tithymaloides)

A gauche : schémas d'une demi-feuille de la chimère péricline *Pedilanthus tithymaloides* L. variegatus, en coupe transversale suivant **ab** (au-dessous) et en vue de dessus (au-dessus). La coloration change localement, pour des feuilles de même âge, avec l'état éco-physiologique des cellules. Les secteurs **verts** correspondent au parenchyme palissadique chlorophyllien, tissu siège de la photosynthèse dont les cellules expriment spécifiquement une famille d'activités peroxydasiques **M** (au nombre de 7) associée aux chloroplastes. Les secteurs **jaunes** et **noirs** correspondent à l'épiderme, tissu qui recouvre la feuille dont les cellules expriment spécifiquement 2 familles d'activités peroxydasiques. La famille d'activités peroxydasiques **L** (au nombre de 4) est associée aux secteurs **blancs** (uniquement quand l'écart thermique journalier est faible) et qui deviennent **jaunes** (quand l'écart thermique journalier s'élève) à partir d'un seuil d'écart thermique. A la périphérie de la feuille (où la température de surface peut être plus élevée), l'épiderme devient **rouge** -plus ou moins foncé- (secteurs **noirs**), quand l'écart thermique journalier s'élève encore plus. Des pigments anthocyaniques sont synthétisés par les cellules qui les accumulent dans une immense vacuole. La famille d'activités peroxydasiques **R** (au nombre de 8) est associée à cette synthèse anthocyanique. Les familles d'activités peroxydasiques, **L**, **M** et **R**, sont séparables par électrophorèse sur gel d'acrylamide et caractérisables par leurs différences d'affinité pour divers substrats, par leurs températures optimales différentes et leurs optimums de pH différents (Bricage, 1983, 1985a, 1986a, 1989).

Au centre : profils journaliers de la capacité enzymatique (activité exprimée dans les conditions optimales standards), **min** et **max** activités minimale et maximale, pour chaque famille **L**, **M**, **R** (Les gels d'électrophorèse après révélation des activités sont collés côte à côte d'heure en heure.), **5°C**, **13°C** écart thermique journalier : **thermopériode** (la plante est un organisme "ectotherme" -jour et nuit, la température de son endophysiotopie suit celle de l'écoexotopie), **P** **photopériode** (à photopériode constante : 12 h dans cette expérience). Comme chez *Lathyrus*, lorsque l'écart thermique journalier augmente la teneur en pigments tri-substitués augmente, tandis que celle des pigments bi-substitués diminue (figure 3). L'expression métabolique journalière des activités peroxydasiques est "déterminée" par la thermopériode : la position horaire des maximums d'intensité dépend de l'écart thermique journalier. Tout se passe comme si le nombre d'événements possibles au sein de l'endophysiotopie -la "graduation" du calendrier (famille **L**)- et l'intensité d'un événement -le nombre de coups "sonnés" indiquant l'heure (famille **R**)-, dépendaient de la température de l'écoexotopie. A droite : à thermopériode constante, l'expression métabolique des activités peroxydasiques est aussi "déterminée" par les variations journalières de la photopériode **P** (en noir la scotophasse, en orange la photophasse, les traits noirs indiquent les passages de l'une à l'autre). La flèche verte indique la position horaire journalière du maximum d'activité de la famille **M**. La flèche rouge indique celle du maximum d'activité de la famille **R**.

Pour qu'un cycle, un calendrier fonctionnel, soit constitué, avec une place pour chacun et chacun à sa place (**networking**), pour "que tous les acteurs prennent une place égale dans la ronde", seule une partie des interactions possibles peut être conservée (figure 4) : la "juxtaposition" qui maintient le nombre minimal d'interactions pour conserver l'espace pré-existant. Un autre choix ne permettrait pas une équiprobabilité des rôles. Dans l'espace des interactions (figure 5) certains acteurs seraient "avantagés ou désavantagés" (en probabilité), ils participeraient à des nombres différents d'entrées (input) et de sorties (output).

Lorsque le nombre d'acteurs augmente trop, pour "restaurer" l'équiprobabilité des rôles locaux dans le nouveau système global d'interactions, pour conserver le temps **"un temps pour chacun et chacun dans son temps."** **Un rythme circadien (au niveau d'une cellule ou au niveau d'un organisme méta-cellulaire) donne une capacité à compenser les variations journalières prévisibles, voire imprévisibles, à condition que leurs conséquences soient répertoriées, connues à l'avance, "prévues"...** **Un rythme conserve l'équiprobabilité des rôles (homing).** Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients. **L'équiprobabilité de partage des avantages et des inconvénients** permet la survie d'une organisation, dans l'espace et dans le temps, et son passage à un niveau supérieur d'organisation (AIMC, 2011).

4.b. durée critique et délai temporel, phase critique, cycle circadien, synchroniseurs.

Un rythme permet à la fois à chaque action (d'un système d'acteurs) d'être dans son temps et à toutes les actions possibles d'exister (**"un temps pour chaque chose et chaque chose en son temps"**). Un rythme circadien (au niveau d'une cellule ou au niveau d'un organisme méta-cellulaire) donne une capacité à compenser les variations journalières prévisibles, voire imprévisibles, à condition que leurs conséquences soient répertoriées, connues à l'avance, "prévues".... Un rythme circannuel (au niveau d'un organisme ou au niveau d'un écosystème) donne une capacité à anticiper les variations annuelles prévisibles. Mais il n'y a jamais d'avantages sans inconvénient. L'indépendance vis à vis de la température est un avantage si la montre, l'horloge, le calendrier, le rythme est constant et si le jour est constant. C'est un inconvénient si la fréquence de la montre, les alarmes de l'horloge, la séquence du calendrier ou la durée du rythme changent.

L'euphorbe *Pedilanthus tithymaloides* L. *variegatus* est une chimère péricline dont les tissus foliaires verts, jaunes puis blancs, voire rouges (**figure 6**), expriment des familles d'activités peroxydasiques dont l'expression est contrôlée à la fois par la lumière (la photopériode) et la température (la thermopériode), dont les valeurs, de jour en jour, en milieu naturel tropical, changent, peu pour la photopériode, beaucoup pour la thermopériode. Pour des feuilles de même âge, la coloration change localement, avec l'état éco-physiologique des cellules. Les cellules des secteurs de couleur verte du parenchyme palissadique chlorophyllien, siège de la photosynthèse, expriment une famille d'activités peroxydasiques M associée aux chloroplastes. Les secteurs jaunes, puis éventuellement blancs puis rouges, correspondent à l'épiderme dont les cellules expriment 2 familles d'activités peroxydasiques. La famille L est associée aux secteurs blancs (uniquement quand l'écart thermique journalier est faible) qui deviennent jaunes (quand l'écart thermique journalier s'élève) à partir d'un seuil d'écart thermique. A la périphérie de la feuille, où la température de surface peut être plus élevée, l'épiderme devient rouge -plus ou moins foncé-, quand l'écart thermique journalier s'élève encore plus. Des pigments anthocyaniques sont synthétisés par les cellules qui les accumulent dans une immense vacuole. Comme chez *Lathyrus macrorhizus*, lorsque l'écart thermique journalier augmente la teneur en pigments tri-substitués augmente, tandis que celle des pigments bi-substitués diminue (figure 3). La famille R est associée à cette synthèse anthocyanique. Les familles d'activités peroxydasiques L, M et R, sont séparables par électrophorèse sur gel d'acrylamide et caractérisables par leurs différences d'affinité pour divers substrats, par leurs températures optimales différentes et leurs optimums de pH différents (Bricage, 1983, 1985a, 1986a, 1989). La plante est un organisme **"ectotherme"** : jour et nuit, la température de l'endophysiotope suit celle de l'écoexotope. Les profils journaliers de la capacité enzymatique (activité exprimée dans les conditions optimales standards) dépendent de l'écart thermique journalier (la thermopériode). A photopériode constante, l'expression métabolique journalière des activités peroxydasiques est "déterminée" par la thermopériode : la position horaire des maxima d'intensité dépend de l'écart thermique journalier. **Tout se passe comme si** le nombre d'événements possibles au sein de l'endophysiotope -la **"graduation"** du calendrier (famille L)- et **l'intensité d'un événement** -le nombre de coups "sonnés" indiquant l'heure (famille R)-, ne dépendaient que de la thermopériode. Mais, à thermopériode constante, l'expression métabolique des activités peroxydasiques est aussi "positionnée" par les variations journalières de la photopériode : celle du maximum d'activité de la famille R est "centré", la position horaire journalière du maximum d'activité de la famille M est imposée par l'arrivée du jour -la durée qui s'écoule depuis le lever du jour jusqu'au maximum est toujours la même-.

Les **contrôles du moment** des activités sont ainsi à la fois couplés et séparés par la photopériode.

Les **contrôles des intensités à ces moments** dépendent eux de la thermopériode.

Comme chez de nombreux organismes, l'horloge circadienne globale est composée d'oscillateurs locaux, activateurs fonctionnellement couplés, certains du matin, d'autres du midi (solaire), ou du soir (la plante anticipe aussi la fin du jour). Chez la plante *Arabidopsis thaliana* (AIMC, 2011), le couplage de ces oscillateurs comprend une boucle de rétro-action dans laquelle l'oscillateur du soir (TOC1) n'est pas un activateur mais un répresseur global de l'expression des gènes codant les protéines impliquées. La répression, sous le contrôle d'hormones, est la conséquence d'un rythme circadien d'association du répresseur aux promoteurs de ces gènes (Bricage, 2008). TOC1 empêche l'activation des gènes du matin pendant la nuit. Les boucles du contrôle circadien des activités du matin ou du soir sont ainsi séparées (Huang & al., 2012).

Il a été démontré par simulation que des réseaux d'acteurs multi-dimensionnels (MTN multiple timescale networks) ne peuvent maintenir qu'un équilibre d'oscillations périodiques (Wang & al., 2004), une organisation spatio-temporelle (Mukhtar & al., 2011) avec un "calendrier fonctionnel", une trajectoire du temps vers laquelle ils convergent. Cette trajectoire serait-elle toujours une conique (figures 1, 2 & 3) ?

5. cycles intrinsèques et blocage temporel de l'endophysiotope.

Comme le **cycle circadien** de l'asthme (ou des peroxydases), le **cycle menstruel** reproducteur féminin peut être caractérisé, par des **changements hormonaux associés aux enjeux du cycle** (figure 7) :

- pic du jour 14 (milieu du cycle), phase d'ovulation, la fécondation (création d'un nouvel individu) est possible,
- pic du jour 21, phase lutéale, de mise en place (ou non) d'un corps jaune, la gestation commence ou non.

D'un jour à l'autre les teneurs en oestrogènes (hormone associée au pic d'ovulation) et progestérone (hormone associée au pic lutéal) sont différentes, **il n'y a pas 2 jours identiques** ("Souvent femme varie, bien folo est qui s'y fit." François 1er). La prise d'une pilule contraceptive supprime tous ces changements. La pilule est un "régulateur" de l'humeur ! L'organisme est comme **arrêté en 1 jour unique parmi les jours possibles** du cycle. Est-ce un avantage ou inconvénient ? Pour la survie de l'individu ? Pour la survie de l'espèce ?

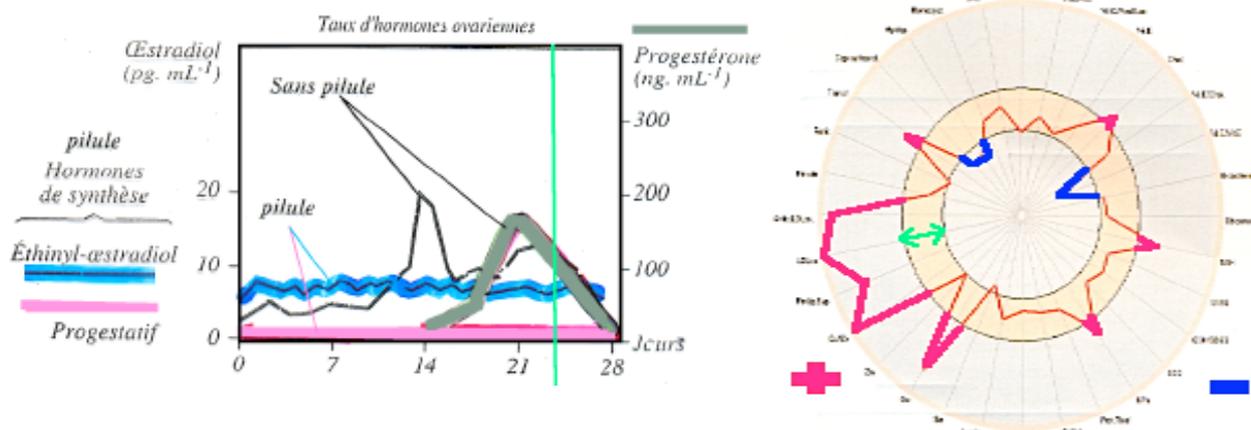


Figure 7. Influence de la prise de pilule contraceptive sur le cycle menstruel humain.

A gauche : cycle menstruel humain féminin **en libre cours (sans pilule)**, les teneurs sanguines en **œstradiol** et **progestérone** varient d'un jour à l'autre, **les 28 jours du cycle sont différents**; cycle "**bloqué**" (**prise de pilule**), tous les jours sont "identiques", "**le temps physiologique a suspendu son vol**". A droite : "rosage du stress oxydant" associé à la **prise de pilule**. Les 2 traits noirs de l'anneau orangé indiquent les **limites inférieure et supérieure** des variations physiologiques "habituelles, non-pathologiques" (**double flèche verte**) des paramètres sanguins "normaux" lors d'un cycle menstruel sans pilule (situation témoin). La prise de pilule entraîne à la fois une **hyper-émie (+)** pour près de la moitié des concentrations (**en rouge**), dont les valeurs peuvent atteindre 2 à 3 fois la valeur maximale et une **hypo-émie (-)** **en bleu**, les concentrations peuvent être 2 fois plus faibles que la valeur minimale.

Tout se passe comme si l'organisme était "bloqué" dans un temps pathologique, hors du temps.

La représentation en rosace (figure 7) des taux des "acteurs" sanguins indicateurs du fonctionnement global de l'organisme (teneurs disponibles en zinc ou en fer, teneurs en vitamines, activités enzymatiques) indique **un état de stress oxydatif associé au blocage temporel** dû à la prise de pilule : **simultanément**, des concentrations sont en grand excès (**hyper-émie**) et d'autres en grand défaut (**hypo-émie**).

Tout se passe comme si l'organisme était bloqué dans un temps pathologique, hors du temps.

B. L'émergence de nouveaux espace-temps : intégration temporelle, paramètres temporels critiques.

Comment prendre en compte les interactions entre niveaux d'organisation différents (Bricage, 2009b) et à l'intérieur d'un niveau d'organisation (figures 4 & 5) ? Comment mettre en évidence, et modéliser le fait que **"le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties"** (Bricage, 2001a & b) ?

L'écoexotope de survie de nos cellules est l'endophysiotope de notre organisme. L'écoexotope de survie de notre organisme est l'endophysiotope de l'écosystème auquel notre espèce appartient.

1. Les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA).

Un lichen est à la fois un organisme et un écosystème (Bricage 1998). Une cellule est aussi un écosystème (Bricage 2000a, b & c). Les deux émergent d'une **endosyncénose** (Bricage 2001a). Au cours de l'évolution du vivant, tout nouveau plan d'organisation (tout nouvel endophysiotope, qui permet la colonisation d'un nouvel écoexotope) émerge par la mise en place d'Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés (Bricage 2000c), qui rendent les partenaires indissociables (Bricage 2001a, 2010b).

1.a. SEMI-AUTONOMIE et INTER-DÉPENDANCE : la symbiose lichénique.

Un lichen (le tout) est un nouveau type d'organisation et un nouveau mode d'intégration qui émerge de l'association d'un champignon (partenaire **local** autrefois libre) et d'une population d'algues vertes (autre partenaire autrefois libre). Dans le nouveau TOUT la croissance de chacun est limitée par la croissance de l'autre et réciproquement. Pour que l'un survive, il faut, **d'abord**, que l'autre survive (Bricage 1998, 2001a). Tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour l'autre et réciproquement : c'est une association, **indissociable**, à avantages et inconvénients réciproques et mutuellement partagés. Elle émerge par la perte simultanée par chaque partenaire de la capacité de détruire l'autre. Leurs deux métamorphoses simultanées aboutissent à l'émergence de **nouvelles frontières** et d'un **langage nouveau**, avec un bénéfice global pour l'association. (Bricage 2002a, 2005a)

Dans ce type d'association, chaque partenaire possède des avantages qui sont des inconvénients pour les autres. Et, réciproquement chaque partenaire assume les inconvénients des avantages possédés par les autres. Et, c'est leur **"nouveau" TOUT "émergent"** (figure 5), "qui est à la fois plus et moins que la somme des partenaires" (**tableau 3**), qui lui seul en tire des bénéfices. Ce développement est **durable car il est soutenable, et soutenu, par les différents partenaires, mutuellement** acteurs et auteurs de leur devenir. Ce n'est PAS une "association à bénéfices réciproques", comme écrit habituellement pour la symbiose, c'est **une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés**. Survivre c'est transformer des inconvénients en avantages et éviter que des avantages deviennent des inconvénients. Seules survivent, et se survivent, les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA).

1.b. emboîtements et juxtapositions des espaces : l'origine endosyncénotique virale de la cellule.

Ce nouveau paradigme permet de proposer, de proche en proche, un nouveau scénario de l'origine du noyau de la cellule, et des autres compartiments cellulaires, à partir d'associations de monères, et avec un seul moteur de l'action : "survivre c'est manger et ne pas être mangé" (**tableau 1**). Il permet de comprendre à la fois l'origine du centrosome, du noyau, des peroxyosomes et des bactéries Gram- et de rendre compte de l'ancienneté des virus à ARN et des différences structurales évolutives entre végétaux, champignons et animaux. Il permet de faire des prédictions sur le devenir ou le fonctionnement d'un réseau d'acteurs, quels que soient leurs niveaux d'organisation -défini par 7 caractéristiques fonctionnelles mutuellement à la fois nécessaires et suffisantes (Bricage, 1998, 2002b, 2005b)- au travers d'une **gouvernance par des lois systémiques invariantes**.

Une bactérie n'est **pas** une cellule, comme "habituellement" dit... **Une cellule est un autre niveau d'organisation** (Bricage 2000a, b & c, 2001b, 2005a) et ces deux niveaux d'organisation sont adjacents.

Une cellule (**figure 8**) est formée de **compartiments emboîtés et juxtaposés**, dont l'ontogénèse récapitule la phylogénèse. Délimités par une interface fonctionnelle membranaire (Bricage, 2005a), simple (vacuoles, peroxysomes) ou double (noyau, mitochondries, plastes) voire triple ou quadruple (chloroplastes), tous les compartiments sont emboîtés dans le hyaloplasme (lui-même délimité par une membrane). Les plastes et les mitochondries sont des **descendants de monères autrefois libres**, leur endophysiotope (ENDO) est maintenant hébergé par un nouvel écoexotope (EXO), le compartiment d'accueil (figures 4, 5 & 8), lui-même descendant d'une monère. Leur membrane interne est l'ancienne membrane de l'ancêtre monère (l'ancienne interface). Leur membrane externe est une membrane de séquestration qui constitue, avec la précédente, **une nouvelle frontière** (Bricage 2005a, b).

1.c. emboîtements et juxtapositions des espace-temps : les flux inter- et intra-compartiments.

Cet assemblage a permis **l'émergence d'un nouveau niveau d'organisation** endo-poly-monère qui est la conséquence des métamorphoses simultanées des ancêtres des compartiments hébergés et du compartiment hébergeant (Bricage, 2005a & b).

1.c.1. "Le tout et les parties sont toujours indissociables."

Ce **nouveau niveau d'organisation** est la conséquence d'un **nouveau mode d'intégration** des partenaires dans un nouvel écoexotope. De leurs juxtapositions sont nées **des associations** fonctionnelles nouvelles (Bricage, 1986a & b). Le TOUT (la cellule) est **à la fois PLUS et MOINS** que la somme de ses PARTIES. Les parties (les monères) ont perdu leur autonomie, ne peuvent survivre et se survivre en dehors de ce nouvel écoexotope. Pour que chaque partie survive, il faut que le tout et les autres parties survivent **mutuellement**. Pour que l'un(e) survive, il faut d'abord que l'autre survive et **réciroquement**.

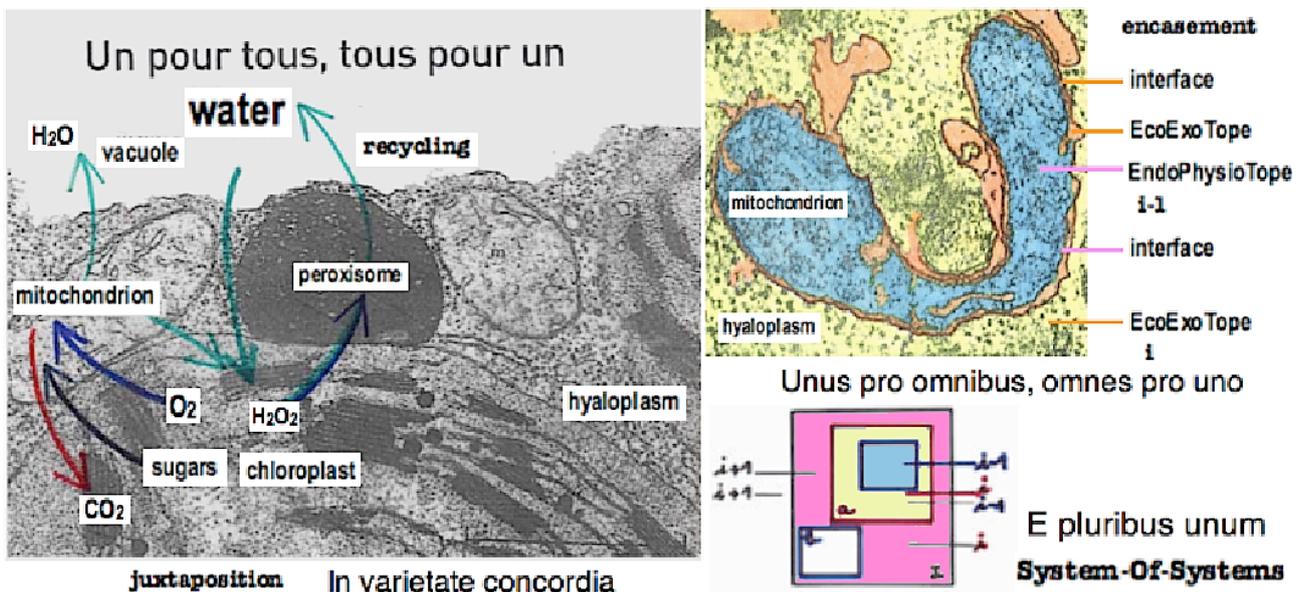


Figure 8. La cellule : un écosystème de populations d'espèces de monères.

A droite : **une mitochondrie** (mitochondrion), dont l'endophysiotope est celui d'une ancienne bactérie libre (niveau *i-1*), qui n'existe plus, et dont l'écoexotope actuel (hyaloplasm) est l'endophysiotope d'une autre ancienne bactérie libre, qui elle aussi n'existe plus. **La mitochondrie est une monère emboîtée dans une autre monère**. A gauche : **une cellule végétale actuelle** (niveau *i*), dont l'endophysiotope est celui de cette même ancienne monère libre, qui a accueilli non seulement l'ancêtre de la mitochondrie mais aussi celui du chloroplaste (chloroplast) et du peroxysome (peroxisome), compartiments qui sont **simultanément juxtaposés les uns aux autres et emboîtés** dans ce nouvel écoexotope de survie commun, l'ancien endophysiotope (hyaloplasm) de la monère d'accueil. Leur "survies simultanées" est la conséquence d'**un réseau d'échanges, en flux tendus**, d'aliments (sugars, water) et de déchets où les aliments des uns (O₂, CO₂, H₂O, H₂O₂) sont les déchets des autres **et réciroquement**.

La croissance de l'un(e) est limitée par celle de l'autre et réciproquement :

“Un pour tous, tous pour un !” (Bricage, 1998, 2000a, b, c)

Les survies mutuelles dépendent de limitations qui sont imposées par les flux (figure 4). Mais chaque acteur local (mitochondrie, chloroplaste,...) (figure 5) est l'acteur de sa propre croissance, de son propre fonctionnement, car son espace local (son endophysiotope) est “compartimenté” hors de l'espace commun et hors du temps commun de l'écoexotopie globale commune (le cytoplasme).

C'est **la semi-autonomie de chacun**, dans son **espace-temps local** et **l'inter-dépendance de tous** dans **l'espace-temps émergent global** qui permet la survie du tout : **“in varietate concordia”**, **la variété requise est suffisante et nécessaire** : **“UN pour TOUS, TOUS pour UN”**.

1.c.2. Le temps des virus :

indépendance, interdépendances, complexification, ubiquité ou éternité ?

À la suite de sa pénétration dans une bactérie-hôte, un virus bactériophage détourne à son profit le fonctionnement de l'hôte “accueillant”, s'y multiplie et entraîne la lyse de la bactérie qui libère une génération de virus. L'endophysiotopie de la bactérie est l'écoexotopie de vie active du virus (figure 5). Un virus est un système vivant comme un autre (figure 11a) ! En dehors de la bactérie, le virus survit “inerte”, à **l'état de dormance**, dans un autre écoexotopie, comme survivent une graine d'une plante, une spore de bactérie ou une nymphe d'insecte. À l'intérieur de la bactérie, **il sort de son état d'inhibition, il se métamorphose, survit, puis se survit**. En augmentant sa **croissance en nombre**, le virus diminue le nombre des bactéries : il entraîne la disparition de son écoexotopie de survie. Or, il faut qu'au moins une bactérie-hôte survive, et se survive, pour que l'écoexotopie de reproduction du virus ne disparaisse pas ! S'il disparaît, le virus peut éventuellement survivre, mais **il ne se survit plus...** sauf si un autre écoexotopie d'accueil l'accepte. La capacité de se survivre, de perdurer, du virus est dépendante de **la capacité d'accueil de son écoexotopie**.

Son ubiquité est liée à celle de son hôte. Pour que le virus se survive, il faut d'abord que la bactérie survive et se survive.

Très rarement, un bactériophage mutant, “moins performant”, ne détruit pas la bactérie. Il s'intègre à l'héritage génétique de sa bactérie-hôte. **Il ne se survit plus mais il survit** car il ne fait plus qu'un avec elle. L'association possède de nouvelles propriétés qu'aucun des 2 partenaires ne possédaient séparément. La bactérie, **hôte-habité**, devient résistante à la destruction par les virus apparentés au virus **hôte-habitant**. L'association perdure et **en même temps** que la bactérie survit, le phage y survit **“intégré”**. Le virus en changeant son mode d'intégration à son ancien écoexotopie de survie, en passant du mode de vie parasitaire au mode de vie symbiotique, change de type d'organisation, il se métamorphose pour créer et occuper un nouvel écoexotopie.

Il perd l'ubiquité, mais il gagne l'éternité. (Bricage, 2003). Il ne fait plus qu'un avec son nouvel espace-temps !

Dans son cycle habituel de lyse, un virus bactériophage est le plus souvent dormant, son espace de survie est limité à une bactérie et son temps de génération est très court, plus court que celui de cette bactérie. Au mieux son espace de survie est immense tant que la population bactérienne est immense. Dans son **état inhabituel** de non-lyse, intégré, son espace de survie est réduit à une seule bactérie, mais son temps de génération devient celui de la bactérie. Il devient “éternel”, **tant que son hôte survit et se survit, le virus hébergé survit et se survit**. La croissance en nombre du virus est limitée par la croissance en nombre de son hôte. Le virus survit parce que la bactérie survit d'abord ! **Une autre forme de vie est apparue** (Bricage, 2003, 2005b) caractérisée par un nouvel écoexotopie et un nouveau mode d'intégration, et, par un nouvel endophysiotopie et un nouveau type d'organisation.

Tant que l'écoexotopie reste stable, l'association perdure. Mais des changements de l'écoexotopie de la bactérie, “des chocs” thermiques, photiques, chimiques ou biologiques, qui entraînent des changements de son endophysiotopie peuvent libérer le virus. Celui-ci retrouve l'ubiquité, mais il perd l'éternité. Éventuellement il part en quête de nouveaux espace-temps d'accueil.

Un traitement anti-cancéreux peut ainsi permettre une invasion ou une libération de virus endo-cellulaires (Bricage, 2008).

La cancérisation résulte d'**une déstabilisation de l'équilibre endosymbiotique** au sein de l'héritage génétique cellulaire. Cette désorganisation, par sortie, perte ou altération d'un élément préexistant, ou par entrée d'un élément nouveau, **libère les dangers contenus par le réseau d'intégration**. Ces dangers contenus peuvent être d'anciens virus à vie libre devenus endosymbiotiques. Ainsi, deux plants de bananiers sains peuvent engendrer des descendants malades car dans l'héritage génétique des cellules du bananier est intégré le génome d'un virus. Dans certains croisements, à la faveur d'un réarrangement de l'endophysiotopie, **il retrouve sa liberté**, et “descend” d'au moins un niveau d'organisation (phénomène de **rétro-gression**).

1.c.3. Le temps des monères : la biosphère terrestre appartient aux monères.

Pour survivre à l'invasion de leur écoexotopie par les virus “monérophages” (**survivre c'est manger et ne pas être mangé**), l'endophysiotopie des monères, dans un premier temps, a intégré certains virus, ceux dont la **capacité d'être accueilli** limitée correspondait à la **capacité d'accueil** limitée de ces monères ancestraux (et réciproquement), **formant ainsi, au moins 1 fois, au moins 1 ARMSADA**, et permettant à la fois à certains monères et à certains virus **“de survivre, et de se survivre, ensemble, dans un nouveau tout, en partageant les avantages et les inconvénients nécessaires à la survie de ce nouveau tout.”** (Bricage, 2008). Cette survie leur a permis ensuite de se diversifier en bactéries.

Ces **dangers contenus**, ces “prophages”, sont restés **inapparents, tant que leur survie n'a pas été menacée**. C'est-à-dire tant que l'endophysiotopie bactérien (écoexotopie de survie du virus) a conservé **sa capacité de pouvoir les accueillir**.

Mais quand l'écoexotopie de survie des bactéries a changé (**apparition de dangers exogènes** et changement de la capacité d'accueil) ou quand l'endophysiotopie des bactéries a changé (**apparition de dangers endogènes** changeant la capacité d'accueillir les phages), leur écoexotopie étant menacé les prophages se libèrent et retrouvent leur état libre, de vie ralentie (rétro-gression).

Le seul état qui leur permet de retrouver un autre écoexotopie d'accueil, un autre hôte accueillant.

Pour survivre à cette catastrophe remettant en question la survie de toutes leurs formes de vie, les monères ont, **tôt ou tard, mais à temps, et parce qu'il y a eu un bon endroit et un bon moment**, au moins 1 fois, "noué", **par juxtapositions et emboîtements, au moins 1 nouvelle association**, la cellule, grâce à au moins 1 virus, l'ancêtre du centrosome (Bricage, 2005a & b). Dans cette nouvelle **ARMSADA** les compartiments de la cellule sont les anciennes monères dont les ancêtres libres ont disparu. Cela n'a été possible que parce qu'il existait encore des monères souches capables de se rassembler et d'accueillir un nouveau virus, pour créer une nouvelle entité, qui était, **à la fois, plus et moins que la somme de ses parties**.

Comme dans toute métamorphose, des capacités anciennes disparaissent, des capacités nouvelles apparaissent et des capacités anciennes sont remaniées. Mais **des changements perpétuels remettent continuellement en question la stabilité de l'écoexotopie et de l'endophysiotopie** des cellules. Les virus bactériophages qui ne pouvaient plus atteindre directement les monères intégrées dans l'abri de la cellule (la mitochondrie, le noyau) évoluèrent en virus "cytophages" dont les cibles sont toujours un des compartiments cellulaires. Le cytoplasme étant l'ancienne monère d'accueil (des autres monères, qui y sont emboîtées et juxtaposées) peut toujours être envahi. Les virus pouvaient à nouveau manger, toujours sans être mangés, alors que, pour les monères, il était toujours impossible de ne pas être mangées. (Bricage, 2003, 2005a & b, 2007, 2008).

D'autres changements de la capacité d'accueil de l'écoexotopie ou/et de l'endophysiotopie des cellules permirent l'émergence d'un nouveau type d'ARMSADA, l'organisme métacellulaire, parce qu'il existait toujours des cellules **capables de s'unir** et des virus **capables de les unir**. Ce qui permit à ces organismes nouveaux de se diversifier et de peupler d'espèces la biosphère terrestre. Mais les virus "apprennent" à franchir la barrière de l'organisme pour retrouver à l'intérieur de celui-ci les cellules cibles contenant leurs proies initiales (Survivre c'est manger !). À l'intérieur de l'organisme des cellules se spécialisèrent alors dans le piégeage et la chasse aux virus, d'autres dans leur destruction. Ainsi naquirent des systèmes, internes à l'organisme, de défense de l'identité des cellules constitutives de l'organisme (l'écoexotopie des cellules) : d'abord les systèmes immunitaires chimiotoxiques, pour tuer les virus dans l'écoexotopie des cellules, puis cytotoxiques, pour tuer les virus dans l'endophysiotopie des cellules, en tuant les cellules. Les virus de prédateurs étaient **devenus des proies, ils ne pouvaient plus manger sans risquer d'être mangés**.

Le dernier système de défense apparu est l'apoptose : le suicide de la cellule infectée suicidant le virus. Mais les virus ont "appris" à bloquer momentanément l'apoptose et à tuer les cellules tueuses de virus (SIDA) et à franchir les barrières des espèces (encéphalopathies). **C'est une "course aux armements" !** Des virus colonisèrent ("domestiquèrent") des bactéries qui devinrent cytophages (comme celles de la lèpre et de la tuberculose). Virus et bactéries depuis toujours peuvent créer des ARMSADAs. Des virus domestiquèrent des cellules en détournant à leur profit le fonctionnement des ARMSADAs bactériennes ou cellulaires (cancer).

C'est une histoire sans fin. Sauf à créer une nouvelle ARMSADA **pour, momentanément, échapper à une attaque et se préparer à la suivante** (Bricage, 2008d, 2009). Des monères à la cellule, à l'organisme méta-cellulaire, à l'écosystème, à la biosphère, **à chaque nouveau niveau d'organisation supérieur adjacent, l'espace de survie augmente** (le volume et la masse de matière augmentent) mais le temps de reproduction aussi : une bactérie libre d'un volume de 0,000.000.000.000.001 mètre-cube peut se diviser en moins de 100 minutes, une cellule d'un volume de 0,000.000.000.000.001 mètre-cube peut se diviser en 100X100 minutes, un organisme d'un volume de 0,000.001 mètre-cube peut se reproduire en 100X100X100 minutes, un homme d'un volume de 0,1 mètre-cube ne peut se reproduire qu'en 100X100X100X100 minutes (**figure 10b**). **À chaque saut d'organisation, vers des espaces plus grands (figures 10a & 11b) et des temps plus longs, le nombre des descendants diminue** : plus de 1000.000.000 pour 1 bactérie, qui peut se diviser indéfiniment, 1000.000 pour une cellule qui ne peut se diviser qu'un nombre de fois limité, quelques fois 1 pour un couple humain), combien pour un écosystème ? combien pour une biosphère ?

La croissance en masse, l'espace, et le temps de génération sont liés (**figure 10**).

Continuellement, la vie devient à la fois de plus en plus autonome et de plus en plus fragile.

Continuellement la vie devient plus diverse, plus résiliente (Fiksel, 2006) **et plus durable.** (Bricage, 2010b)

Pour qu'un développement soit durable, il faut qu'il soit "soutenable pour", et "soutenu par", chaque partenaire. Seules survivent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés qui rendent les partenaires plus indépendants de leur ancien écoexotopie mais plus dépendants de l'endophysiotopie de leur association (Bricage, 2005b).

2. Les limites des uns sont les limites des autres et réciproquement.

De la même façon que les compartiments intra-cellulaires **survivent emboîtés et juxtaposés en échangeant, en flux tendus, des flux d'aliments et de déchets continuellement recyclés** (figure 8), de la même façon survit la biosphère terrestre, dont les écosystèmes survivent emboîtés et juxtaposés en échangeant en flux tendus des flux d'aliments et de déchets continuellement recyclés, de la même façon, à l'intérieur des écosystèmes, des populations d'organismes d'espèces différentes survivent emboîtés et juxtaposés en échangeant en flux tendus des flux d'aliments et de déchets continuellement recyclés, au sein de chaînes alimentaires emboîtées et juxtaposées (Bricage, 2011b).

L'ellipse temporelle visualise-t-elle ces phénomènes d'échanges en flux tendu ?

2.a. emboîtements et juxtaposition des limitations : limites des limites ?

Toute l'eau "physiologiquement utilisable" de la biosphère terrestre est, **continuellement**, "stockée provisoirement" et "simultanément échangée" entre les systèmes vivants la constituant (figure 9).

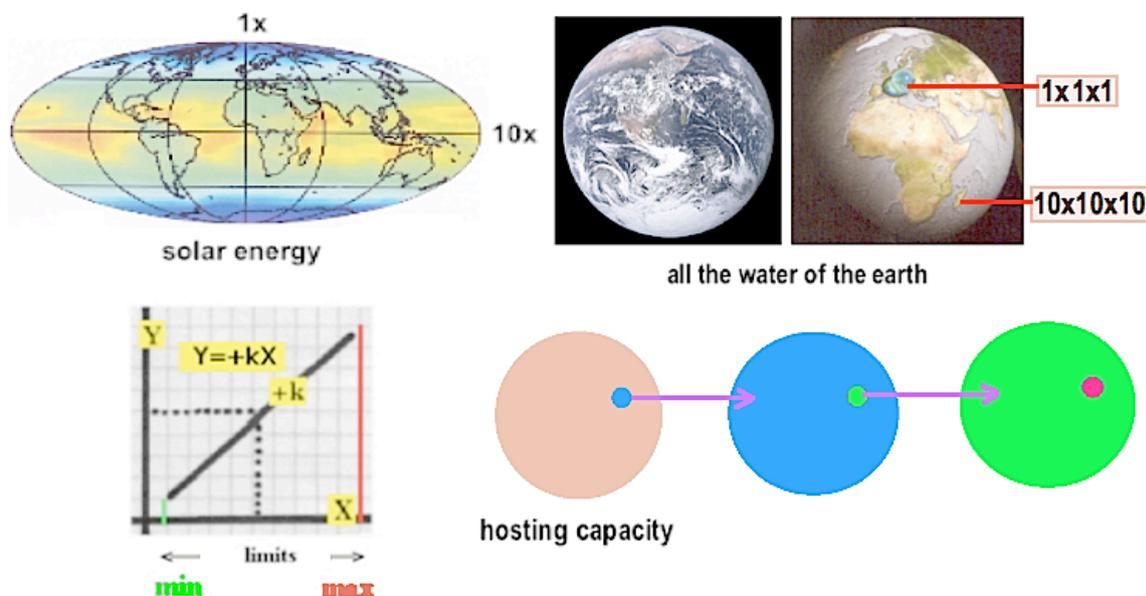


Figure 9. La capacité d'accueil de l'écoexotopie globale est le facteur limitant des systèmes locaux.

La **croissance en masse Y** des systèmes végétaux photosynthétiques, producteurs de matière organique (de sucres ou hydrocarbures) -qui se nourrissent de lumière (**solar energy**, dont la répartition à la surface terrestre varie dans un facteur **10x**), d'eau (**water**, dont la disponibilité en volume représente **1/10x10x10** du volume minéral de la biosphère terrestre) et de dioxyde de carbone (CO₂)- est limitée par la quantité (X)/le volume d'eau (sphère en **bleu**)-ou de CO₂- disponible : $Y=KX$. La capacité d'accueil (**hosting capacity**) de l'écoexotopie de survie est limitée (**limits**). Seule une fraction de l'eau disponible (sphère en **bleu**) est utilisable par les organismes producteurs de matière organique pour produire leurs endophysiotopes (sphère en **vert**), qui stockent de l'eau, sous forme d'eau libre, imbibée ou liée, et de matière organique. Seule **une fraction** de cette matière organique (et de cette eau) est utilisable et utilisée par les organismes consommateurs primaires (sphère en **rouge**) pour produire leurs endophysiotopes qui survivent en mangeant les producteurs préexistants, etc. il n'y a pas de différence systémique entre le fonctionnement d'une cellule végétale et le fonctionnement de **l'écosystème d'écosystèmes** qu'est la biosphère terrestre, constituée de chaînes alimentaires juxtaposées et emboîtées. A chaque étape de consommation de ces chaînes alimentaires (où les consommateurs primaires sont à leur tour mangés par des consommateurs secondaires : **tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé**), le rendement **quantitatif** global diminue, il y a de moins en moins de matière organique produite et disponible, mais le rendement **qualitatif** augmente, il y a de plus en plus de nouveautés.

La croissance, en masse et en volume, des systèmes végétaux photosynthétiques, producteurs de matière organique (de sucres ou hydrocarbures), qui se nourrissent de lumière, d'eau et de dioxyde de carbone est limitée par la quantité/le volume d'eau disponible.

2.b. emboîtements et juxtaposition des espaces, volumes limités et espace-temps.

Tout niveau d'organisation d'un système vivant (**figure 10a**), quel que soit son plan d'organisation, ou le nombre de ses variantes, est toujours définissable par 7 capacités nécessaires et suffisantes, une "variété requise" de **7 "degrés de liberté"** (Bricage 2002b) : la mobilisation de la matière et de l'énergie, la croissance en masse, la capacité de réagir à des stimulations, le mouvement, l'organisation (spatiale et temporelle), l'intégration (à l'écoexotopie de survie) et la reproduction de son endophysiotopie (**figure 11a**).

Quelles sont les contraintes, le cadre et les règles du jeu (Beaussart & Bricage, 2006) de la gouvernance (Bricage, 2004) du vivant ? Si quand le quantitatif diminue le qualitatif augmente, le produit quantitatifqualitatif reste-t-il constant ? -La trajectoire correspondante ($xy=k$) est **une hyperbole**.-

Mais le déterminisme d'un système dynamique n'implique pas la prédictibilité (Bailey & Longo, 2006).

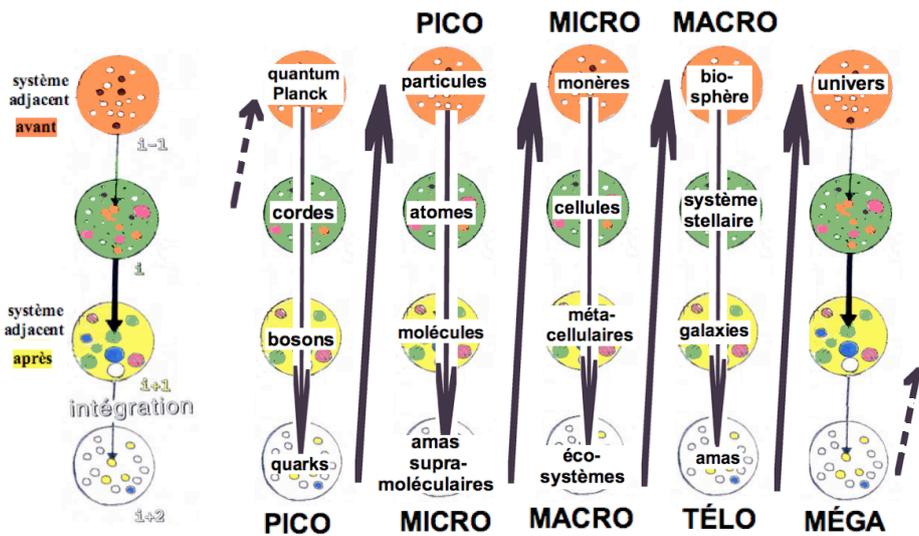


Figure 10a. Les partenaires locaux : **le tableau de la classification périodique des niveaux d'organisation du vivant.**

Tout niveau d'organisation possède les 7 capacités nécessaires et suffisantes pour définir un système vivant (figure 11a) et il naît par juxtapositions et emboîtements de systèmes pré-existants (figure 5) en une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés (figure 8) possédant ces 7 capacités (Bricage, 2009). L'assemblage d'atomes permet l'émergence du niveau moléculaire (supra-atomique) de la même façon que l'assemblage de cellules permet l'émergence du niveau méta-cellulaire (des organismes, animaux ou végétaux). Les atomes sont formés de particules sub-atomiques de la même façon que les cellules sont formées de compartiment sub-cellulaires, les monères. Les amas supra-moléculaires, les écosystèmes (amas supra-méta-cellulaires), les amas de galaxies correspondent à des niveaux équivalents. "Un caillou n'est pas vivant, mais il y a de la vie (au niveau atomique) dans un caillou." (Bricage, 2009)

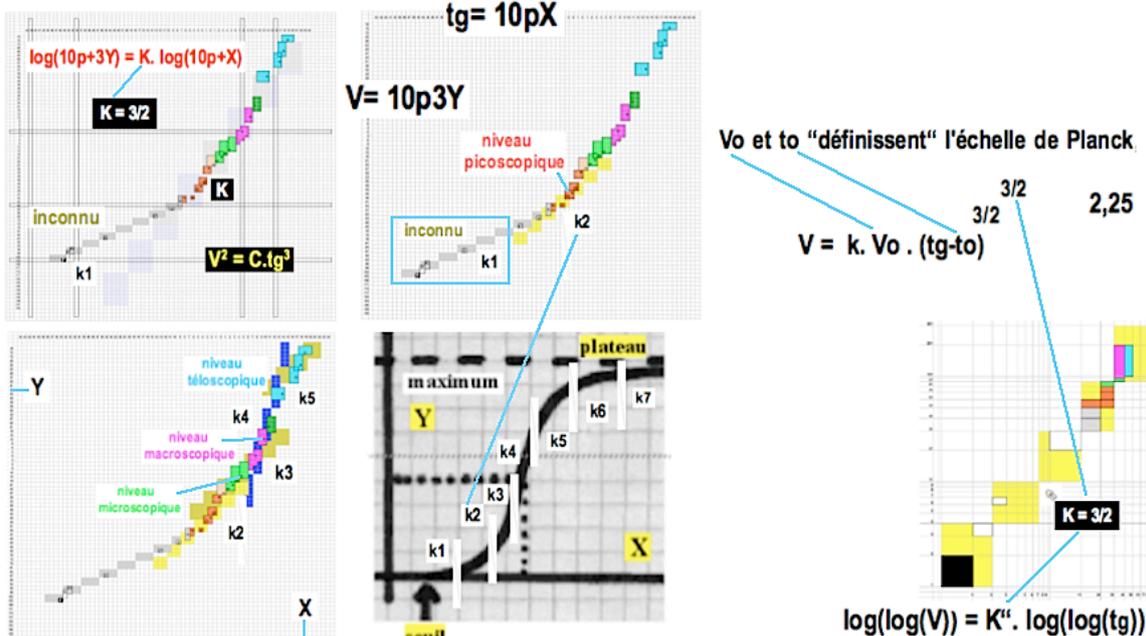


Figure 10b. Le tout : la loi de correspondance des échelles d'espace et de temps.

A partir de l'échelle locale de Planck jusqu'à l'échelle globale de l'Univers, et au-delà, le temps de génération tg , d'un niveau d'organisation, augmente en puissance 3 quand son volume V (3D) augmente en puissance 2 : $V^2 = C \cdot tg^3$. La structure de l'Univers est fracta-quantique de dimension 2,25 (valeur typique de la distribution de connectivité d'un réseau dont la moyenne des plus courts chemins menant d'un noeud à un autre demeure invariant). Tout niveau d'organisation, spatiale et temporelle, est un assemblage par itérations à partir de l'échelle spatio-temporelle de Planck (quantum de référence) (Bricage, 2009).

Figure 10. L'espace-temps cosmique : emboîtements et juxtapositions "moteurs" de la montée vers la complexité.

Cette montée de la complexité est à la fois "bottom-up" et "top-down".

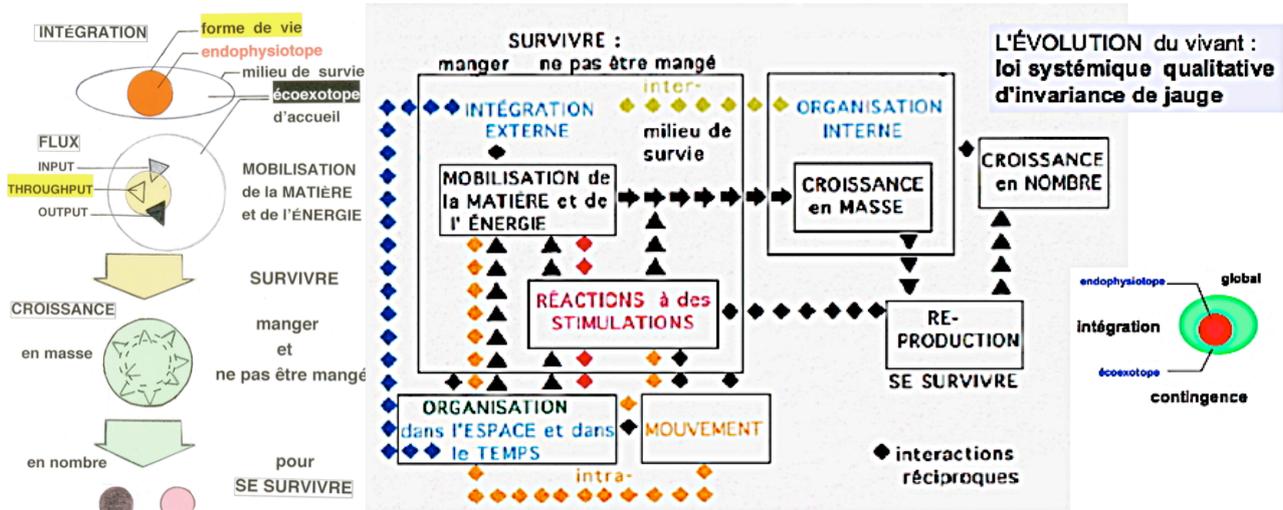
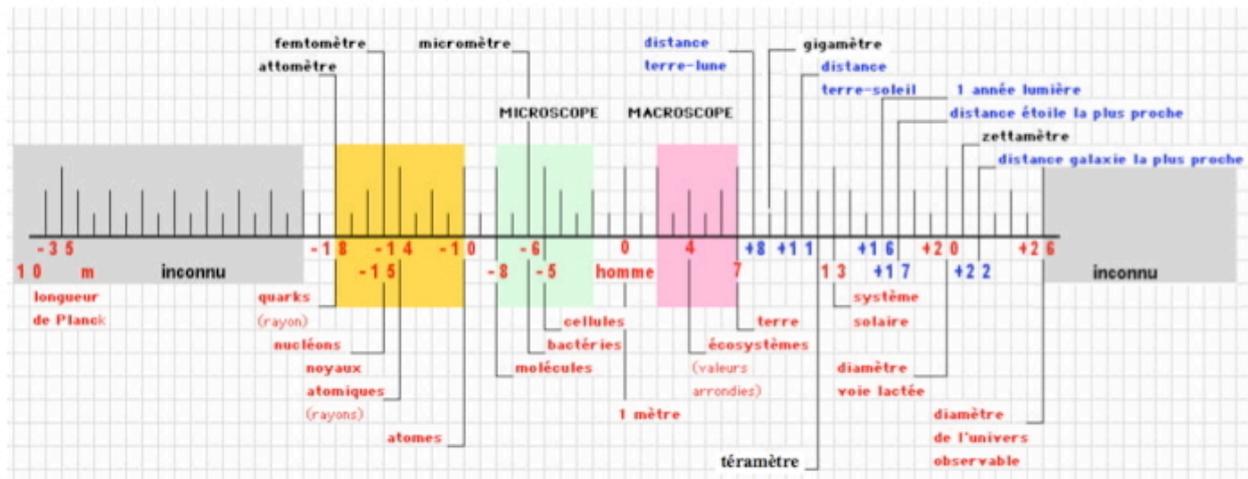


Fig 11a. **L'invariance de jauge du vivant** : les 7 capacités nécessaires et suffisantes pour définir un système vivant.

Tout système vivant est inséparable de son écoexotopie de survie (qui lui fournit une capacité d'accueil) où il est accueilli (intégration). Après une phase de croissance en masse (phase larvaire, de durée tg), s'il survit et atteint un volume minimal V , tel que $V^2 = C \cdot tg^3$, il acquiert la capacité de se survivre (phase adulte) et donne éventuellement naissance à une génération future (Bricage, 2002a).

ordres de grandeur des unités dimensionnelles ou temporelles :

10p+24 yotta Y, 10p+21 zetta Z, 10p+ 18 exa E, 10p+15 péta P, 10p+12 téra T, 10p+9 giga G, 10p+6 méga M, 10p+3 kilo k, 10p-24 yocto y, 10p-21 zepto z, 10p-18 atto a, 10p-15 femto f, 10p-12 pico p, 10p-9 nano n, 10p-6 micro m, 10p-3 milli m



L'équation $Y = \exp(aX)$ sur un graphique semi-logarithmique ($\log Y$ versus X) donne une représentation linéaire $\log Y = aX$.

L'équation $Y = X^b$ sur un graphique log-log ($\log Y$ versus $\log X$) donne une représentation linéaire $\log Y = b \log X$.

http://en.wikipedia.org/wiki/Logarithmic_units

Figure 11b. Les échelles dimensionnelles des espace-temps du vivant.

De l'inconnu (en deçà de l'échelle spatiale et temporelle des quarks) à l'inconnu (au-delà de l'échelle spatiale et temporelle) de notre Univers, **quelle que soit l'échelle dimensionnelle**, l'espace-temps des endophysiotes du vivant obéit à la loi $V^2 = C \cdot tg^3$

Figure 11. L'invariance de jauge des systèmes vivants.

Quel que soit le niveau d'organisation spatio-temporel, les systèmes vivants obéissent aux mêmes lois qualitative et quantitative.

2.c. stratégies paradoxales et agoantagonisme en médecine.

La science des systèmes ago-antagonistes est née de la mise en évidence de couples d'hormones **dont les actions étaient à la fois de sens opposés et coopératives** (figures 1 & 2). La gouvernance globale ne s'y identifie ni au seul conflit local, ni à une addition entre les parties en cause (Bricage, 1981, 1984a).

Un système ago-antagoniste combine une série de **propriétés réputées incompatibles entre elles** : l'ouvert et le fermé, le chaos et l'invariance, le conflit et la coopération, la liberté et la dépendance, la hiérarchie et l'autonomie, le simple et le complexe (Bernard-Weil & Bricage, 2007).

Toutes les "productions de la nature", pour leur survie, dépendent d'une organisation de partenaires ago-antagonistes, en réseaux, associant conflit et coopération dans une unité co-créatrice. Aucune action n'est unilatérale. Une confrontation qui se solde par une victoire, ou un compromis, aboutit tôt ou tard à une perte de diversité. Elle ne peut aboutir à l'émergence d'une entité nouvelle de niveau d'organisation supérieur, que par la mise en place d'une ARMSADA. Il n'y a de réalité qu'à la fois unie et divisée. Le scientifique doit rendre compte de la dynamique sous-jacente au réseau des causes et en tenir compte dans sa prise de décision thérapeutique. **Est-elle en adéquation avec l'écoexotopie naturelle, culturelle et sociétale ? Quels sont ses avantages et inconvénients ?** Ces étapes sont ignorées par la plupart des spécialistes (Bernard-Weil, 2002).

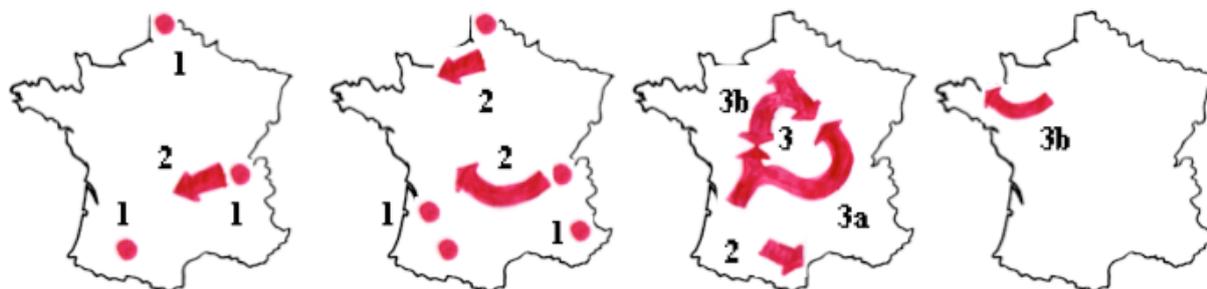
C'est la **chronobiologie** (Bricage, 1996) qui devrait guider la décision thérapeutique (Bricage, 2005e).

3. La capacité d'accueil de l'écoexotopie impose sa structure à celle de l'endophysiotope.

L'**individualité** d'un organisme est repérable par une **frontière**, son interface avec l'écoexotopie dont il est indissociable. C'est la capacité d'accueil de cet écoexotopie qui lui permet de survivre ("de manger et de ne pas être mangé" et de maintenir son identité) et de recréer sa forme de vie, de se survivre (Bricage 2000a). Le mode d'intégration d'un organisme est défini par l'**adéquation** entre la capacité d'accueil de son écoexotopie (Bricage, 1982) et la capacité d'être accueilli de son endophysiotope (Bricage 2003).

3.a. L'espace-temps des épidémies de grippe aviaire.

De la même façon que l'homme se multiplie **pour son propre compte** dans la biosphère terrestre (Reyer 2009), l'homme est lui-même un écosystème au sein duquel des cellules cancéreuses ou des virus se multiplient pour leur propre compte. La croissance cancéreuse ou virale n'amène pas à un développement durable, car quand l'organisme meurt les cellules cancéreuses ou les virus meurent avec lui. Dans l'écosystème humain des cellules facilitent le voyage des virus qui peuvent passer d'un écosystème humain à un autre, voire à un écosystème d'une autre espèce, et ce dans les 2 sens. C'est le cas du virus de la grippe qui voyage des cochons aux canards (ou oiseaux sauvages) et à l'homme ou à d'autres mammifères. Le virus est transmis par l'eau, expulsée avec la salive, la sueur, les éternuements (l'urine et les excréments). Une fois qu'il est installé dans les cellules respiratoires, rien ne peut empêcher le virus de se développer car il n'existe pas de toxique pouvant atteindre le parasite sans léser son hôte. Cependant, certains individus hébergent le virus sans que la maladie ne se déclare. Il est impossible d'éradiquer la grippe car de nombreux animaux (oiseaux, porc, cheval, homme) sont les réservoirs et les vecteurs du virus. C'est dans leurs cellules, au cours de sa reproduction, que le virus se métamorphose en un nouveau variant. Les mêmes types viraux **réapparaissent périodiquement**. Quel que soit le moment de l'année, une zone de démarrage de la grippe est toujours à proximité d'une zone humide à partir de laquelle l'épidémie s'étend, d'abord localement aux agglomérations à proximité d'autres zones humides, puis globalement à toute la France, en suivant le réseau des écosystèmes humides, écoexotopie(s) des oiseaux migrateurs et locaux (**figure 12**). **Tout se passe comme si** le virus changeait de véhicule (d'espèce d'oiseau), comme l'homme change de train, pour aller d'un site (d'une zone humide) à un autre (une zone humide de même type ou d'un type nouveau). Le site d'accueil (le type de la zone humide à venir) est déterminé par le point de départ (le type de la zone humide initiale) et le type de véhicule emprunté. La survie (et la propagation) du virus est durable parce qu'elle est soutenable, et soutenue, par les écosystèmes au sein desquels il se propage (et qui le propagent) : associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés dans lesquelles le virus est impliqué. Pour supprimer le virus, faut-il tuer tous les oiseaux ? Faut-il assécher toutes les mares ? Si on (re)construit une carte de la France, par anamorphose, à partir des temps de propagation de l'épidémie humaine, on obtient une carte quasiment superposable à celle obtenue par l'anamorphose utilisant les temps de parcours sur le réseau ferroviaire. **Tout se passe comme si** le virus se propageait par le réseau ferroviaire (TGV et train), c'est-à-dire par les transports d'hommes et les contacts d'homme à homme (figure 12). Peut-on les empêcher ?



les **points rouges** représentent les **points de départ (1)**, les **flèches rouges** représentent les **routes suivies : 2** de zone humide en zone humide, puis le réseau percole (3) soit au travers du réseau des zones humides (3a), soit au travers du réseau des transports ferroviaires (3b) ou routiers

Si on (re)construit une carte de la France, **par anamorphose, à partir des temps de propagation** de l'épidémie humaine, on obtient une carte quasiment superposable à celle obtenue par l'anamorphose utilisant les temps de parcours sur le réseau ferroviaire (TGV et train).

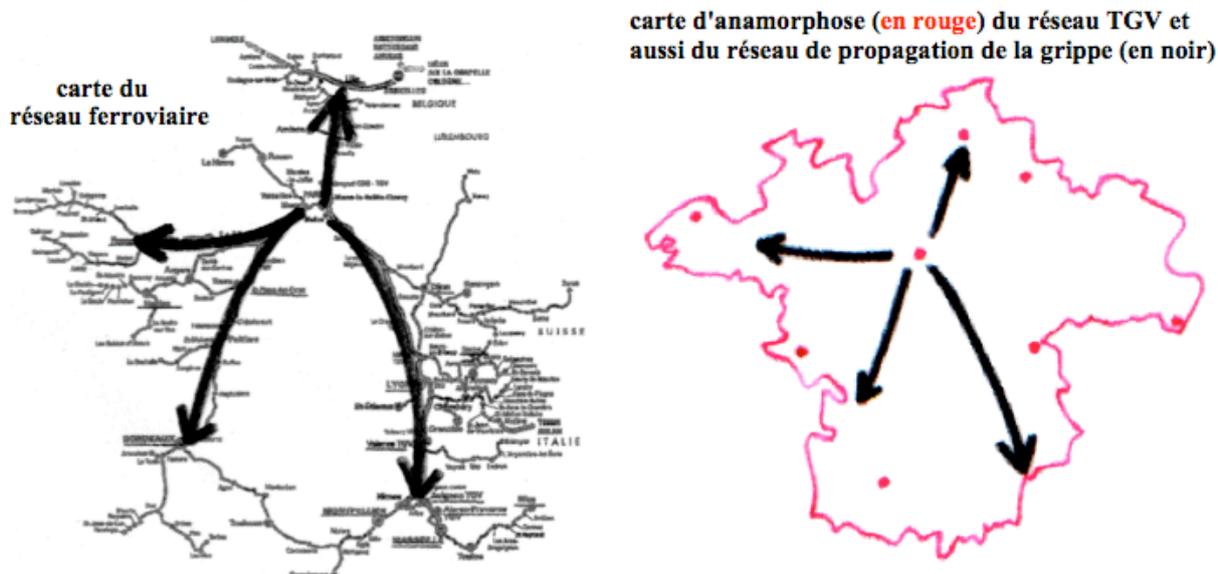


Figure 12. Cartographie temporelle des épidémies de grippe saisonnière humaine.

Plusieurs réseaux surveillent les statistiques de grippe humaine en France. Les résultats du réseau Sentinelles, sous forme de cartes de progression de l'épidémie, sont disponibles sur le web. En utilisant un logiciel de diaporama et un logiciel d'analyse d'images, il est possible de construire une représentation plane (par superposition de calques), quantifiée, visualisant à la fois les mouvements du virus et la sensibilité des populations atteintes. Avec un logiciel de cartographie par anamorphose et un logiciel d'analyse factorielle des correspondances, il est possible de superposer les mouvements (dans l'espace, au cours du temps) des épidémies virales aux cartes de France (du relief, du climat, de la radioactivité naturelle, du type d'alimentation en eau, des modes alimentaires, des types d'espaces naturels, des types d'utilisation du sol, des types d'implantations industrielles, des voies fluviales, des voies ferrées, des transports aériens et routiers, de la densité de la population, de l'organisation territoriale administrative actuelle et passée, de la densité médicale). On peut ainsi mettre en évidence les facteurs (de l'espace-temps) de l'écoexotopie.

3.b. Cycles lunaires et cycles solaires : temps externes et temps internes cycliques.

L'évolution annuelle de l'équation du temps (http://fr.wikipedia.org/wiki/Équation_du_temps) en un lieu terrestre fixe donné, est visualisable à l'aide d'une courbe asymétrique, en forme de huit, appelée **analemme solaire** (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Analemme>). Chaque point de cette courbe²⁰ représente une position du soleil photographié chaque jour à la même heure. Sa forme²¹ dépend de l'heure de la prise de vue.

20 Cette figure ne peut être mise en évidence que **par photographie ou en simulant le phénomène** dans un programme d'astronomie ou à l'aide d'un planétarium. Elle n'est pas propre à la Terre. Elle peut être visible, sous d'autres formes depuis d'autres planètes.

21 Au cours des années, la forme de cette courbe (déterminée par les instants où la courbe s'annule et par la valeur des extrema et les

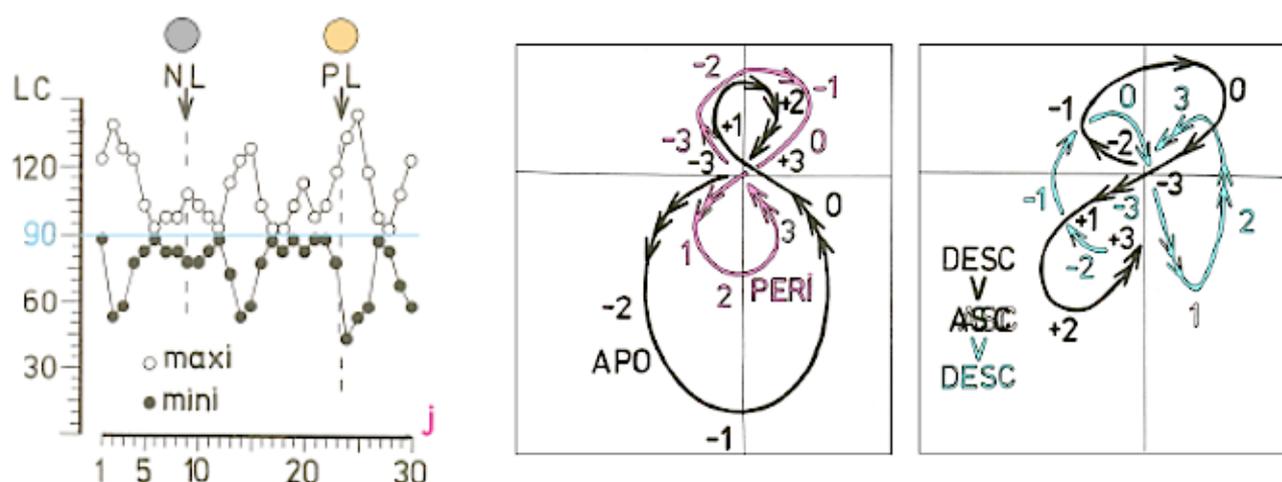


Figure 13. Calendriers des durées journalières des cycles nocturnes de sommeil : analemmes lunaires.

Lunar and solar cycles: EXO cyclic time & ENDO cyclic time.

A gauche : **LC** durée en minutes du cycle de sommeil nocturne le plus long **maxi** et le plus court **mini** de chaque nuit (chaque fin d'un cycle est marquée par un court éveil, avec rendormissement pour le cycle suivant, le dernier cycle est celui de l'éveil définitif), indépendamment du nombre de cycles -durée "moyenne" 90 minutes-, durée de 30 jours avec un cycle lunaire complet (**NL** nouvelle lune, **PL** pleine lune), pour un dormeur terrestre, sans changement de lieu. Au milieu : plan de projection de l'analyse factorielle des correspondances entre les durées **LC** des cycles nocturnes de sommeil et les dates du **cycle lunaire de passage en apogée et périgée** (apogée **APO**, point où la distance entre terre et lune est la plus grande : -3, -2, -1, jours avant le passage, **O** moment du passage en apogée, +1, +2, +3 jours après le passage; périgée **PÉRI**, point où la distance est la plus petite : -3, -2, -1, jours avant le passage, **O** moment du passage en périgée, +1, +2, +3 jours après le passage). Le point d'intersection des axes et analemmes (courbes en forme de 8 asymétrique, superposées et emboîtées) correspond aux autres jours du calendrier confondus en ce point. Tout se passe comme si le dormeur était **un point fixe tourné vers la lune et qui suit la trajectoire lunaire apparente du regard : analemme lunaire** -comme un appareil photographique immobile suit la trajectoire apparente du soleil au cours de la course de la terre autour du soleil (analemme solaire)-. A droite : **autre** plan de projection de l'analyse factorielle des correspondances entre les durées **LC** des cycles nocturnes de sommeil et les dates du **cycle lunaire de passage en ascendance et descendance** (descendance **DESC** : -3, -2, -1, jours avant le passage, **O** moment du passage d'ascendance en descendance, +1, +2, +3 jours après le passage; ascendance **ASC** : -3, -2, -1, jours avant le passage, **O** moment du passage de descendance en ascendance, +1, +2, +3 jours après le passage). Le point d'intersection des axes et analemmes (courbes en forme de 8 asymétrique, perpendiculaires et juxtaposées) correspond aux autres jours du calendrier confondus en ce point. Tout se passe comme si le dormeur était un point fixe tourné vers la lune et qui suit, simultanément, cette autre trajectoire lunaire apparente du regard : autres analemmes lunaires.

Chez l'homme, les durées journalières des cycles de sommeil nocturnes (Collectif (2011) les plus longs et les plus courts suivent des calendriers lunaires en forme d'analemmes (Bricage, 1993), **révélés par l'analyse factorielle des correspondances** entre les durées des cycles et les dates des cycles lunaires, de passage en apogée et périgée, et de passage en ascendance et descendance (**figure 13**). **Tout se passe comme si** le dormeur était un point fixe dont le regard tourné vers la lune en suivait la trajectoire lunaire apparente (analemmes lunaires) comme un appareil photographique fixé en point immobile suit la trajectoire apparente du soleil au cours de la course de la terre autour du soleil (analemme solaire) (Bricage, 1997).

Dans les plans factoriels (figure 13), le point d'intersection des axes et des analemmes (les courbes en forme de 8 asymétrique, superposées et emboîtées ou juxtaposées) correspond aux autres jours du calendrier confondus en ce point. **Tout se passe comme si** le temps physiologique, de **l'endophysiotope, local**, ne s'écoulait pas alors que le temps systémique, de **l'écoexotope, global**, s'écoule régulièrement ("sablier solaire"). Aux moments des passages, d'ascendance en ascendance ou de descendance en ascendance, et, en périgée ou en apogée, le temps local s'accélère puis s'arrête à nouveau.

instants où on les observe) change lentement. Dans son mouvement autour du soleil, la terre **subit l'influence des autres "acteurs" du système solaire**. Cela entraîne une variation de l'excentricité de son orbite. Dans sa rotation sur elle-même, la terre subit l'influence du couple lune-soleil. Cela entraîne une variation de son obliquité en inclinaison et direction. Ces phénomènes sont décrits sous le nom de nutation en longitude, nutation en obliquité et précession des équinoxes. Ces changements provoquent un glissement relatif des dates des passages.

Le temps n'existe qu'au moment des changements. C'est le mouvement dans l'espace de l'écoexotopie d'acteurs externes à l'endophysiotopie qui crée le temps interne à cet endophysiotopie.
Les interactions dans l'espace de l'écoexotopie créent le temps interne dans l'endophysiotopie.

C. Invariance temporelle et indépendance d'échelle : fractalité du temps.

Les modèles représentatifs des phénomènes de régulation, de maintien d'un équilibre ou d'atteinte d'un nouvel équilibre, dans un système prédateur-proie, sont habituellement exprimés sous forme d'équations (ou de systèmes d'équations) du second degré. **Les représentations graphiques correspondantes sont des coniques, ou des courbes qui convergent vers une conique.** Ainsi tous les coefficients d'un modèle représentatif de la dynamique des interactions entre une population d'une espèce d'un poisson (pêchée et consommée par l'homme, "kelp perch", la ressource) proie naturellement consommée par une autre espèce d'un poisson prédateur ("kelp bass"), sont des polynômes du second degré, de la biomasse de la population des proies accessibles au prédateur naturel (Chakraborty & al., 2011). Dans des conditions de survie où la croissance de la population des proies est logistique, pour maximiser son bénéfice économique lié à la pêche, dans ce système à 3 acteurs, l'homme, super-prédateur sur-ajouté à cette chaîne, doit protéger la ressource non pas du prédateur de la chaîne alimentaire naturelle mais de lui-même. Sinon la solution finale est l'extinction de la chaîne alimentaire complète.

Pour que le Tout survive il faut d'abord que chaque acteur présent naturellement survive.

Ce modèle fait intervenir un équilibre "réactionnel" de type Michaelien et il est transposable à une chaîne métabolique enzymatique au sein d'une cellule (niveaux i et $i-1$), la ressource (la proie) étant le substrat (la matière disponible) et le prédateur le produit de la réaction (la matière transformée). L'action de l'homme, qui se comporte comme le prédateur, peut être assimilée à celle d'un inhibiteur compétitif, qui diminue la production du produit en diminuant la quantité de substrat disponible. C'est évidemment en donnant un refuge écologique à la proie (en aménageant des cavités de survie dans le récif ou en favorisant la croissance des populations d'algues qui lui servent d'abri et de nourriture) ou un abri économique (en limitant et en taxant fortement les prises) qu'il favorise la survie de la ressource (Kar, 2006). C'est en préservant à la fois la proie (de l'homme et du prédateur), et le prédateur (de l'homme), que la quantité globale cumulée de biomasse constamment disponible pour l'homme est plus élevée. **Le sage est celui qui connaît les limites de la capacité d'accueil de son écoexotopie de survie et qui les respecte** (Bricage, 2011c). L'homme est une espèce prédatrice comme un autre. Pour survivre (et se survivre) elle doit obéir aux règles qui structurent les relations entre prédateurs et proies, tous acteurs de même niveau d'organisation (niveau $i+1$) au sein des écosystèmes naturels (niveau $i+2$) (Lenzini & Rebaza, 2010).

1. projections temporelles : "collisions d'émergence".

L'émergence de la vie passe par la constitution d'une frontière, qui sépare le soi du non-soi.

La compartimentation est une organisation fondée sur la perception-action, la communication.

À chaque niveau d'organisation du vivant existent des langages différents. Lorsque que les mots sont semblables, c'est la grammaire, la syntaxe, qui est différente. Chaque nouveau niveau d'organisation **ne supprime pas** les langages des niveaux d'organisation antérieurs, qui l'ont précédé. Au contraire, ils sont conservés, plus ou moins modifiés, et un **nouveau langage interactif** émerge. Chaque nouveau langage représente de ce fait **une dimension spatio-temporelle nouvelle**, puisqu'il contient, pour sa mise en œuvre, les langages précédents, **emboîtés et juxtaposés** (Bricage, 2005a).

Tous les systèmes, naturels ou artificiels, sont constitués d'éléments discontinus et répétés en grand nombre, à la fois dans l'espace et dans le temps. L'assemblage de ces modules permet de générer de nouveaux modules, spatiaux et temporels, de niveau d'organisation supérieur. (Bricage, 2005a)

Le **discontinu** protège, donne de la tolérance entre les assemblages d'éléments.

La **progression par niveaux** permet d'utiliser les acquis antérieurs (Bricage 2004).

La **modularité** spatiale et temporelle permet de réduire les coûts de l'organisation et facilite l'intégration.

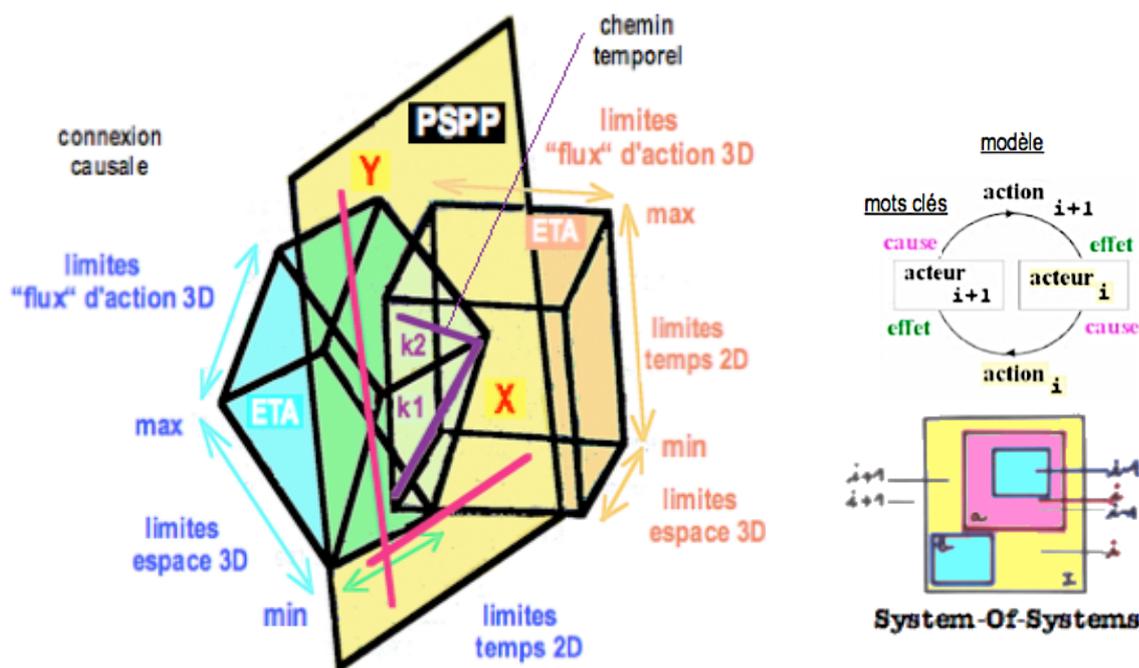


Figure 14. Détermination du plan le plus simple de la trajectoire (géodésique ou horocyclique).

PSPP Plus Simple Plan de Projection Factorielle, plan d'analyse multi-variée $Y=f(X)$, d'intersection des champs d'espace-temps-action (ETA) de l'écoEXOtope et de l'ENDOphysiotope, dans lequel la trajectoire la plus simple (la "géodésique orientée", ou l'horocycle, en violet) est du premier degré (développement limité d'ordre 1) ou du second degré au plus (tableau 4),

ETA champs d'Espace-Temps-Action à au moins 3 dimensions pour l'espace (volume 3D), au moins 2 dimensions pour le temps (temps interne et temps externe), au moins 3 dimensions pour l'action (actions INTER : entrante INPUT, sortante OUTPUT, action INTRA : THROUGHPUT), mais pour "simplifier la représentation", l'espace 3D, le temps 2D et l'action 3D sont représentés par 1 seul axe (pas forcément uni-directionnel),

max : maximum (borne supérieure), **min** : minimum (borne inférieure), de l'espace 3D, du temps 2D ou de l'action 3D, toujours compris entre 2 limites (pour l'espace E : plus petit volume, initial ou non, & plus grand volume, optimal ou non; pour le temps T : naissance & mort, début & fin, avant & après; pour l'action A : niveau de base, seuil & plateau).

La trajectoire (point, droite ou segments de droites, cercle ou ellipse, ou assemblages de cercles ou d'ellipses, hyperbole) représentative du phénomène dans le PSPP, n'est pas une figure de l'espace usuel (2D), elle se substitue à lui, devenant ainsi le lieu d'une nouvelle géométrie de la représentation minimale du phénomène (Risler, 1996).

Ces représentations graphiques les plus simples sont toujours des coniques.

Les coniques (abréviation de "section conique") forment une famille de courbes planes résultant de l'intersection d'un plan avec un cône de révolution (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Conique>). Elles ont été étudiées dès 400 avant J.C. par Menechme, puis Archimède, Apollonius, Kepler et Pascal. Ce sont les lieux des points équidistants d'un point fixe (le foyer) et d'un cercle (ou d'une droite) D, le cercle Directeur (ou la Directrice), ce sont les lieux du centre d'un cercle variable astreint à passer par un point fixe et à être tangent à D. Si le foyer est intérieur au cercle, on obtient les ellipses, extérieur les hyperboles (et lorsque D est une droite, la parabole). Les lieux des centres de cercles tangents à deux cercles "généralisés" de rayons distincts sont des réunions de 2 coniques <http://www.mathcurve.com/courbes2d/conic/conic.shtml>

En géométrie analytique affine, ce sont des courbes planes algébriques du second ordre, dont les coordonnées cartésiennes X et Y des points sont solution de l'équation $aX^2 + bXY + cY^2 + dX + eY + f = 0$ (avec 1 au moins des 3 coefficients a, b ou c non nul, pour que, quel que soit le repère utilisé, l'expression de l'équation, plus ou moins simple, reste du second degré). Il est intéressant de chercher le repère dans lequel l'expression de l'équation est la plus simple.

Il est toujours possible de rendre le coefficient b nul par une rotation du repère.

Si le coefficient c est lui aussi nul, a est forcément non nul, et une translation suivant l'axe des X permet d'annuler le coefficient d. Si le coefficient e est nul, l'équation se réduit à $X^2 = p$ et selon le signe de p nous obtenons 0 à 2 droites parallèles. Si e est non nul, une translation suivant l'axe des Y annule f. Nous obtenons l'équation cartésienne réduite d'une parabole $Y = pX^2$.

Si le coefficient a est nul, on obtient la situation symétrique de la précédente où X et Y voient leurs rôles échangés. On obtient donc si d est nul, 0 à 2 droites parallèles, si d est non nul, une parabole d'équation réduite $X = qY^2$.

Les courbes représentatives des différents équilibres métastables sont **des coniques** (Bricage, 2010a).

2. variété requise en nombre d'espace-temps

Au sein d'un organisme méta-cellulaire (niveau $i+1$), ce sont les inter-actions inter-cellulaires (niveau i) et intra-cellulaires (niveau $i-1$) qui structurent les réponses, appropriées ou inappropriées, de survie du Tout, (l'organisme). Ces réponses, face à une agression biologique (virus, bactérie) ou chimique (toxique), sont simulables également par **des modèles du type prédateur-proie**. Les variations du nombre de cellules non-infectées par un virus (proies potentielles pour ce virus), du nombre de cellules infectées (proies consommées par ce virus), et de l'effectif/la concentration de la population de ce virus (la production et la survie du virus) obéissent à des modèles du premier ou du second degré (Dubey & al., 2011), dont les représentations graphiques sont des coniques. L'écosystème multi-cellulaire de l'organisme fonctionne de la même façon que l'écosystème de la chaîne alimentaire précédente. C'est **un polynôme du second degré (figure 14)**, de la biomasse de la population des proies accessibles (les cellules) qui est représentatif de la situation de l'équilibre de co-existence de l'hôte accueillant (la cellule) et de l'hôte accueilli (le virus). La quantité de virus produit, comme précédemment est optimale pour le prédateur, quand la survie est optimale pour sa proie. **"Pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive"**. Et la situation d'équilibre optimal pour les 2 partenaires est **la situation de flux tendu qui permet la survie optimale du Tout**, l'organisme, écoexotopie de survie de l'endophysiotopie cellulaire qui est lui-même l'écoexotopie de survie de l'endophysiotopie viral. L'introduction, directe ou indirecte, d'un partenaire surnuméraire qui produit une substance toxique par exemple (bactérie productrice d'une toxine cellulaire, ou prise d'un médicament anti-viral par l'organisme infecté par le virus) ne change pas globalement les cinétiques d'interaction. Le décours temporel du phénomène est représentable par **une conique (une droite, une parabole, une hyperbole, un cercle ou une ellipse)**²² (Bricage, 2010a).

L'installation d'un **équilibre global** dépend des **conditions initiales**, dans l'espace et dans le temps (Galach, 2003) qui pré-existent, et président, à la fois aux interactions locales entre les acteurs et à leurs interactions avec le Tout (figures 4 & 5). Survivre c'est "manger et ne pas être mangé" et on peut être mangé par soi-même quand le contrôle du soi s'égare avec le cancer. L'élimination des cellules cancéreuses (parasites, prédatrices) ou leur prolifération et l'élimination de l'organisme, proie consommée dont la capacité d'accueil est limitée, découle d'abord des interactions entre les cellules cancéreuses en compétition entre elles (Chrobak & Herrero, 2011). Il n'y a pas d'équilibre stable (Bricage, 2008). Les cellules cancéreuses survivent dans une lutte qui aboutit tôt ou tard toujours à leur mort avec ou sans la mort de l'organisme hôte.

Le devenir d'un équilibre dans le temps dépend du nombre de ses acteurs et de leurs interactions. Pour que l'équilibre soit robuste, pour que le système possède une capacité de tampon, il faut que le nombre d'acteurs soit suffisamment grand. Mais plus le nombre d'acteurs est grand plus l'atteinte d'un équilibre spatial et temporel est difficile, car plus le nombre des interactions potentielles, avantageuses ou désavantageuses, est grand. L'intégration d'un nouvel acteur (Bricage, 2005b) à un équilibre pré-existant est moins robuste que l'émergence globale d'un nouveau tout multi-acteurs (Bricage, 2005a, b,c). Mais si le nombre d'acteurs est trop grand, le système trop complexe devient trop figé, et donc trop fragile, il devient incapable de se reconstruire face à une agression qui détruit l'un de ses **acteurs "clé-de-voûte"** (Bricage, 2011b). L'équilibre est d'autant plus durable que le système arrive à maintenir sa variété requise (**figure 15**), en nombre d'acteurs, en nombre d'espace-temps, en nombre d'interactions, **entre 2 limites : ni trop, ni trop peu** (Bricage, 2011a).

Les courbes représentatives (figures 13 & 15) ne sont plus des ellipses, mais des analemmes.

Quel lien y a-t-il entre une ellipse ou une analemme représentant un **phénomène périodique** ?

Penser de manière systémique implique une approche trans-diciplinaire des phénomènes.

22 Une ellipse est aussi le contour apparent d'un tore (Bricage, 2007).

Quelle qu'elle soit dans le plan affine (ellipse, parabole, hyperbole), dans le plan projectif, avec sa directrice à l'infini, une conique est toujours une ellipse. Une sinusoïde $y=a \sin(x/b)$ est la trajectoire d'un mouvement composé d'un mouvement sinusoïdal (la projection d'un mouvement circulaire uniforme sur une droite) et d'un mouvement de translation uniforme (tableau 4) http://fr.wikipedia.org/wiki/Rythme_biologique
Graphe toroïdal http://fr.wikipedia.org/wiki/Graphe_toroïdal http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Toroïdal_graph_sample.gif

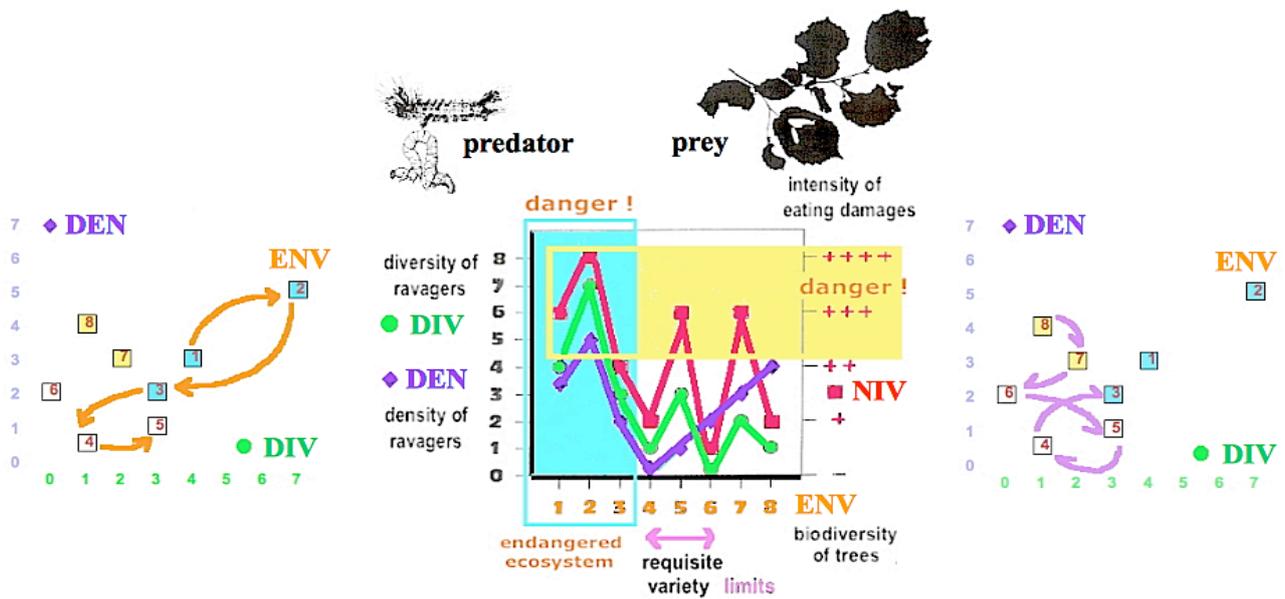


Figure 15. Organisation, dans l'espace et dans le temps, de chaînes alimentaires dans un écosystème forestier. (<http://www.european-lepidopteres.fr-Geometridae-.html>, http://fr.wikipedia.org/wiki/Galerie_des_Geometridae), ravageurs (predator) : *Erannis defoliaria*, Geometridae, *Lymantria dispar*, la processionnaire du chêne, (http://en.wikipedia.org/wiki/Lymantria_dispar, http://wiki.pestinfo.org/wiki/Lymantria_dispar)

Au milieu : L'**intensité d'attaque NIV** (échelle simplifiée : - moins de 5%, + moins de 20%, ++ moins de 40%, +++ plus de 80% de réduction de la surface) des feuilles des arbres et arbustes (exemple représenté : feuilles d'un noisetier) d'un bois de feuillus (bois de Pau, France) et la **diversité DIV** (nombre d'espèces différentes) et la **densité DEN** (échelle simplifiée : 1x, 2x, 3x ...) des ravageurs responsables (chenilles de Lépidoptères, 2 représentées en exemple) sont organisées dans l'espace-temps forestier en fonction de la **biodiversité végétale locale ENV** (nombre d'espèces différentes de feuillus, ENV = 1 la forêt est une monoculture, un champ !). De place en place, ces 4 paramètres (NIV, DIV, DEN, ENV), indicateurs locaux de la structure et du fonctionnement des chaînes alimentaires (dont les feuillus sont les espèces clés-de-voûte) changent. A certains endroits la **survie locale** de la forêt est menacée car la diversité de l'écoexotope des feuillus hôtes des ravageurs est soit trop faible (ENV < 4) soit trop grande (ENV > 6). Il existe 2 états d'équilibre métastable (ENV = 4 et ENV = 6) où le niveau d'attaque NIV des ravageurs est le plus faible tout en permettant la survie mutuelle des uns et des autres ("Survivre c'est manger et ne pas être mangé.", "Pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive.", "Tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé.") Pour la **survie globale** de la forêt il est nécessaire qu'une surface minimale, en nombre de feuillus reproducteurs potentiels en bonne santé, survive. C'est à dire qu'il faut un nombre suffisant d'espaces locaux en interactions où la **biodiversité des feuillus** reste maintenue **entre 3 et 7, limites** des variations du nombre d'acteurs à l'origine de la biomasse de toutes les chaînes alimentaires. On peut suivre d'année en année, de place en place, l'évolution du nombre local d'acteurs (ENV, DIV) mais c'est très lourd en prélèvements sur le terrain, et en observations, en mesures et en élevages au laboratoire, (il faut attendre que les chenilles se métamorphosent en papillon, pour identifier leur espèce). En outre, si le système est en équilibre, on peut n'observer aucun changement pendant plusieurs années. C'est uniquement aux endroits où aura eu lieu une intervention humaine (déboisements ENV -1, -2 ... ou plantations ENV +1, +2 ..., voire les deux) qu'on pourra observer une réponse éventuelle, mais en réponse à une agression extérieure au système.

A gauche : On peut plus simplement représenter une histoire supposée, du **calendrier de l'installation du système**, si les acteurs (ENV) s'associaient progressivement, 1 à 1, quel que soit l'ordre d'intégration d'un nouvel acteur (figure 4), pour constituer une forêt à partir de la colonisation d'une espace nu; les contraintes de leur survie étant représentées par la relation (supposée) des interactions de **densité DEN** et de **diversité DIV** entre les populations de leurs ravageurs, telles qu'elles sont connues précédemment : **en bleu** les **étapes du développement** de la forêt où la diversité des acteurs locaux (ENV = 1, 2, 3) est insuffisante pour la survie du tout, sauf si **un nouvel acteur est intégré** (sens +1, indiquant le **sens de la flèche du développement**) pour atteindre "au plus vite" la zone **en blanc** des états métastables (ENV = 4, 5, 6) où la survie d'une **forêt différenciée**, mais pas trop, est possible, sans changement ou avec un changement modéré (+1 ou -1 acteur).

A droite : A l'inverse, une histoire supposée, du **calendrier de rétrogression du système**, si les acteurs (ENV) se désassociaient progressivement, 1 à 1, quel que soit l'ordre d'élimination d'un ancien acteur (rétrogression : Bricage), pour dé-constituer la forêt ; **en jaune** les **étapes de dé-différenciation** de la forêt où la diversité des acteurs locaux (ENV = 8, 7) est trop élevée pour la survie du tout, sauf si un acteur est éliminé (-1, indiqué par le **sens de la flèche de rétrogression**) pour atteindre la zone **en blanc** des états métastables (ENV = 4, 5, 6) où la survie est possible sans changement ou avec un changement modéré (+1 ou -1 acteur).

3. Les champs d'espace-temps-action.

La structure de l'Univers est fractale à toutes les échelles dimensionnelles (Greene, 2012). Les galaxies croissent et meurent, elles sont vivantes (Bricage, 2009), les atomes aussi (Riazuelo 2010). Les espace-temps du vivant sont **emboîtés les uns dans les autres et juxtaposés les uns aux autres**.

3a. phylotagmotaphologie (Bricage, 2009).

Tout se passe comme si chacun des domaines dimensionnels de l'Univers (figure 10a) est caractérisé par **une "unité" d'échelle** de temps et d'espace associés dans l'action. Une loi de croissance exponentielle $V_A^2 = C.t_g^3$ (figure 10b) indique que le volume d'un système vivant, à son échelle, V_A , est proportionnel à un volume initial de base (un quantum d'espace V_0), et qu'il augmente **exponentiellement** d'autant plus que sa **différence d'échelle temporelle ($t_g - t_0$)** est grande par rapport à un temps de génération initial de base (un quantum de temps t_0). **Tout se passe comme si** cette **différence d'échelles** temporelles est proportionnelle au nombre d'**itérations successives**, qui, **par juxtapositions et emboîtements (ergodicité)**²³, ont permis la mise en place de nouveaux niveaux d'organisation et d'intégration, indépendamment de l'échelle (Bricage, 2001b, 2009). C'est **la fractalité "innée" du vivant** (figures 5 & 10a).

Tout se passe comme si la division des domaines dimensionnels s'effectuait à la fois, dans le temps avec des copies **emboîtées et juxtaposées dans l'espace**, **et** aussi en volumes, dans un espace à 3 dimensions spatiales, avec des copies **emboîtées et juxtaposées dans le temps**. La dimension fractale de l'Univers visualise **une progression** (Bricage, 2009). À l'origine de l'espace-temps, au big bang²⁴, les deux situations ne sont pas mutuellement exclusives. Le **choix** de l'une ou de l'autre est **arbitraire** car, **le temps crée l'espace, et réciproquement, l'espace crée le temps !** (Bricage, 2009)

3b. une cybernétique de second ordre pour rendre compte des emboîtements des temps

Le tic-tac constant des physiciens (Klein, 2001) est totalement différent du temps variable du vivant qui est **contingent** à la fois au contexte génétique (Strauss, 2001) et au contexte épigénétique (Drake, 2011). On suppose habituellement que le temps est gradué linéairement, à fréquence constante de changement, car devant l'inconnu, on choisit toujours **en première approximation, la situation la plus simple (ajustement du premier ordre)**. C'est seulement après avoir modélisé le connu qu'on se rend compte que la situation est "complexe" et qu'il faut prendre en compte les phénomènes du **second ordre (figure 16)**.

Les mathématiques ne sont pas la réalité mais elles permettent de prendre connaissance de la réalité, de la communiquer (Douzery & Delsuc 2010) et de l'anticiper, si le modèle la représentant est approprié..

Le temps ne s'écoule pas quand l'état de l'endophysiotope ne change pas (Vallée, 2001).

Un modèle théorique, dans lequel le temps s'écoule d'autant plus vite que la vitesse de changement d'état est grande (Vallée, 2001), a été proposé pour ce paradigme, par Robert Vallée (2002).

Quand le temps s'écoule proportionnellement au carré de la vitesse on assiste à des phénomènes d'explosion ou d'implosion, qui peuvent être décrits graphiquement par **des coniques** : ellipses, paraboles (Vallée, 2005). Le temps peut donc être modélisé de la même façon que l'espace (Bricage, 2010a) : **le temps, comme l'espace, peut être, à la fois, aussi bien plus et moins que la somme de ses parties** (tableau 3) !

Il n'est plus possible de ne représenter le fonctionnement ou l'évolution d'un système vivant que par des suivis temporels ou par de simples relations linéaires de cause(s) à effet(s), ce "suivi linéaire" faisant souvent fi des interactions entre des systèmes de niveaux d'organisation différents (Bricage 2004) et de **l'ergodicité** du vivant (Bricage 2001b).

23 **"situation d'ergodicité"** (Bricage, 2001b) telle que définie auparavant par Stuart Kauffman (1995), où V_0 et t_0 "définissent" l'échelle de Planck, et où ($t_g - t_0$) est **la différence des ordres de grandeur** des temps de génération : l'écart entre les "barreaux de l'échelle". Cette constante de Planck a la dimension d'**une action (une énergie) multipliée par un temps**. Ce sont les variations énergétiques dans le temps qui sont discrétisées et non pas la structure de la matière, ni de l'espace-temps. L'espace et le temps restent continus (Bailly & Longo, 2006).

L'espèce humaine n'est pas à part des autres formes de vie. Elle appartient à un "barreau" de l'escalier (Gunderson & Holling, 2002) !

24 D'après la théorie du "**Big Bang**", notre univers est issu d'une singularité (densité et température "infinies") qui serait l'origine de l'espace et du temps. Mais l'approche des conditions extrêmes régnant au voisinage de cette singularité oblige les astrophysiciens et les cosmologistes à inventer des théories de gravitation quantique. L'une d'elles, la "**Loop Quantum Gravity**", conduit à une cosmologie quantique dite du "Big Bounce" ("Grand Rebond") où la singularité originelle est remplacée par une taille minimale de l'univers provenant d'une contraction antérieure.

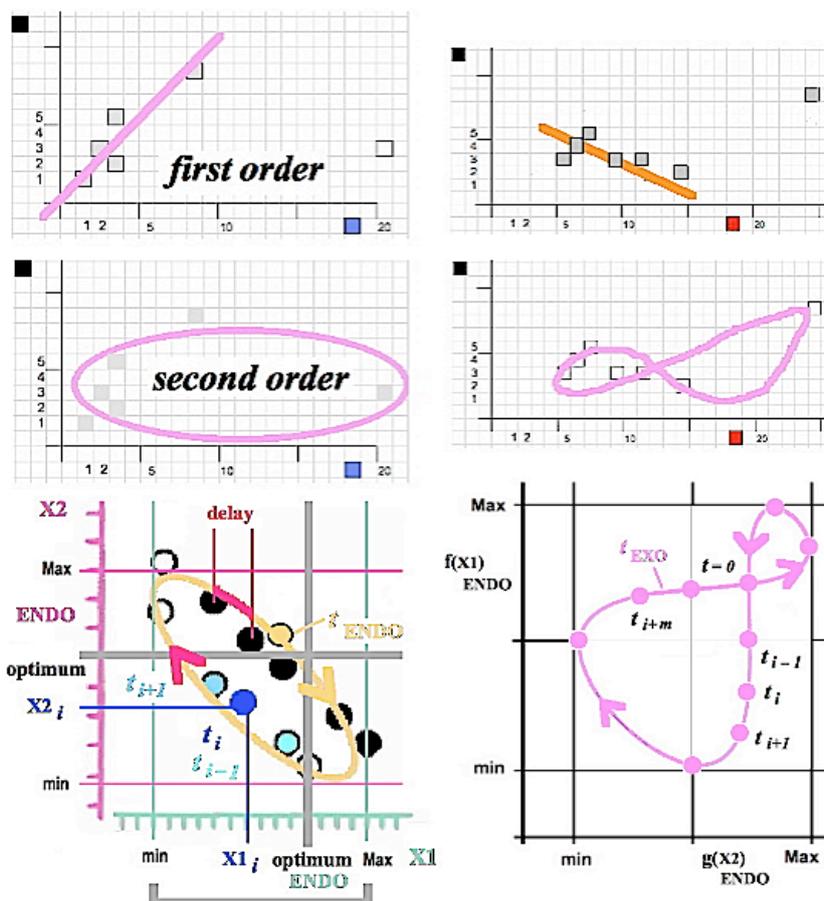


Figure 16. D'un ajustement causal linéaire (premier ordre) à une cybernétique du second ordre.

En haut : ajustements linéaires (cybernétique du premier ordre), à gauche : **agonisme, amplification** (exemple : FSH et LH au cours du cycle menstruel humain), à droite : **antagonisme, feedback négatif** (exemple : FSH et oestrogènes au cours du cycle menstruel féminin). Au milieu : ellipse (à gauche) et analemme (à droite) -cybernétique du second ordre-. En bas, à gauche : **trajectoire elliptique du temps interne** à l'endophysiote (exemple de l'agoantagonisme de 2 acteurs antagonistes -glycémie-), à droite : contrôle fonctionnel de 2 acteurs de l'endophysiote par une programmation temporelle suivant un calendrier "commandé" par l'écoexotopie (exemple de l'analemme lunaire du sommeil humain). Une analemme est-elle "une composition" d'ellipses ou "une projection dans un plan particulier" d'une conique "portée par un support particulier" comme un ruban de Moebius (tableau 4) ?

3c. Le temps est "inscrit sur une bande de Moebius" dans un espace à n dimensions.

Tout se passe comme si la juxtaposition et l'emboîtement des phénomènes périodiques (tableau 4) $X(t)=A*\sin(\omega t+\phi)$, représentatifs des temps internes du vivant, avec au moins **2 acteurs agoantagonistes** donne, si les phénomènes sont synchrones (même phase), **une trajectoire du temps elliptique**
 $X1(t)=a1+A1*\cos(\omega t+\phi_1)$ & $X2(t)=a2+A2*\sin(\omega t+\phi_2)$.

Avec 3 acteurs (tableau 4) tout se passe comme si la juxtaposition et l'emboîtement des lignes de temps s'inscrivait selon **une ligne uni-dimensionnelle sur un ruban de Moebius** inscrit dans un espace à n dimensions. Ce qui explique qu'on puisse observer aussi bien **une ellipse qu'une analemme** comme ligne du temps. Ce qui explique que le temps, même s'il tourne en boucles, suit toujours la même direction vers l'avant. **Chaque nouveau cycle n'est pas une répétition, mais une suite du précédent.** Ce qui explique les **apparitions de périodes harmoniques du temps**, par découpage ou collage de rubans de Moebius.

Les modèles économiques et écologiques de **panarchy** rendent compte des phénomènes naturels par une représentation analogue d'écoulement du temps selon un ruban de Moebius (Gunderson & Holling, 2002).

Les phénomènes naturels, **capables de résilience et d'adaptation**, sont modélisables par ce type de représentation (Holling & Gunderson, 2002). Pour les **systèmes complexes** (Homer-Dixon, 2006), l'homme y compris, **le temps n'est qu'un paramètre émergent comme un autre !**

Le temps est inscrit à la fois dans la croissance et la connectivité (Bailly & Longo, 2006).

Tout se passe-t-il comme si, "au cours du temps", chaque **cycle temporel** comportait successivement au moins 4 phases biologiques : une phase de relâchement/relaxation, une phase d'accumulation/croissance de potentiels (masse, énergie, capacités), une phase d'exploitation des potentiels accumulés (développement ?), une phase de ré-organisation (spatiale et temporelle) (Homer-Dixon, 2006) ?

Le temps n'est-il qu'un **paramètre adaptatif comme un autre**, comme la masse, le volume ?

Le temps du vivant est une **mémoire d'un fonctionnement séquentiel, à la fois passé et à venir**.

Le temps, comme l'espace, du vivant est le **corrélat des inter-actions** entre l'endophysiotope et l'écoexotope. Le temps est celui de **l'histoire des processus de co-construction**.

"Les rythmes sont une mesure du temps local, propre à l'individu... si des horloges locales existent dans un écosystème²⁵, leur but (leur finalité contingente) n'est pas d'isoler l'organisme mais de contribuer à sa stabilité, autant que possible, dans un milieu changeant. Elles le synchronisent avec ses semblables et l'aident à rétablir son équilibre, face à ce qui est différent... Elles jouent un rôle dans l'interaction : elles aident à l'établissement d'une horloge commune et permettent de se synchroniser sur les autres dans l'écosystème, en tant que structure globale." (Bailly & Longo, 2006).

"... l'espace et le temps entrent dans l'analyse de la preuve ... : la connectivité, les symétries de la preuve comme réseau, le temps comme changement irréversible de polarité... n'ont rien à voir avec le temps en tant que sécrété par les horloges, ce temps de la preuve séquentielle des machines, qui est hors du monde..." (Bailly & Longo, 2006).

"L'irréversibilité du temps est ... inhérente au vivant ... par une émergence de phénomènes et de structures non prédictibles qui ressemblent aux phénomènes observables dans les systèmes de type critique, ou les incluent." (Bailly & Longo, 2006).

Toute action thérapeutique qui ne s'inscrit pas dans le décours du temps biologique, ou qui va à l'encontre de ce **sens unique du temps** est vouée à l'échec... Toute action écologique qui ne prend pas en compte simultanément les différentes échelles de temps et d'espace (Gordon, Peterson & Bennett, 2008) est vouée à l'échec...

d'où la nécessité d'une **formation, inter-disciplinaire, à l'approche systémique** non seulement des chercheurs mais aussi des enseignants (Bricage, 2010b), et l'importance de la **modélisation systémique** (MacGill, 2011) pour rendre compte des comportements humains (Gunderson & Holling, 2002) en terme de **responsabilité sociétale et environnementale** (Bricage, 2011c), pour améliorer **la capacité d'être accueilli** de l'espèce humaine dans sa biosphère terrestre (Walker & al., 2010).

25 **Une cellule est un écosystème constitué de populations de monères d'espèces différentes** (figure 8).

Une organisation supramoléculaire, comme une membrane, ou un nucléole, **est un écosystème constitué de populations de molécules, d'origines, et d'espèces, différentes. Tout niveau d'organisation (figure 10a), défini par son invariance de jauge (figure 11a), est un écosystème constitué de populations de sous-systèmes (figures 5 & 10a), d'origines, et d'espèces, différentes.**

Conclusions temporaires : l'espace-temps-action "vivant" des espace-temps-actions du vivant.

Quel que soit son niveau d'organisation, tout système vivant est caractérisable par un **espace-temps** interne (son **endophysiotope**) et un espace-temps externe (son **écoexotop**e de survie), indissociables et en interactions continues. Au sein de l'endophysiotop et de l'écoexotop, des ondes temporelles structurent l'espace et réciproquement des ondes spatiales structurent le temps, les 2 se structurent **mutuellement** (loi systémique constructale). **Le temps et l'espace** ne sont pas des catégories de la physique a priori, mais **résultent de processus qui interagissent** : ils sont des constructions de systèmes en interactions produites par et pour leur organisation. Ce sont des grandeurs émergentes. Tout système, quel que soit le niveau d'organisation du vivant, est à la fois espace et temps, à la fois onde et corpuscule.

Quelle que soit l'échelle spatio-temporelle d'un système²⁶, et aussi bien pour la représentation du temps physiologique que du temps cosmologique, on doit distinguer le **temps de référence t**, **temps artificiel, qui permet d'écrire l'équation d'évolution** du système (Vallée, 2002), -c'est-à-dire son éventuelle adaptation interne aux changements externes, changements dont il est à l'origine ou qu'il subit-, de son **temps interne θ , endogène** (ou intrinsèque), temps *qui ne s'écoule pas si l'état du système*, en l'absence d'influence de l'environnement, ne change pas. Ce temps interne θ s'écoule selon **une trajectoire conique**.

"Tant qu'il ne l'a pas ressenti, rien ne devient réel pour un système vivant."

Comme l'avaient pressenti il y a plus de 2000 ans les anciens égyptiens (Assmann, 2010), le temps est l'union de 2 aspects complémentaires, "une durée éternelle" : **un temps emboîtant global**, et "des temps cycliques" : **des temps finis, juxtaposés, se répétant localement, et pouvant contenir emboîtés d'autres temps cycliques** pour lesquels ils constituent des temps éternels !

Tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation, est à la fois le constructeur (l'horloger) et l'utilisateur, l'usager (niveau *i*), des calendriers (niveau *i-j*) de fonctionnement de son endophysiotop. Cet endophysiotop **construit, contient, entretient et utilise** à la fois un ensemble de montres en interactions (qui mesurent des temps différents), un ensemble d'horloges juxtaposées et emboîtées (qui indiquent l'arrivée des heures précises des temps des enjeux de sa survie) et un ensemble de calendriers juxtaposés et emboîtés (qui contiennent des plans temporels, ordonnés et gradués). Construire son temps interne à partir des perceptions passées de l'espace et du temps vécus permet au système de percevoir le perceptible à venir dans l'espace et dans le temps. Cette mise en place se fait sans projet a priori, sans intentionnalité, ni finalité mais en réponse à une seule contrainte : "survivre pour se survivre". **La vie naît de la vie.**

**"La vie paraît être un comportement ordonné et règlementé de la matière,...
fondé en partie sur un ordre existant qui se maintient."** Erwin Schrödinger

Plusieurs horloges locales peuvent avoir des rythmes parallèles (en phase) ou décalés (déphasés)²⁷ (tableau 4). La régulation de la glycémie est contrôlée par une horloge locale hépatique, en interaction avec d'autres horloges locales qui sont synchronisées, mises à la même échelle temporelle, par une horloge centrale, donneur de temps. Cette horloge centrale, donneur de temps de l'endophysiotop, est elle-même synchronisée par des donneurs de temps de l'écoexotop comme la lumière (ou la température) (Bourgin & al., 2010). **"Il n'y a rien à comprendre. La consigne c'est la consigne."**

Les systèmes vivants étant emboîtés les uns dans les autres, les horloges de l'endophysiotop d'un système sont des zeitgebers des endophysiotopes des sous-systèmes qu'il contient et dont il est l'écoexotop de survie. Le temps indiqué par nos horloges externes a toujours été calé sur des rythmes externes propres à notre écoexotop de survie (Finkleman & al., 2012).

26 Le temps est-il une illusion ?, échelles temporelles: **les jalons du temps** (Collectif 2010).

27 **advanced/delayed phase shift**: a period shortening/lengthening after a perturbation, by a light or temperature signal, causing the overt phase to occur earlier/later in steady-state than the unperturbed (control) oscillation.

Mais il existe des différences individuelles entre les cellules, 2 cellules filles ne peuvent pas être identiques (Bricage, 2002b), leur fonctionnement dépend du hasard, chacune a ses particularités (Pàldi & Coisne, 2012). Toute situation, à un moment donné, quel que soit le niveau d'organisation (cellule, organisme, écosystème) est une **situation en mosaïque** (Pàldi & Coisne, 2012). Est-ce le temps local qui permet de canaliser l'aléatoire vers un résultat global reproductible ? Est-ce l'aléatoire global qui, grâce à la diversité qui repose sur l'aléatoire local, crée la flèche d'un temps unique, local et global (ou "glocal") ?

Tout changement rapide de fuseau horaire entraîne un décalage artificiel des horaires de l'écoexotopie sans que l'heure interne de l'endophysiotope ne change (jet-lag). Tous les rythmes circadiens s'en trouvent affectés (Nielsen & al., 1991). Toutes nos horloges internes (figures 1, 2 & 13) doivent donc, **dans leur course en avant**, ralentir, voire s'arrêter, ou accélérer, en se désynchronisant, pour retrouver un temps de l'endophysiotope en harmonie, pour tous ses calendriers, avec celui du nouvel écoexotopie. Or, lors d'une perturbation physiologique, définitive (Chau & al., 1994) ou temporaire -lors d'un traitement (Bricage 2005c)-, l'organisme peut se trouver "bloqué" dans un cycle nyctéméral particulier : "*le temps suspend son vol*"...

Le temps est un concept émergent. Ce que nous percevons comme étant le temps ne reflète que les relations qu'entretiennent entre eux les différents sous-systèmes de l'Univers (Callender, 2010). Le temps c'est l'ordre, la causalité. **L'espace c'est l'ensemble des possibles du temps** (Bricage, 2009, 2010a). De même que les causalités sont en boucles (loi systémique constructale), **le temps est en boucles**.

Le temps comme l'espace (Bricage 2001b) est un arrangement macro-scopique de micro-états, **l'ergodicité**, la fractalité (Bricage, 2009) est à la fois spatiale et temporelle (Bricage, 2009). Quelle que soit l'échelle il faut **un quantum de référence** : un quantum d'espace, de temps et d'action (Bricage, 2010a). Les lois quantiques s'appliquent à toutes les échelles (figure 10b), même si leurs manifestations passent inaperçues (Vedral, 2011). **L'espace crée le temps et le temps crée l'espace** (figure 12). C'est le battement temporel de l'activité d'un gène (avec la même fréquence que celle des phases du sommeil des vertébrés !), dans l'espace de l'organisme, qui est responsable de la morphogénèse des insectes (Sarrazin & al. 2012).

L'espace et le temps sont indissociables : l'espace crée le temps et inversement le temps crée l'espace (Bricage, 2009). Selon les sociétés et leurs héritages culturels (nurture), **l'espace peut prendre le pas sur le temps**. Mais quelle soit la société (*nurture*) elle privilégie toujours un temps/des temps internes cycliques fondés sur un temps/des temps "naturels" externes (*nature*) (Liu & al. 2007, Navet, 2010).

Même si on connaît a priori sur la carte (figure 12), tous les points d'accueil, et toutes les voies du transport, la carte de propagation effective d'une épidémie grippale à venir est imprévisible, tant qu'elle n'est pas commencée. Une fois qu'elle est commencée (à l'échelle d'une semaine), comme avec une carte météorologique on peut faire des prévisions (à l'échelle d'un mois) de la carte "grippologique" à venir, avec les mêmes outils, comme les modèles de percolation (figure 5).

Mais **l'explication de "ce qui s'est peut-être passé" n'est possible toujours qu'a posteriori et seulement si on connaît la trajectoire temporelle du système** (figures 1, 2, 7, 12, 13, 15 & 16).

Les systèmes vivants, même dans leurs aspects les plus "mécanicistes", comme le montre le suivi de **"la circularité causale des acteurs"** de la régulation de la glycémie (insuline & glucagon), font preuve d'une **"intelligence"** ("**le détour de contournement**") contre laquelle l'homme ne peut aller et qu'il doit prendre en compte. Ce sont les **stratégies paradoxales** (Bernard-Weil 1988, 2003b) à mettre en œuvre pour "guérir".

Les réseaux du vivant structurent la flèche du temps.

Le moment d'un événement (le phénotype à venir) est déterminé à la fois par le présent (le phénotype actuel), par le potentiel génétique (le génotype exprimable) **et les interactions passées et présentes** entre endophysiotope et écoexotopie. On se trouve dans une situation typique des stratégies paradoxales :

- **l'effet biologiquement observé peut être le contraire de l'effet logiquement attendu,**
- **la décision biologique à prendre est le contraire de la décision logique.**

C'est une situation courante en **chronobiologie**, le même produit peut avoir un effet bénéfique, pas d'effet ou un effet toxique, selon le moment de son utilisation (Bricage, 2005c).

Tableau 3. Le temps : le TOUT et les PARTIES du temps.
Recherche du champ d'interactions le plus simple (Bricage, 2010a).
 The WHOLE time T and its i ($i = 1$ to n) PARTS t_i .
 The simplest fields of interaction are always CONICS.²⁸
 What is true for the space (Bricage, 2010a) is true for the time!

3a. **“le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties”**
The WHOLE is both more and the less than the sum of its PARTS.

droite $T = K$ or $t_i = K_i$ indépendance des parties t_i et du tout T

$T = \sum (k_i * t_i)$ le TOUT est limité par les parties,
 qui sont un facteur limitant du TOUT ou

$t_i = k_i * T$ les parties sont limitées par le TOUT, facteur limitant des parties :
 la capacité d'accueil est limitée par la capacité d'être accueilli et réciproquement,
 la capacité d'être accueilli est limitée par la capacité d'accueil.

$bT = \sum (a_i * t_i) + K$ parfois « Le tout est plus grand que la somme des parties. » (Confucius),
 mais il peut aussi être la somme de ses parties $X+Y = K$
 et parfois... il est plus petit, mais, le plus souvent “il est différent” !

Line in 2D ($n = 2$) $a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 = K$ (which is a conic)

X_1, X_2 are the building actors, ENDO T is running in a unique way along the line.

3b. **Le Tout est à la fois plus et moins que le produit de ses parties.**
The WHOLE is more and less than the product of its PARTS.

Les représentations graphiques les plus simples sont toujours des coniques ou un assemblage de coniques.
 De même que la trajectoire usuelle d'un mobile, dans un champ de pesanteur, est une ellipse ou une hyperbole, de même, la trajectoire usuelle d'un système vivant dans son champ d'espace-temps-action est une conique (d'équation générale : $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$) (Risler, 1996).

The simplest graphic 2D representations are always conics or assembly of conics.

The usual space trajectory of a mobile in a field of gravity, is a conic.

The same for “the time trajectory” of a living system ENDO moving in its ECO.

Its projection on the plan (x, y) is a CONIC: $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$

x, y are the building actors, ENDO T is running in a unique way along the ellipse.

cercle $X_2 + Y_2 = K$ $X_i^2 + X_j^2 = K^2$ (in the plan of projection X_i, X_j)

parabole $X_i = k \cdot X_j^2 + K$

hyperbole $YX = K$ le TOUT est le produit des parties

$X_i \cdot X_j = K$ the WHOLE is the product of the parts

(welcome capacity) x (capacity to be welcomed) = K,

(capacité d'accueil de l'écoexotopex)(capacité d'être accueilli de l'endophysiotopex) = K,

$X_2 - Y_2 = (X+Y)(X-Y) = K$ $(X_1+X_2) \cdot (X_1-X_2) = X_1^2 - X_2^2 = K$ in 2D ($n = 2$)

le TOUT est le produit à la fois de la somme et de la différence des parties,

the WHOLE is the product of the sum and the difference of the parts

ellipse $X_2 + Y_2 + 2XY = K = (X+Y)(X+Y)$

le TOUT est le produit carré de la somme des parties.

$(X_1+X_2) \cdot (X_2+X_1) = X_1^2 + X_2^2 + 2X_1X_2 = K$ in 2D ($n = 2$)

the WHOLE is the square product of the sum of the parts.

28 http://en.wikipedia.org/wiki/Conic_section, <http://www.mathcurve.com/courbes2d/conic/conic.shtml>,
<http://math2.org/math/algebra/conics.htm>

Tableau 4. Le TOUT et les PARTIES du temps : le support du temps.
Local and global times: ellipses, Moebius strips & analemmes²⁹, depending on the types of interactions between the observed actors and the point of view (projections) of the observer.

- The graph of a **repetitive oscillation X** (1 actor) (Bricage, 2005c):

sine wave or sinusoid

$$X(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

The sine wave -or sinusoid- is a graph of the repetitive oscillations occurring in biological processes (like glycaemia regulation) and in signal processing (Table 2).

A amplitude

What is the peak deviation of the function from its centre position

- in a sinusoidal rhythm/oscillation, the difference between the maximum or minimum value and the mean value,
- in a non-sinusoidal rhythm, the difference between the maximum and minimum values (Hunault & Lück 1992).

ω angular frequency

How Many oscillations occur in a unit time interval t.

ϕ phase

Where in its cycle, $t = 0$, the oscillation begins.

In the affine plan, with orthonormal axes,

the resultant of 2 oscillations the variations of which are antagonistic,

- the parametrising of **2 antagonistic juxtaposed running oscillations X1, X2** (2 actors):

$$X1(t) = a1 + A1 \cdot \cos(\omega_1 t + \phi_1),$$

$$X2(t) = a2 + A2 \cdot \sin(\omega_2 t + \phi_2)$$

gives an ellipse³⁰ as a periodic stable configuration

if **a same EXO zeitgeber** is synchronising the 2 ENDO waves:

$$\omega_1 = \omega_2$$

An ellipse³¹ is the simplest Lissajous figure,

formed when the horizontal and vertical motions are sinusoids with the same frequency.

- The parametrising of **3 agoantagonistic juxtaposed and embedded running oscillations, X1, X2, X3** (3 actors), gives a **Moebius strip³²**

$$X1(t) = (a + A \cdot \cos(\omega t / 2)) \cdot \cos(\omega t),$$

$$X2(t) = (a + A \cdot \cos(\omega t / 2)) \cdot \sin(\omega t),$$

$$X3(t) = A \cdot \sin(\omega t / 2)$$

29 "... les objets mathématiques sont un co-constitué, en même temps que l'intelligibilité même du monde. Ils ne sont pas arbitraires car ils sont enracinés dans les irrégularités du réel... Ce sont des invariants, de l'espace et du temps..." (Bailly & Longo, 2006)

30 The general solution for a harmonic oscillator in two or more dimensions is also an ellipse. Such is the case of any object that moves under influence of **an attractive force** that is directly proportional to its distance from a fixed attractor. Like Keplerian orbits, these "harmonic orbits" have the centre of attraction at the geometric centre of the ellipse, and have fairly simple equations of motion. It is also the result of conical (perspective) projection of any of those geometric objects from a point O onto a plane P, provided that the plane Q that goes through O and is parallel to P does not cut the object.

31 <http://en.wikipedia.org/wiki/Sinusoid> <http://en.wikipedia.org/wiki/Ellipse>

32 http://en.wikipedia.org/wiki/Möbius_strip <http://www.youtube.com/watch?v=BVslAa2XNKc> **Moebius strip video cuttings**

Bibliographie

- AIMC Arabidopsis Interactome Mapping Consortium (2011) *Evidence for Network Evolution in an Arabidopsis Interactome Map*. *Science* vol. 333, no 6042, pp. 601-607.
- Assmann J. (2010) *Le temps double de l'Égypte ancienne*. *Pour La Science* N° 397, pp. 136-141.
- Bailly F. & G. Longo (2006) *Mathématiques et sciences de la nature*. Hermann, Paris, France, 284 p.
- Barnes P. & al. (1980) *Nocturnal Asthma and Changes in Circulating Epinephrine, Histamine, and Cortisol*. *N. Engl. J. Med.* N° 303, pp. 263-267.
- Beaussart E. & P. Bricage (2006) *Le jeu : un apprentissage de la gouvernance de soi et une gouvernance de l'apprentissage en société*. *Colloque Pédagogie de la Gouvernance & Gouvernance de la Pédagogie, Journées AFSCET 20 & 21 octobre 2006, Faculté des Sciences, UPPA, Pau, 19 p.* <http://www.abbayeslaiques.asso.fr/PELLEAS/eBpBjeuxANX.pdf>
- Bernard-Weil E. (2002) *Stratégies Paradoxaes en Bio-Médecine et Sciences Humaines*. L'Harmattan, Paris, France, 383 p.
- Bernard-Weil E. & P. Bricage (2007) *Les systèmes Ago-Antagonistes*. In *La Gouvernance dans les Systèmes*, pp. 67-72. Polimetria Publisher, Milano, Italie, 182 p. (ISBN 978-88-7699-094-6)
- Bourgin P. & al. (2010) *Au rythme du jour et des saisons*. pp. 108-114. *Pour La Science* N° 397, n° spécial nov. 2010, *Le temps. Est-il une illusion ?*, 160 p.
- Braly J.-Ph. (2011) *Le fonctionnement biologique de pacemakers élucidé*. *La Recherche* N° 458, p. 29.
- Bricage P. (1981) *Action des phytohormones sur le développement de la plantule de bissap, Hibiscus sabdariffa L., Malvaceae*. *Ann. Fac. Sci. Univ. Dakar* vol. 32, pp. 69-81.
- Bricage P. (1982) *Pigmentation and soluble peroxidase isozyme patterns of leaves of Pedilanthus tithymaloides L. variegatus as a result of daily temperature differences*. *Plant Physiology* vol. 69, pp. 668-671.
- Bricage P. (1983) *Changements journaliers des rythmes métaboliques et des paramètres stationnels dans les feuilles d'une plante à métabolisme acide crassulacéen, Pedilanthus tithymaloides L. variegatus, Euphorbiaceae*. *Bull. G.E.R.B.* N° 14, p. 30.
- Bricage P. (1984a) *Phytohormones et rythmes de capacité enzymatique: autorégulation des activités peroxydasiques par squatting ?* *Bull. G.E.R.B.* N° 16, pp. 75-77.
- Bricage P. (1984b) *Lathyrus macrorhizus : influence des facteurs stationnels sur la floraison in situ*. *Can. J. Bot.* N° 62, pp. 241-245.
- Bricage P. (1985a) *Mise en évidence d'une rétroaction entre activités peroxydasiques et acidité titrable impliquant la fixation membranaire d'un complexe multi-isozymique intracellulaire*. *Bull. G.E.R.B.* N° 17, pp. 21-22.
- Bricage P. (1985b) *Multiple molecular steps and pathways of in situ anthocyanin biosynthesis in Lathyrus macrorhizus Wimm.* -I. The leaf steps and pathways. pp. 106-107., -II. The glycosylation-acylation network. pp. 108-111., - III. The end-product population pattern. pp. 112-126. *1rst International Coll. Lathyrus. Chemical aspects, IBEAS, Pau, France, 1985 September 9th*. <https://webcampus.univ-pau.fr/courses/LATHYRUS/>
- Bricage P. (1985c) *Chronobiology of the multiple molecular steps and pathways of in situ anthocyanin biosynthesis of Lathyrus macrorhizus Wimm leaves*. *Bull. G.E.R.B.* N° 17, p. 16.
- Bricage P. (1986a) *Isoperoxidases, markers of surrounding and physiological changes, in situ in leaves and in vitro in calli of Pedilanthus tithymaloides L. variegatus: cell compartmentation and polyfunctionality, control of activity by phenols, specific roles*. pp. 261-265. *Molecular & Physiological Aspects of Plant Peroxidases*, Univ. Geneva, Suisse (ISBN 2-88164-001-X).
- Bricage P. (1986b) *Organisation et niveaux d'intégration*. Documents pour les travaux dirigés de biotechnologie. DEUG Études et Gestion des Ressources Naturelles, Fac. Sciences, Univ. Pau, 55 p.
- Bricage P. (1989) *Peroxidases: stimuli, receptors, second messengers and transducers*. *Signal perception & transduction in higher plants*, *Proceed. NATO internat. Symp., CNRS, Toulouse, France, 1 p.*
- Bricage P. (1991) *Les caractéristiques des organismes vivants*. A.P.I.D.S., Fac. Sciences, I.P.R.A. Institut Pluridisciplinaire de Recherche Appliquée, U.P.P.A., Pau, France, 44 p.
- Bricage P. (1993) *Are the lunar, radiative and position, cycles responsible for the entrainment of the periodic awakenings of the man night sleep? In Biological Rhythms : from cell to man*. Polytechnica, Paris, France, pp. 183-190.
- Bricage P. (1996) *"Qui bien se connaît temporellement mieux se porte." Migraines : Prévenir et Améliorer les mauvais jours*. Exposition & conférence. "Aux Frontières des Mathématiques : Temps, Ordre et Chaos". GERMEA, IREM, IUFM Aquitaine, ENI 64, GRT UPPA, Conseil Régional d'Aquitaine, Pau, France, 1 mois.
- Bricage P. (1997) *Influence de la lune sur les rythmes biologiques ?* *Bull. Soc. Astronomie Pyr. Occ.* N° 116 pp. 71-75.
- Bricage P. (1998) *La Survie des Systèmes Vivants*. MCX Programme Européen Modélisation de la Complexité, Atelier MCX20 "Prendre soin de l'homme", C.H.G. Centre Hospitalier Général de Pau, France, 19 octobre 1998, 3 p.
- Bricage P. (2000a) *La Survie des Organismes Vivants*. Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Fac. Médecine des Saints Pères, Paris, France, 4 février 2000, 44 p. <http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>
- Bricage P. (2000b) *La nature de la violence dans la nature : déterminismes écophysiologique et génétique de l'adaptation aux changements dans les écosystèmes végétaux*. *La Violence*. Colloque International AFSCET, Andé, France, 18-19 mars 2000, 7 p.

<http://www.afscet.asso.fr/ViolencePB.html>

Bricage P. (2000c) **Systèmes biologiques: le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ?** La décision systémique : du biologique au social. Journée AFSCET, I.I.A.P. Institut International d'Administration Publique, Paris, France, 25 novembre 2000, 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf>

Bricage P. (2001a) **La nature de la décision dans la nature ?** Systèmes biologiques : production, consommation, croissance et survie. Quelles règles ? Quels degrés d'exigence ? Quels bilans ? La décision systémique : du biologique au social. Colloque AFSCET, Andé, France, 19-20 mai 2001, 16 p. <http://www.afscet.asso.fr/Decision.pdf>

Bricage P. (2001b) **Pour survivre et se survivre, la vie est d'abord un flux, ergodique, fractal et contingent, vers des macro-états organisés de micro-états, à la suite de brisures de symétrie. L'évolution, du vivant au social**. Journée AFSCET, I.I.A.P. Institut International d'Administration Publique, Paris, France, 1^{er} décembre 2001, 11 p.

<http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>

Bricage P. (2002a). **Héritage génétique, héritage épigénétique et héritage environnemental** : de la bactérie à l'homme, le transformisme, une systémique du vivant. Évolution du vivant et du social : Analogies et différences. Colloque AFSCET Andé, 8-9 juin 2002, France, 20 p. <http://www.afscet.asso.fr/heritage.pdf>

Bricage P. (2002b) **The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems**. 5th European Systems Science Congress Hersonissos, Crete, 2002 October 16th-19th, Res. Systemica N° 2, 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf>

Bricage P. (2003) **Organisation, intégration et espace-temps des systèmes vivants**. Journées annuelles AFSCET, "L'intégration", Andé, France, 31 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde03.pdf>

Bricage P. (2004) **La gouvernance du vivant : les acteurs et les systèmes**. Journées annuelles AFSCET, "La gouvernance", Andé, France, 26 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde04GV.pdf>

Bricage P. (2005a) **Le langage du vivant : plurilinguisme, transfrontaliérité et associativité**. 9 p. Congrès national ANLEA, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, France, <http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/ANLEA05PauPB.pdf>

Bricage P. (2005b) **The Cell originated through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Associations for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and of Disadvantages, between the Partners, with a Benefit only for their Wholeness**. 6th European Systems Science Congress, Paris, France, 19-22 September 2005, Res. Systemica N° 5, 11 p.

<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf>

Bricage P. (2005c) **The Modelling of the Time Modularity of the Living Systems: the Time Delay, the Time Duration, the Time Lag, and the Rhythms**. 6th European Systems Science Congress, Paris, France, 19-22 September 2005, Res-Systemica N° 5, 10 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage2.pdf>

Bricage P. (2007) **Les boucles "constructives" en sciences de la vie** : l'intelligence est-elle dans les boucles ?, Journées annuelles AFSCET, Intelligence des systèmes & action collective, Andé, France, 2 & 3 juin 2007, table ronde "l'intelligence des boucles", 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde07boucles.pdf>

Bricage P. (2008) **Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and Disadvantages: Applicative Insights in Prevention or Cure of AIDS, Cancer and Leprous Diseases**. 7th European Systems Science Congress, Lisboa, Portugal, 17-19 December 2008, Res. Systemica N° 6, 10 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Lisboa08/bricage2.pdf>

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

Bricage P. (2010a) **Sémiologique graphique de l'espace-temps-action du vivant** : bilan épistémologique et praxéologique de sa modélisation systémique, co-déterminisme global, prédictibilité locale et imprédictivité globale. L'approche systémique des lois systémiques du vivant "vivant". Journées annuelles AFSCET, Vers une nouvelle systémique ?, Andé, France, 16 mai 2010, 35 p.

<http://www.afscet.asso.fr/Ande10/pbETA vivant10.pdf>

Bricage P. (2010b) **Associations For the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and Disadvantages**. The Way to be Resilient and Self-Sustainable, the Living Systems Are Running Through. 54th International Congress of the International Society for Systems Sciences ISSS, "Governance for a Resilient Planet", Waterloo, Ontario, Canada, 2010 July 18th-23rd, 11 p.

<http://journals.iss.org/index.php/proceedings54th/article/view/1491>

Bricage P. (2010c) **Thinking and Teaching Systemics: Bio-Systemics in Higher Education** -A MultiTrans-disciplinary "Wholeness", - An Holistic-Cybernetic Point of View, - A "Viable System" Modelling. Teaching Systems & Cybernetic Sciences in Higher Education, the International Academy for Systems and Cybernetics Sciences, <http://www.iascys.org> 1st Scientific Workshop & General Assembly, Chengdu, Sichuan, China, 2010 October 24th-27th, 14p. <http://www.armsada.eu/files/pbricageChengdu2010txt.pdf>

Bricage P. (2011a) **Homère « systémicien sans le savoir ? ». Approche systémique d'un "système de systèmes" : l'Odysée**. Journées nationales annuelles de l'AFSCET à Andé, 14 mai 2011,

- texte (14 p.) <http://www.afscet.asso.fr/Ande11/pbOdysseeText.pdf>

- slides (16 p.) <http://www.afscet.asso.fr/Ande11/pbOdysseeSlides.pdf>

Bricage P. (2011b) **Les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés : "acteurs clés-de-voûte" de l'évolution créatrice du vivant "vivant"**, 8th International Congress of the European Union for Systemics, Approche Systémique de la Diversité, Bruxelles, Belgique, AFSCET "Systems' Evolution" Workshop, 19 p., <http://www.armsada.eu/files/pbEvolution.pdf>

- Bricage P. (2011c) *The Social and Environmental Responsibility of Mankind. About Man Interventions in the Living Networks.*, 8th International Congress of the European Union for Systemics, *Approche Systémique de la Diversité*, Bruxelles, Belgique, IASCYS "Social Responsibility" Workshop, Organisation of Societal & Environmental Responsibility? Crises & Systemic Answers": "Ecological or Economical or Societal Systems", 25 p. http://aes.ues-eus.eu/aes2011/iascysWS_Bricage_text.pdf
- Callender C. (2010) *Le temps est-il une illusion ?* pp. 34-40. *Pour La Science* N° 397, n° spécial nov. 2010, *Le temps. Est-il une illusion ?*, 160 p.
- Chakraborty K. & al. (2011) *Regulation of a prey-predator fishery incorporating prey refuge by taxation: a dynamic reaction model.* *J.Biological Systems*, vol. 19, no 3, pp. 417-445.
- Chau N.P. & al. (1994) *Ambulatory Blood Pressure in Diabetic Subjects.* *Am. J. Hypertens.* N° 7, pp. 487-491.
- Chrobak J.M & H. Herrero (2011) *A mathematical model of induced cancer-adaptive immune system competition.* *J.Biological Systems*, vol. 19, no. 3, pp. 521-532.
- Collectif (2010) *Les jalons du temps.* pp. 26-27. *Pour La Science* N° 397, n° spécial, *Le temps est-il une illusion ?*, 160 p.
- Collectif (2011) *Les cycles du sommeil.* *La Recherche* N° 454, pp. 42-43.
- De Luca G. & al. (2011) *The Cyst-Dividing Bacterium Ramlibacter tataouinensis TTB310 Genome Reveals a Well-Stocked Toolbox for Adaptation to a Desert Environment.* *PLoS ONE* 6(9): e23784, 14 p.
- Deschet Y. (1976) *La quête de nourriture.* Thèmes Vuibert Biologie. Vuibert, Paris, France, 31 p.
- Donnars O. (2010) *L'insuline redessine les os.* *La Recherche* N° 445, pp. 22-23.
- Douzery E. & F. Delsuc (2010) *Les horloges de l'évolution.* pp. 102-107. *Pour La Science* N° 397, n° spécial nov. 2010, *Le temps. Est-il une illusion ?*, 160 p.
- Drake C. (2011) *Notre tempo ralentit avec l'âge.* pp. 85-87. *In Le temps.* *La Recherche* spécial H.S n° 5 (avril 2001), 116 p.
- Dubey B. & al. (2011) *Modelling effects of toxicant on uninfected cells, infected cells and immune response in the presence of virus.* *J.Biological Systems*, Vol. 19, No. 3, pp. 479-503.
- Duminil-Copin H. (2011) *La percolation, un jeu de pavages aléatoires.* *Pour La Science* n° 407, pp. 48-54.
- Fiksel J. (2006) *Sustainability and resilience: toward a systems approach.* *Sustainability: Science, Practice, & Policy* vol. 2, no 2, pp. 14-21.
- Finkleman D. & al. (2012) *Temps universel : faut-il supprimer les secondes intercalaires ?* *Pour La Science* N° 412, pp. 20-27. (*L'équation du temps.*, p 23., *L'analemme solaire.*, p. 24.)
- Galach M. (2003) *Dynamics of the tumor-immune system competition – the effect of time delay.* *Int. J. Appl. Math. Comput. Sci.*, Vol. 13, pp. 395-406.
- Gommeaux M. & al. (2005) *A morphological transition in the pleiomorphic bacterium Ramlibacter tataouinensis TTB310.* *Res Microbiol* Vol. 156, pp. 1026–1030.
- Gordon L.J., G.D. Peterson & E.M. Bennett (2008) *Agricultural modifications of hydrological flows create ecological surprises.* *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 23, no 4, pp. 211-219.
- Greene B. (2012) *The Mystery of the Multiverse.* *Newsweek*, May 28, pp. 30-35.
- Gunderson L.H. & C.S. Holling (2002) *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems.* Island Press, Washington DC. USA, 508 p.
- Holling, C. S. & L. H. Gunderson (2002) *Resilience and adaptive cycles.* pp. 25-62. *In* Gunderson L.H. & C. S. Holling editors. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems.* Island Press, Washington, D.C., USA, 508 p.
- Homer-Dixon Th. (2006) *The Upside of Down: Catastrophe, Creativity and the Renewal of Civilization.* Island Press, Washington, D.C., USA, 448 p.
- Huang W. & al. (2012) *Mapping the Core of the Arabidopsis Circadian Clock Defines the Network Structure of the Oscillator.* *Science* vol. 336, no 6077, pp. 75-79.
- Hunault G. & H.B. Lück (1992) *Quelques réflexions sur les fonctions périodiques, cycliques et rythmiques.* *Bul. Groupe Etudes Rythmes biologiques* tome 24, n°4, pp. 21-22.
- Hyver Cl. (1977) *Remarques sur le passage d'un comportement qualitatif à un autre.* *Bul. Groupe Etudes Rythmes biologiques* N° 9, pp. 77-102.
- Kar T.K. (2006) *Modelling and analysis of a harvested prey-predator system incorporating a prey refuge.* *J. Comp. Appl. Math.*, No. 185, pp. 19-33.
- Kauffman S. (1995) *At Home in the Universe: The search for Laws of Self-Organization and Complexity.* Oxford University Press, New York, USA, 336 p.
- Klein E. (2001) *Le tic-tac des physiciens.* pp. 8-13. *In Le temps.* *La Recherche* spécial Hors Série n° 5 (avril 2001), 116 p.
- Klein E. (2010) *L'instant présent, unique, mais banal.* *Pour La Science* N° 397, pp. 28-32.
- Lenzini P. & J. Rebaza (2010) *Nonconstant predator harvesting on ratio-dependent predator-prey models.* *Appl. Math. Sci.* vol 4., no 16, pp. 791-803.
- Liu J. & al. (2007) *Complexity of coupled human and natural systems.* *Science* N° 317, pp. 1513-1516.
- Lofts B. (traduction & adaptation B. Dumortier) (1978) *photopériodisme animal.* Thèmes Vuibert Université Biologie. Vuibert, Paris, France, 64 p.

- MacGill V. (2011) **A Comparison of the Prochaska Cycle of Change and the Holling Adaptive Cycle: Exploring their Ability to Complement Each Other and Possible Applications to Work with Offenders.** Systems Research and Behavioral Science n° 28, pp. 526-536.
- Mukhtar S. & al. (2011) **Independently Evolved Virulence Effectors Converge onto Hubs in a Plant Immune System Network.** Science vol. 333, no 6042, pp. 596-601.
- Müller W.A. & al. (1970) **Abnormal Alpha-Cell Function in Diabetes - Response to Carbohydrate and Protein Ingestion.** New England J. Medicine N° 283, pp. 109-115.
- Navet É. (2010) **Le temps d'une culture à l'autre.** pp. 128-132. Pour La Science N° 397, n° spécial nov. 2010, Le temps. Est-il une illusion ?, 160 p.
- Nielsen H.K. & al. (1991) **Diurnal Rhythm in Serum Osteocalcin: Relation with Sleep, Growth Hormone, and PTH(1-84).** Calcif. Tissue Int. n° 49, pp. 373-377.
- Nikolaeva-Hubenova R. (2001) **Mathematical Approach to Endo/Exo-Description of Living and Cognitive Systems.** Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences vol. 5, no 1, pp. 37-43.
- Noulhiane M. (2010) **Souvenirs & émotions façonnés par le temps.** Pour La Science N° 397, pp. 122-127.
- Páldi A. & S. Coisne (2012) **Le hasard au coeur de la vie.** La Recherche dossier hors série n° 48, pp. 48-51.
- Pouthas V. & al. **Une horloge dans le cerveau.** Pour La Science N° 397, pp. 116-121.
- Reyer Chr. (2009) **Sustainable development of the Amazon forest: a fine line between conservation and exploitation?** Sustainability: Science, Practice, & Policy vol. 5, no 2, pp. 38-44.
- Riazuelo A. (2010) **L'Univers aux limites de l'éternité.** pp. 94-100. Pour La Science N° 397, n° spécial nov. 2010, Le temps. Est-il une illusion ?, 160 p.
- Risler J.-J. (1996) **Courbes algébriques planes.** Revue Palais de la découverte N° 238, pp. 21-29.
- Robert L. (1989) **Les horloges biologiques.** Flammarion, Paris, France, 295 p.
- Rovelli C. (2010) **S'affranchir du temps.** Pour La Science N° 397, pp. 50-55.
- Sarrazin A.F. & al. (2012) **A Segmentation Clock with Two-Segment Periodicity in Insects.** Science vol. 336, no 6079, pp. 338-341.
- Strauss E. (2001) **Le tempo variable des horloges à ADN.** pp. 66-69. *In* Le temps. La Recherche spécial Hors Série n° 5 (avril 2001), 116 p.
- Vallée R. (2001) **Time and Dynamical Systems.** Systems Science vol. 27, no 1, pp. 97-101.
- Vallée R. (2002) **Temps et systèmes.** UES 5th European Systems Science Congress, Hersonissos, Crete, Greece, Res. Systemica N° 2, 7 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Vallee.pdf>
- Vallée R. (2005) **Time and Systems.** Kybernetes, vol. 34, no 9-10, pp.1563-1569,
- Vedral V. (2011) **Vivre dans un monde quantique.** Pour La Science N° 407, pp. 22-28.
- Vincent P. (1977) **Quand le milieu devient défavorable.** Thèmes Vuibert Biologie. Vuibert, Paris, France, 32 p.
- Vincent P. & G. Marchal (1976) **La conquête du milieu aérien.** Thèmes Vuibert Biologie. Vuibert, Paris, France, 32 p.
- Von Uexküll J. (1909) **Umwelt und Innenwelt der Tiere.** Springer Verlag, Berlin, Allemagne, 261 p.
- Walker B. & al. (2010) **Should Enhanced Resilience Be an Objective of Natural Resource Management Research for Developing Countries?** Crop Science Vol. 50 S, pp. 10-19.
- Wang R. & al. (2004) **Modelling periodic oscillation of biological systems with multiple timescale networks.** Syst. Biol. vol. 1, no 1, pp. 71-84.
- Winfrey A.T. (1994) **Les Horloges de la vie : Les mathématiques des rythmes biologiques.** Pour la Science (L'Univers des sciences), Paris, France, 187 p.

Notes ajoutées à la suite de la discussion :

La solution la plus simple, pour l'observateur (principe dit du "rasoir d'Ockham"), **corrélation physiologique mise en évidence statistiquement, même validée à 95%, ne rend pas compte de la réalité complexe de l'observé** (qui est dans les 5% restants !). **En première approximation je peux me contenter d'une corrélation linéaire (first order), par exemple pour trouver un médicament actif (agoniste ou antagoniste), mais, pour l'utiliser "correctement" (quand le prendre ? et à quelle dose ?, et en particulier s'il y a un effet de dose-dépendance !), je dois impérativement prendre en compte les 5% restants (l'ago-antagonisme, la chronobiologie, l'effet de seuil, "sont dans le second ordre")** (figure 16).

Les propriétés émergentes "sont dans le second ordre" (tableau 3).

Les mêmes mathématiques permettent de décrire un rythme (tableau 4) et le couplage d'horloges (Strogatz & Stewart, 1995).

Chaque objet dans l'Univers possède son propre temps, propre à son échelle d'espace. L'espace est un champ gravitationnel, qui se déplace, ondule, se déforme, de même **le temps est un champ de force**. Dans la théorie de la gravitation quantique à boucles, **les boucles sont les lignes du champ** gravitationnel. Elles ne sont pas dans l'espace, elles sont l'espace (Rovelli, 2012). En l'absence de masse elles restent fermées. De même **les lignes du champ temporel sont des boucles**, des ellipses. Elles ne sont pas dans le temps, **elles sont le temps**. Et le temps peut onduler (changer de vitesse), se déformer, s'arrêter, le long de sa **ligne de temps inscrite sur un ruban de Moebius dans un espace à n dimensions**.

Il n'y a **que des champs**, d'espace et de temps, **en réseaux, en inter-actions**. Le temps est formé de sous-temps juxtaposés les uns aux autres et emboîtés les uns dans les autres. Le temps est inscrit à la fois dans la croissance et la connectivité. La gestion du temps est un paramètre de la gouvernance du vivant par le vivant (Bricage, 2004).

L'homme n'est qu'un acteur comme un autre (Ba, Breen & Abacar, 2009).

Le "langage" des boucles systémiques constructales est "doublement articulé" (loi systémique constructale : figure 14)

- il est analysable en **unités minimales distinctives** (les modules structuraux et fonctionnels, spatiaux et temporels), elles mêmes analysables en **unités minimales significatives** (les interactions structurales et fonctionnelles à l'intérieur des modules et entre modules), et, les **"énoncés"** (les associations entre modules) s'articulent en **"mots"** (les avantages et les inconvénients, réciproques et partagés) et les mots s'articulent en **"signes"** (les partenaires) (Bricage, 2004, 2005a, 2007),

- il fonctionne à la fois **en semi-autonomie (grâce à l'ergodicité) et en subsidiarité** (en l'absence d'accord externe c'est toujours le partenaire interne qui l'emporte), et, face à l'agression (Bricage 2000b), **"la rétrogression permet la résilience"** (Bricage, 2010b, 2011b).

Les structures biologiques sont caractérisables par leurs processus de **croissance** (en masse, en volume, en nombre) et leurs processus organisationnels, de **régulation** au sein d'un niveau d'organisation et entre niveaux d'organisation et de **développement** -mise en place de structures nouvelles (dans l'espace et dans le temps), acquisition de capacités fonctionnelles nouvelles-, assurant les liens entre **les parties et le Tout**, au sein du Tout (l'endophysiotope), et les liens entre différents Touts qui partagent le même écoexotope de survie. Il existe des **lois d'échelle** qui relient les espaces et les temps biologiques (figure 10).

La taille de l'organisme (mesurée par sa masse M, ou ... par son volume V)... est reliée aux durées T (durée de vie, durée de gestation, périodes des pulsations cardiaques...) par une loi d'échelle de puissance 1/4 de la masse $T=k.M^{1/4}$. De même les métabolismes "scalent" en puissance 3/4 de la masse (Baillly & Longo, 2006). Au sein des organismes on voit des lois d'échelle, des allométries, qui relient certaines caractéristiques géométriques d'organes à la taille des organismes, ce à travers de nombreuses espèces (phylogénèse) ou pour un même organisme au cours de sa croissance et de son développement (ontogénèse) (Baillly & Longo, 2006). Ces géométries fractales sont la trace objective d'un changement de niveau d'organisation dans l'organisme et de l'exercice d'une régulation des parties par le tout (fonctionnalité top/down) en même temps que d'une intégration des parties dans le tout (fonctionnalité bottom/up). Elles permettent de concilier des contraintes antagonistes (Baillly & Longo, 2006).

Ces géométries spatiales et temporelles, fractales (Bricage, 2001b, 2003), ces rythmes (Bricage, 2005c), structurent l'ensemble de notre **"organisme" Univers** comme un tout unique (figure 10) : **$V^2 = C \cdot tg^3$** (où, **quel que soit le niveau d'organisation -les parties-, V est le volume atteint en fin de croissance, au moment de l'acquisition de la capacité de se survivre et tg le temps séparant 2 générations successives, un peu plus que la durée nécessaire pour acquérir la capacité de reproduction au niveau d'organisation correspondant)** (Bricage, 2009). La temporalité interne à l'organisme Univers, quel que soit son niveau d'organisation considéré (figure 10a) -niveau défini par ses capacités fonctionnelles invariantes (figure 11a)-, est **itérative** (et non plus historique). Elle révèle (et relève de) l'articulation entre la **semi-autonomie** de l'organisme (l'endophysiotope) et sa dépendance, sa "solidarité", avec l'écoexotope auquel il appartient (**intégration**) et qu'il partage, **"pour le meilleur et pour le pire"** (**ARMSADA**), avec d'autres formes de vie (Bricage, 1998), **"articulation entre un espace déterminé physiquement dans sa structure (celui de l'extériorité) et un autre, intérieur, déterminé par la fonctionnalité interne de l'organisme"** (Baillly & Longo, 2006). C'est ce qu'exprime aussi **la loi systémique constructale** (Bricage, 2003, 2004, 2007), **la causalité finale est une finalité contingente** (Bricage, 2002a): **"Les causes deviennent des interactions et ces interactions elles-mêmes constituent le tissu de l'univers."** (Baillly & Longo, 2006) qui "naît" par **percolation** (figure 5), à la fois bottom/up et top/down (figure 10b).

La dimension fractale de notre Univers, sa **distribution de connectivité 2,25** (figure 10b) (Bricage, 2009), est celle d'un "réseau métabolique cellulaire" "dont le diamètre³³ demeure invariant" (**ergodicité**) quel que soit le sens de différenciation (bottom/up, top/down) du "corail phylogénétique" (**phylotagmotaphologie**). "**Le chemin se construit en cheminant.**" (Bricage, 2005c)

"Cette invariance implique que le degré de connexion des noeuds augmente avec le nombre des noeuds, c'est-à-dire avec le nombre d'étapes susceptibles de les relier." (Bailly & Longo, 2006).

Existe-t-il une possibilité d'une description unique de la Nature, "une théorie du Tout" (Collectif, 2011), permettant avec quelques lois simples, d'où découleraient la matière, le temps, l'espace, de trouver des causes communes à des phénomènes en apparence différents ? L'espace est-il "discret" ? Est-il possible de détecter tous les "grains d'espace-temps" (tous les niveaux d'organisation) ?³⁴

Le terme **parcener** (<http://en.wikipedia.org/wiki/Coparcenary>, http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_de_Littleton), peu usité en anglais, provient du vieux français **parsonnier** (-avec diverses orthographes-), "**celui qui possède une part (-pars-) de la communauté et qui ne fait qu'un avec elle**" (http://fr.wikipedia.org/wiki/Communauté_taisible), dans le cas des associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA) parcener est beaucoup plus pertinent que partenaire .

Le terme **ergodicité** (Bricage 2001b) a été choisi pour indiquer que l'espace des états d'un système vivant est muni d'une **loi de probabilité constructale invariante (invariance de jauge)**: tout système vivant présente 7 caractéristiques fonctionnelles "**structurantes**" (figure 11a) **mutuellement nécessaires et suffisantes** (Bricage 2000a), ce quel que soit le niveau d'organisation considéré (micro-état, méso-état, macro-état). Cette "solidarité d'invariance", quelle que soit l'échelle, fait que tout système vivant est donc **fractal** (Bernard-Weil, 1988) **à la fois dans le temps** (Vallée 1991) **et dans l'espace**, et l'on passe d'un état à un autre "adjacent" (Bricage 2002b), soit "bottom to up", soit "top to down", par brisure de symétrie (Bricage, 2009).

Le terme **requisite variety** (de Ross Ashby) indique la "variété indispensable", ni trop grande, ni trop petite ("**medem agam**") (Bricage, 2011a), dépendante des moyens disponibles et pour un but précis, et **prerequisite variety** (Bricage, 2011c) : variété indispensable présente au préalable (a priori).

Le terme **analemme** est rarement utilisé... sauf quand on parle de **cadran solaire** ou quand on parle de **l'équation du temps et en chronobiologie** (Bricage, 1993, 1997).

Ba N., Breen CM & A. Abacar (2009) **Social capital, community-based governance and resilience in an African artisanal river fishery**. *Water SA (Online)* vol. 35, no 1, pp. 45-53.

Bernard-Weil E. (1988) **Précis de Systémique Ago-Antagoniste : introduction aux stratégies bilatérales**. L'Interdisciplinaire, Limonest, France, 176 p.

Bricage P. (1997) **Influence de la lune sur les rythmes biologiques ?** *Bull. Soc. Astronomie Pyr. Occ.* N° 116, pp. 71-75.

Collectif (2011) **La théorie du tout. Comment la physique peut expliquer l'Univers**. *La Recherche*, dossier hors série no 43, mai 2011, pp. 1-79.

Rovelli C. (2012) **Et si le temps n'existait pas ?** Dunod, Paris, France, 150 p.

Strogatz S. & I. Stewart (1995) **Oscillateurs couplés et synchronisation biologique**. pp. 114-120. *In Le chaos*, Pour La Science, dossier hors série, janvier 1995, 132 p.

Vallée R. (1991) "**Perception, memorisation and multidimensional time**". *Kybernetes* vol. 20, no 6, pp. 15-28.

33 Un **réseau** est représentable par un graphe formé de **noeuds (acteurs) interconnectés** (par des **liens fonctionnels, à sens, causal et temporel, unique**) (figure 5). Dans le cas de l'Univers, ces noeuds sont les **niveaux d'organisation** (figure 10a). Dans le cas d'un écosystème (une cellule ou une forêt ou l'Univers, ou "un Univers d'Univers" !) ces noeuds sont aussi les populations des espèces (des formes vivantes différentes, quels que soient leurs niveaux d'organisation) **qui partagent l'écoexotopie de survie** constitué par l'écosystème (figures 8 & 15), écoexotopie **dont la capacité d'accueil est limitée** (figure 9). Le diamètre est constant quand la distribution de connectivité du réseau, la moyenne des plus courts chemins menant d'un noeud à un autre, demeure invariant (Bailly & Longo, 2006.)

34 "**Our universe would be a single expanding bubble inhabiting a grand cosmic bubble bath of universes.**" (Greene, 2012)