

Systemes vivants : champs de contrainte et d'interaction, référentiels d'espace-temps-action, lois d'équivalence masse-énergie.
Living systems of systems: field of constraint, interaction field, space-time-action frames, mass-energy equivalency power laws.

Pierre Bricage

Ancien Directeur du Département des Sciences Biologiques,
 Ancien Directeur du Département des Sciences Sanitaires et Sociales,
 Faculté des Sciences, Université de Pau et des Pays de l'Adour, UPPA, campus de Pau, 64000 Pau

pierre.bricage@univ-pau.fr

Vice-Président AFSCET, Paris, France

<https://www.afscet.asso.fr/pagesperso/Bricage.html>

Secretary General International Academy for Systems and Cybernetic Sciences, IASCYS

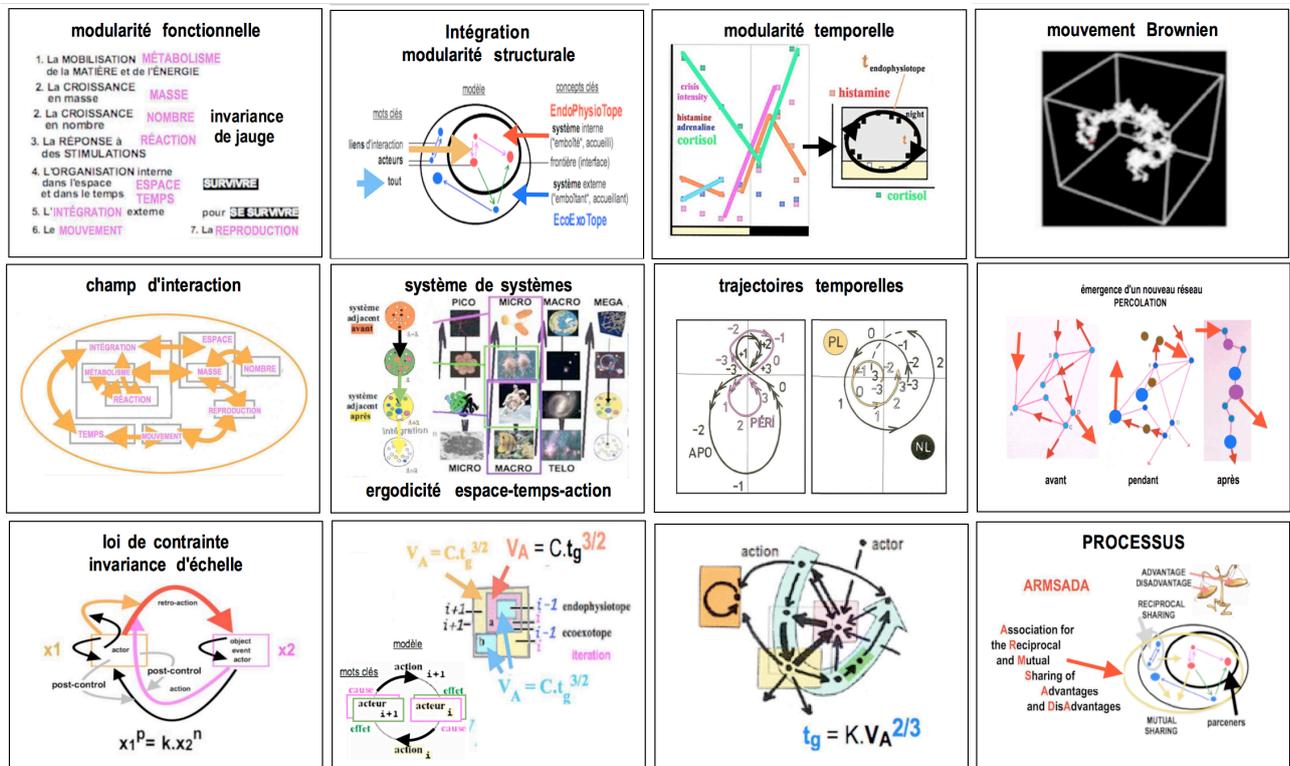
<http://iascys.org>

Association PELLEAS, 99 avenue du Loup, 64000 Pau, France

<http://armsada.eu>

Graphical Abstract

Living systems of systems: field of constraint, interaction field, space-time-action frames, mass-energy equivalency power laws.



Keywords: ARMSADA (Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages), Brownian motion, evolution, fractal ergodicity, gauge invariance, interaction, interference, life, limits, modularity, percolation, power laws, quantum, regulation, rhythms, shaping, system of systems

L'essentiel

Systemes vivants : champs de contrainte et d'interaction, référentiels d'espace-temps-action, lois d'équivalence masse-énergie.

- **Le paradigme d'invariance de jauge** permet de définir simultanément ce qu'est un système vivant et la **notion de niveau d'organisation**.
- L'espace-temps-action de tout système vivant est un système de systèmes, module de modules, construit par l'itération d'emboîtements et de juxtapositions de systèmes pré-existants.
- Tout se passe comme si chaque module spatial (-aspect corpusculaire-), temporel (cyclique -aspect ondulatoire-), et fonctionnel, est un **"quantum d'espace-temps-action"**. Tous les nouveaux modules sont **construits par juxtapositions et emboîtements, par multiples entiers de modules** anciens reconditionnés.
- On peut quantifier par des **lois puissance** la modularité structurale, temporelle et fonctionnelle des systèmes et sous-systèmes (onde et corpuscule), ce quel que soit le niveau d'organisation.
- L'émergence de nouveaux plans d'organisation est la conséquence de sauts évolutifs permis par la mise en place d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés (ARMSADA).
- Tout "système de systèmes" est un **"réseau de réseaux" d'interactions**, un espace-temps-action, tant au sein d'un niveau d'organisation (INTRA) qu'entre niveaux d'organisation (INTER).
- Tout système vivant est **masse et énergie, et onde et corpuscule**, quelle que soit l'échelle et quel que soit le niveau d'organisation.
- Les champs fonctionnels d'interaction sont régulés par des lois de type puissance.

Highlights

Living systems of systems: field of constraint, interaction field, space-time-action frames, mass-energy equivalency power laws.

- **The gauge invariance paradigm** allows simultaneously to describe what a living system is and to define the **concept of level of organisation**.
- The space-time-action of any living system is a system of systems, a module of modules, built by the iteration of embedments and juxtapositions of previous existing living systems.
- Everything happens as if every spatial (-particle aspect-), temporal (cyclic, -wave-aspect), and functional module is a **"quantum of space-time-action"**. And every new module is built through **multiple integer numbers juxtapositions and embedments of older but reshaped modules**.
- Whatever the organisation level, the structural and functional modularity of every systems and subsystems (both wave and corpuscle) can be quantified by **power laws**
- The emergence of new blueprints is the result of evolutionary jumps allowed only by the establishment of Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages (ARMSADA). *"Interaction is construction, construction is interaction."*
- Any "system of systems" is a **"network of networks" of interactions**, a space-time-action, both within an organisation level (INTRA) and between organisation levels (INTER).
- Into the gauge invariant interactive field, every living system is **both mass and energy, and both wave and corpuscle**, whatever the space and time scale and the organisation level.
- The functional fields of interaction are determined by power laws.

Extended Summary

The quantum definition and the notion of discontinuity, the quantitative modularity of physical systems, is evidenced in the Planck's statement, where the spatial, energetic and undulatory aspects (i.e. the structure, the cost of action and the cyclic timing) of physical systems merge and interact together (Collion, 2019).

1. Might any living system also be defined in terms of fields and space-time-action frame ?

Any living system can be defined by **7 functional modularities** (or capacities): - the mobilisation of flows of matter and energy, - the mass growth, - the ability to respond to stimulations, - the establishment of a spatial and temporal organisation, - the ability to integrate (to become only one) within **a space-time-action of survival, the ecoexotope** [exo: external, tope: space-time-action, eco: of inhabitation], - the ability to move, which jointly allow the survival of **the endophysiotope** of the system [endo: internal, tope: space-time-action, physio: of functioning], prior to the acquisition of - the ability to reproduce, "*to itself survive its self*", with or without growth in number (Bricage, 1991, 2000).

These physiological properties associated with every space-time-action point (Bricage, 2017) shape the field. And the density of the field lines is proportional to the intensity of the interactions within the field.

These 7, **mutually necessary and sufficient**, functional modularities are interacting over the life cycle (to survive **for** to itself survive its self) (Bricage, 2002). That is **the paradigm of gauge invariance**, which allows to define both what a living system is and what is, in terms of space-time-action, **a level of organisation, whatever the space and time scales**. Consequently, within every other space-time-action than ours, - in the infinitely small, an atom is as much a living system as a cell, and - in the infinitely large, a galaxy is also another one (Bricage 2001, Wakker & Richter, 2004).

2. As a result, what levels of organisation can be identified along the different physical scales?

The structural and functional modularity is both the cause and consequence of the gauge invariance and **the existence of embedded and juxtaposed levels of organisation**. For example, a plant cell (this cell level is quoted as i), is a system of systems that is containing compartments that are similar, in their functional structural and developmental cycle, to bacteria (the adjacent inferior level i-1), and these organelles are containing systems of the sub-molecular level (i-2 level) too (Bricage, 1986, 2009). Each of these levels of organisation is a system of systems. **Living systems are interactively and repeatedly arranged through embedments and juxtapositions of similar structural and functional modules** : "**eco-physiological ergodicity**" (Bricage, 1995, 2001). Any new space-time-action (Bricage, 2010, 2012, 2017) is fractal, auto-similar, as a set of Russian dolls (matryoshka), it is contingent on endophysiotopes and ecoexotopes of pre-existing systems: "**interaction is construction, construction is interaction.**"

For every level of organisation of living systems it is easy to establish lists of books written to describe each of these functional characteristics and it is possible to draw up **a periodic classification chart of living systems** (Bricage, 2001, 2012, 2014). From one level to another, there is neither continuity, nor gradualism, but **a jump, by percolation and symmetry breaking**. The emergence of a new level of organisation, of a new system of systems, the jump from a pre-existing level (adjacent inferior level) to a next one (adjacent superior level), is always the result of nesting and juxtapositions of previous existing levels by their **merging into an Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages** (ARMSADA).

There are never advantages without disadvantages (Bricage, 1998). And the greater are the advantages, the greater are the disadvantages. "**To survive that is to avoid advantages become disadvantages and to turn disadvantages into advantages.**" (Bricage, 2009, 2011, 2017).

3. The WHOLE “as corpuscle” is always, BOTH MORE AND LESS, than the sum of its PARTS.

The concept of integration implies that for any living system *the ecoexotope provides a capacity of hosting* that is eventually useful if *the endophysiotope owns a capacity to be hosted*, that is tightly fitting with it. The **inter-actions between the actors** of the system (the PARTS & the WHOLE) govern the structural and functional maintenance and the spatial and temporal evolution (Bricage, 2004). All the compartments of a plant or animal cell built an endo-syn-cenosis, i.e. an eco-system whose populations of actors were formerly free-living systems which merged and now are making only one with the new system that welcomed them.

Every system is an ecosystem of eco-systems where *the PARTS only exist through the WHOLE and for its (and their) survival*. Every actor of the system, every subsystem, is both completely dependent on the WHOLE and the other PARTS, even if its space-time-action can still retain a semi-autonomy. New properties emerge with the introduction of the new WHOLE. But old properties are lost by the parts. The density of the actors within the ecoexotope and endophysiotope is always *governed by a “local” power law*, but it is quantitatively different between animal and plant cells. The functioning and sustainability of the WHOLE (a cell for example) depends on the joint functioning of the genomes of its semi-autonomous PARTS (the cell compartments), whose genomes have **changed of space-time-action** by integrating that of the nuclear compartment. A **“glocal” power law** governs the flows of interaction between the actors (Bricage, 2010, 2014). The gauge invariance forces the actors of all subsystems, it constrains the distribution and density of the types of genes associated with each of the 7 functional characteristics, whose distribution and density of genes also obey a **“global” power law**.

The alteration of the structure (corpuscular aspect) or of the functional organisation of the system or the “non-obedience” to these power laws are at the origin of dysfunctions, such as cancer. Cancers result from a breakage of the Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages (ARMSADA) that is *entangling the partners* at the cell organisation level (Bricage, 2008, 2009).

4. How and when does an ARMSADA (ecosystem of ecosystems) emerge and maintain its self?

Every living system belongs to a food network: *to survive is to eat and not to be eaten*. Whatever the organisation level, that is the flows of matter and energy that structure the space-time-action (Bricage, 2013) and lead to a steady-state, *an equilibrium that is sustainable as long as it is sustainable for the WHOLE and supported by the PARTNERS (the parcnens)*. The integration of the genome of a bacteriophage into the genome of a bacterium extends the space-time-action of the virus which is immortalised through that process. But it remains still *a constrained danger*, a PART that can be released if the survival of the genetically modified bacterium (the WHOLE) is threatened. Cancers result from the release of such contained viral hazards that were through time constrained in the genome of our cells (Bricage, 2008). **In an emergency situation**, for example when the capacity of the ecoexotope becomes too low, only **the emergence** of a new level of organisation, with the corresponding innovative evolutionary jump, allows to get out of the crisis. The crisis is solved by the integration, into the endophysiotope of the new system, of the initial ecoexotope dangers that were at the origin of the crisis. Every ARMSADA emerges, **through an ago-antagonistic way**, when **during merging**, all actors simultaneously lose the ability to destroy the others: *for one to survive, the other must survive first, and vice versa*. This process of innovative alliance has been repeated over and over again in the evolution of life. For each of the PARTNERS of the association to survive, the WHOLE must survive first, and, conversely, for the WHOLE to survive, each of the PARTNERS must survive first (Bricage, 1999, 2000). The system survival and its mass growth, and then eventually its number growth, are limited by the the new capacity of integration of the system through the interactive fitting of the capacity to be HOSTED of the new endophysiotope with the capacity of HOSTING of the new ecoexotope.

Survival has a cost to pay: to respect constrained by power laws limitations, which allow the dynamic fitting maintenance of the capacity to be HOSTED with the HOSTING capacity.

5. What are the wave aspects that are complementary to the structural, material, aspects?

The QUANTUM aspect (Olivero, 2019) at the level of cellular structures (level i) is characterisable by phenomena of "ALL OR NOTHING". When a neurone responds to an excitation by an action potential, this response, the propagation of a wave, is a flow of potentials, that is always the same (at the time dimensional scale of 10^{-2} s). At the next higher organisation level, the organism (level i+1), the response is a train of n potentials, **n modules of the same amplitude**. The undulatory (energetic and temporal) aspect, as well as the corpuscular (matter and spatial) aspect, both obey a compartmentalisation by juxtapositions and embedments of pre-existing time modules (Bricage, 2001, 2013). A circa-monthly rhythm (like the woman menstrual cycle) is a repetition of the same temporal quantum every month, and it also contains circa-dian rhythms. These adjacent lower level modules are repetitions of another type of temporal quantum (at the temporal dimensional scale of 10^{+4} s). And it is also contained, as adjacent lower level module of another type of temporal quantum, in a circa-annual rhythm, adjacent upper system (at the temporal dimensional scale of 10^{+7} s).

Any single wave is **a "rhythm" defined by its period** (the time duration of a cycle). Its amplitude can be influenced by time donors (*zeitgeber*) of the ecoexotope (e.g. the duration of the light phase, the daily temperature difference), or/and the endophysiotope (e.g. hormonal concentrations) (Bricage, 1997, 2005). When the rhythm is "driven" by the ecoexotope (i.e. by at least 1 *zeitgeber*), if the ecoexotope changes the rhythm changes or even disappears. If it is a rhythm of internal origin, consequence of a temporal organisation of the endophysiotope, it persists independently of the ecoexotope changes. The knowledge of the undulatory temporal structure of the endophysiotope allows to characterise the structure of the space-time-action of the organism and the interactions between the endophysiotope and ecoexotope. **Knowing one** (either the endophysiotope or the ecoexotope) **the other** (the ecoexotope or endophysiotope) **is known**. For example, it is only at certain steps of a circa-monthly cycle (whatever the gender: woman and man) that coffee (caffeine) triggers or, conversely, soothes the pain of the migraine attack. This regardless of the circa-monthly period of the cycle which may differ from one individual to another.

The individual person is sensitive to periodic triggers and is **structured by waves** (Bricage, 1999).

It is **a multilayered multi-timed system, a rhythm of rhythms**.

Do interference phenomena reveal interactions between any undulatory aspects?

6. Can we individualise the wave aspects and measure interference phenomena?

During one night of sleep, each of us jumps from one sleep cycle to the next one. A dream phase is a marker of the end of every cycle. You can learn to be aware of this dream phase at the end of which we wake up. This allows to measure the duration of every night sleep cycle. It can be evidenced that the duration of the longest cycle and the duration of the shortest one vary symmetrically from day to day, giving the feeling of a lunar influence (Bricage, 1993). Do lunar synchronisers (of the ecoexotope) act on night functioning (of the endophysiotope)? A factorial analysis of correspondences shows that the observed changes in time duration are associated with the cycle of position of the moon in relation to the earth (i.e. the cycle of transit in apogee then in perigee then in apogee again) and are represented in the factorial projection plane by *analemma* curves. Everything happens as if the sleeper is a fixed earth observer who follows the moon with his/her eyes while the moon rotates around the earth and the earth rotates (on itself and around the sun). The internal rhythm (circa-monthly cycle) of the sleeper arises from the driving interactions by the revolution of the moon around the earth and the revolution of the earth around the sun (i.e. a circa-annual seasonal rhythm). Another wave is added that it is shaped by the driving interactions of the apparent phase changes of the lunar luminosity (i.e. the alternation full moon-new moon). This other circa-monthly rhythm of temporal functioning of the sleeper is evidenced by *spirals* curves running in the factorial plane. These spirals are of the same nature as those described by nocturnal insects when they alternatively approach a light source that lights on and when they move away from it when it lights off (Bricage, 1993, 1997, 2003, 2005).

The maximum amplitude of the phenomena is shifted, neither at the time of transit in apogee nor in perigee, and no more at the time of transit at the full moon or at the new moon, but shifted back and forward the transit dates (Bricage, 1997). The same type of phenomenon, “before response” (i.e. temporal *anticipation*) and “after response” (i.e. *causal* temporality), is known, but on a circa-dian scale, for plants whose metabolism actively depends on light (Bricage, 1986). Every day we observe 2 peaks of activity when the day rises (at every lighting on: 1 of anticipation and 1 causal) and again 2 peaks of activity when the day sets (at every lighting off: also 1 before and 1 after). The phenomena associated with the lunar cycles, constantly shifted relatively to each other, and that does not allow to individualise the waves. Indeed we observe only the phenomena of interference, the shaped results of their interactions during their ever-changing time differences.

By defining a graphical semiological scale (Bertin, 1973) of the global quality of each night of sleep, taking into account the number of nocturnal awakenings and their temporal positions, you may observe, at the time of transit in ascending-descending and vice versa in descending-ascending of the cycle of position of the moon on the horizon, that the night quality is better or worse than the most frequent night quality. Everything happens **as if a wave crosses through the individual body**. And depending on the time distance (the number of days) between 2 successive waves (transit in apogee then transit in descending-ascending, for example) the shape of the figure of interference is changing.

7. Do the “bio-quantum” aspects, both corpuscular and undulatory, obey common laws?

Usually, in the study of bio-physico-chemical phenomena, to represent space, we use for the scale of lengths **the metre unit (m)**, whatever the scale of space-time-action, but the time scale is rarely **the second (s)**. Moreover, if we always take into account the corpuscular, material aspect, with mass and energy for example, we often forget the wave, temporal, and functional aspects. For every living system, whatever the level of organisation, whatever the dimensional, spatial and temporal scales, the ability to reproduce (to itself survive its self), is associated by definition with the adult state, and it is acquired only after a minimum growth phase of a minimum duration which by definition characterises the juvenile or larval phase. If **the generation time** (minimum time spacing between 2 generations) **tg** is defined as the minimum time needed to reach **the volume of the adult state VA**, the graphical representation, in log-log coordinates, of the corresponding values of VA and tg, is a line of slope 3/2, **exponent of a power law** such that, empirically, a correlation appears between mass growth (VA) and number growth (tg): **$VA=k \cdot tg^{3/2}$ or $tg=K \cdot VA^{2/3}$** (Bricage, 2009).

Every living system must first survive, to eat and not to be eaten to accumulate enough matter and energy to eventually be able to reproduce its self. The survival phase, in terms of **mobilisation of matter and energy**, was often characterised by a power law of exponent 3/4 (and not 3/2) between **metabolism and mass**. The relation between growth in number and growth in mass of the reproduction phase, is governed by a law of lower exponent 2/3, which is the consequence of the fact that **the cost of reproduction** must be “paid” by deduction from growth. The mass (which depends on the volume) of an animal, whatever the species, determines the density of its local population, which is inversely proportional to the individual mass. That is also true in plants. Metabolic processes and the flow of matter and energy at the cellular level obey power laws of exponents between 3/4 and 3/2 (or 4/3 and 2/3) (Bricage, 2013).

On 62 dimensions of time (in s) and 62x62x62 dimensions of space (in m³), **$VA=k \cdot tg^{3/2}$ or $tg=K \cdot VA^{2/3}$** , is valid globally, for the WHOLE Universe, and also locally, if we consider any PART of our Universe (a system of systems of systems). It is therefore **an invariant scaling law**, pointing to a **fractal space-time-action** (Bricage, 2009). Moreover, if the values in log-log coordinates of the WHOLE (the Universe) are again represented in a log(log)-log(log) plotting, the same relation appears too. So everything happens as if our Universe is a (living) subsystem of a higher superior adjacent living system (a hyper-Universe) that obeys **the same power law, locally and globally**.

Living systems are both wave-and-corpuscle.

8. Is it the same to consider either the corpuscular (material) or the undulatory (temporal) aspect?

In considering **VA** we are interested in the corpuscular aspect, in considering **tg** we are interested in the wave aspect. **Knowing one we knows the other, whatever the dimensional scale.** Our Universe is a living system in which, globally, and at all its levels of organisation (locally), flows of exchange, transfer of matter and energy, are “**optimised**” at a constant (average) speed at the exchange interfaces. To maintain this balance, enzyme reactions are reversible. They are **contingent** on pH, temperature, and molecular concentrations and last but not least Brownian motion. It is remarkable that the 3/2 exponent is also the one that governs **the 3D Brownian movement** in a four-dimensional space-time-action (Bricage, 2014). For many physical or sociological phenomena we find as exponent 3/2 (or 2/3 according to the chosen frame).

9. The undulatory and corpuscular weaving of the space-time-action.

Every living system (a WHOLE consisting of layers of systems of lower organisation levels) **includes the time cycles that structure it and that it structures and is included in the time cycles of the systems in which it is contained** as a subsystem (as a PART of at least one adjacent system of upper organisation level). **Any endophysiotope of level i is an ecoexotope of survival of pre-existing endophysiotoxes from levels i-1 to i-j**, and they are still interacting together : “*systemic constructal law*” (Bricage, 2010).

The juxtapositions and embedments of time cycles allow evolutionary jumps in space-time-action.

Any new system of systems is a hyper-space and a hyper-time whose fractal spatial structures (Bricage, 2001) and time cycles (Bricage, 2005) depend on both its survival time duration and its generation time. **We do not perceive space independently of time.** The shaping of every space-time-action depends on its mass, its density, and on incoming (inputs), outgoing (outputs), and crossing (throughputs) flows.

Every living system is crossed with waves of matter and energy. Every wave is carried by a material medium. **Matter and wave are both support and guide**, one for the other and one by the other.

10. The spatial and temporal entanglement of living systems:

the ago-antagonistic way of physiological controls prior to ARMSADA maintenance.

Variations in hormonal concentrations, produced by and acting on organs or cells (level i) interacting within an organism (level i+1), are usually represented by their temporal monitoring. The time component can be expurgated to focus only on the functional interaction. It highlights a calendar, a clock (Reiter, 1993), a temporal organisation (Winfree, 1994), cyclical, repetitive, a wave within space-time-action. Usually to highlight this type of co-relationship only the linear aspect (i.e. the first degree) is used, because it is the most simple statistical aspect to formalise. But it is quite possible to have a so good fit by taking into account the second degree, the non-linear fraction, which is not always negligible! Knowledge of these functional cyclic interactions, described by conics (Bricage, 2013, 2017), is well established for the ago-antagonistic way (more or less circadian) of regulation of the blood glucose concentration and for the woman menstrual sexual cycle (circa-monthly rhythm), in which every day is unique “hormonally speaking” and repeats identically at every cycle, and once per cycle. Knowing one of the hormonal aspects one knows the other, **regardless of the spatial or temporal distances within the body.** And two consecutive measurements give the arrow of the time axis. It's the same finding for a pathology like asthma. If we go from the linear temporal representation to the representation of interactions we reveal the existence of an internal calendar, of a circadian wave, which crosses the individual and is repeated every period, from period to period. The same actor (e.g. histamine) can link opposite interactions with different actors (i.e. a “left turning” cycle with adrenaline, and a “right turning” cycle with cortisol).

Online reference: Bricage P. (2022) *Living systems of systems: field of constraint, interaction field, space-time-action frames, mass-energy equivalency power laws.*, 14 p., [Système Quantique](http://afscet.asso.fr/Ande22/pbBioQuantique2022.pdf), Journées AFSCET, Andé, C.C. Licence, <http://afscet.asso.fr/Ande22/pbBioQuantique2022.pdf>

Résumé détaillé

Avec l'énoncé de la relation de Planck la **modularité quantitative des systèmes physiques** est représentée par la **notion de quantum et de discontinuité**, et, les aspects spatiaux, énergétiques et ondulatoires des systèmes physiques apparaissent conjoints et en interaction (Collion, 2019).

1. Tout système vivant peut-il être, de même, défini en termes de champs et d'espace-temps-action ?

Tout système vivant peut être défini par **7 modularités fonctionnelles**. - La mobilisation de flux de matière et d'énergie, - la croissance en masse, - la capacité de répondre à des stimulations, - la mise en place d'une organisation spatiale et temporelle, - la capacité d'intégration à (de ne faire qu'un avec) **un espace-temps-action de survie, l'écoexotope** [tope : espace-temps-action, exo : externe, éco : d'habitation], et - la capacité de mouvement, conjointement permettent la survie de **l'endophysiotope** du système [tope : espace-temps-action, endo : interne, physio : de fonctionnement], préalablement à l'acquisition de - la capacité de reproduction, de se survivre, avec ou sans croissance en nombre d'individus (Bricage, 1991, 2000).

Ces propriétés physiologiques associées à chaque point de l'espace-temps-action constitue le champ. La densité des lignes de champ est proportionnelle à l'intensité des interactions au sein du champ.

Ces 7 modularités fonctionnelles, **mutuellement nécessaires et suffisantes** sont en interaction au cours du cycle de vie ("survivre pour se survivre") (Bricage, 1994, 2002). Ce **paradigme d'invariance de jauge** permet de définir à la fois ce qu'est un système vivant et ce qu'est, en terme d'espace-temps-action, un **niveau d'organisation, quelle que soit l'échelle spatiale ou temporelle**. En conséquence, **dans un autre espace-temps-action** que le nôtre, dans l'infiniment petit, un atome est autant un système vivant (Bricage, 1995) qu'une cellule, et dans l'infiniment grand, une galaxie en est un aussi (Wakker & Richter, 2004).

2. En conséquence, quels niveaux d'organisation peut-on identifier aux différentes échelles physiques ?

La modularité structurale et fonctionnelle est à la fois la cause et la conséquence de l'invariance de jauge et de **l'existence de niveaux d'organisation emboîtés et juxtaposés**. Par exemple, une cellule végétale (niveau cellulaire, i), système de systèmes, contient des compartiments analogues, dans leur structure fonctionnelle et leur cycle de développement, à des bactéries (niveau des monères, i-1), organites qui contiennent des sous-systèmes de niveau moléculaire (niveau i-2)... Chacun de ces niveaux d'organisation est un système de systèmes. Les systèmes vivants sont **agencés de façon ergodique par emboîtements et juxtapositions de modules structuraux et fonctionnels similaires** (Bricage, 1995, 2001). Tout espace-temps-action est **fractal, auto-similaire**, comme un jeu de poupées russes (Bricage, 2010, 2012, 2017) et il est **contingent** aux endophysiotopes et aux écoexotopes des systèmes pré-existants.

Pour chaque niveau d'organisation des systèmes vivants il est possible d'établir des listes de livres associés à chacune de ces caractéristiques fonctionnelles et de tracer un **tableau de classification périodique des systèmes vivants** (Bricage, 2001, 2012, 2014). D'un niveau à un autre, il n'y a pas de continuité, pas de gradualisme, mais **un saut, par percolation et brisure de symétrie**. L'émergence d'un nouveau niveau d'organisation, d'un nouveau système de systèmes, le saut d'un niveau pré-existant (niveau inférieur adjacent) au suivant (niveau supérieur adjacent), se fait toujours, lors des emboîtements et juxtapositions des niveaux pré-existants, par **la mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés** (ARMSADA) (Bricage, 1998, 2009, 2011, 2017).

3. Le TOUT "corpuscule" est toujours, A LA FOIS, PLUS ET MOINS, que la somme de ses PARTIES.

La notion d'intégration implique que pour tout système vivant **l'écoexotope fournit une capacité d'accueil "éventuellement utilisable" si l'endophysiotope possède une capacité d'être accueilli** en adéquation. Les **inter-actions entre acteurs** du système en gouvernent l'évolution spatiale et temporelle, structurale et fonctionnelle. L'ensemble des compartiments d'une cellule, végétale ou animale, forme une endo-syn-cénose, c'est-à-dire un éco-système dont les populations d'acteurs sont des systèmes autrefois à vie libre et qui ne forment maintenant plus qu'un avec le nouveau système (le TOUT) qui les a accueilli.

C'est un écosystème d'éco-systèmes où **les parties n'existent plus que par le Tout et pour le Tout**.

Chaque acteur du système, chaque sous-système, est à la fois complètement dépendant du TOUT et des autres PARTIES, même si son espace-temps-action peut posséder encore une semi-autonomie. Des propriétés nouvelles émergent avec la mise en place du nouveau TOUT. Des propriétés anciennes sont perdues par LES PARTIES. La densité des acteurs de l'écoexotope et de l'endophysiotope est **gouverné par une loi puissance, locale**, différente quantitativement entre cellules animale et végétale. Le fonctionnement et la durabilité du TOUT dépend du fonctionnement conjoint des génomes des compartiments semi-autonomes, génomes qui ont **changé d'espace-temps-action** en intégrant celui du compartiment nucléaire. **Une loi puissance globale** gouverne les flux d'interaction entre les acteurs pris deux à deux. L'invariance de jauge contraint les acteurs de tous les sous-systèmes, elle contraint la répartition et la densité des types de gènes associés à chacune des 7 caractéristiques fonctionnelles, répartition et densité des gènes obéissent également à **une loi puissance globale**. L'altération de l'organisation structurale (aspect corpusculaire) et fonctionnelle du système ou la "non-obéissance" à ces lois est à l'origine de dysfonctionnements, comme le cancer. Le cancer résulte d'une **rupture de l'Association à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés** (ARMSADA) au niveau d'organisation cellulaire (Bricage, 2008).

4. Comment et quand une ARMSADA (écosystème d'écosystèmes) émerge-t-elle et se maintient-elle ?

Tout système vivant appartient à un réseau alimentaire : **survivre c'est mangé et ne pas être mangé**. Quel que soit le niveau d'organisation, les flux de matière et d'énergie (Bricage, 2013) structurent l'espace-temps-action et aboutissent à **un état d'équilibre, durable tant qu'il est soutenable pour le Tout et soutenu par les parties**. L'intégration du génome d'un bactériophage dans le génome d'une bactérie **change l'espace-temps-action** du virus qui est comme immortalisé. Mais il reste un **danger contenu** qui peut être libéré si la survie de la bactérie est menacée. Les cancers résultent de la libération de dangers viraux contenus dans le génome de nos cellules. En situation d'urgence, par exemple quand la capacité d'accueil de l'écoexotope devient insuffisante, c'est l'émergence d'un nouveau niveau d'organisation, avec le saut évolutif correspondant, qui permet de sortir de la **situation de crise, qui est résolue par l'intégration** dans l'endophysiotope, du nouveau système, **des dangers** de l'écoexotope initial à **l'origine de la crise**. L'association émerge, **de façon ago-antagoniste**, quand chacun des acteurs perd simultanément la capacité de détruire les autres : **pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive, et réciproquement**. Ce processus d'innovation s'est répété sans cesse au cours de l'évolution du vivant. Pour que chacun des partenaires de l'association survive il faut d'abord que le Tout survive, et, réciproquement, pour que le Tout survive il faut d'abord que chacun des partenaires survive. La survie et la croissance en masse, puis éventuellement en nombre, sont déterminées par la nouvelle capacité d'intégration qui remet en adéquation la capacité d'être accueilli du nouvel endophysiotope avec la capacité d'accueil du nouvel écoexotope.

La survie a un coût : le respect des limitations, imposées par des lois puissance.

5. Quels sont les aspects ondulatoires qui sont complémentaires des aspects structuraux, matériels ?

L'aspect QUANTUM (Olivero, 2019) au niveau des structures cellulaires (niveau i) est caractérisable par des phénomènes de TOUT OU RIEN. Quand un neurone répond à une excitation par un potentiel d'action, cette réponse, la propagation d'une onde, est un flux de potentiel toujours le même (à l'échelle dimensionnelle temporelle de 10^{-2} s). Au niveau d'organisation supérieur adjacent, l'organisme (niveau i+1), la réponse est un train de **n potentiels, n modules identiques en amplitude**. L'aspect ondulatoire (temporel), de même que l'aspect corpusculaire (spatial), obéit à une **compartimentation par juxtapositions et emboîtements de modules temporels pré-existants** (Bricage, 2013). Un rythme circa-mensuel (comme le cycle menstruel féminin) est une répétition d'un même quantum temporel, il contient des rythmes circa-diens, modules inférieurs adjacents, répétitions d'un autre type de quantum temporel (à l'échelle dimensionnelle temporelle de 10^{+4} s) et il est contenu, il est le module inférieur adjacent d'un autre type de quantum temporel, un rythme circa-annuel, système supérieur adjacent (à l'échelle dimensionnelle temporelle de 10^{+7} s).

Toute onde unique est **un "rythme" défini par sa période** (la durée temporelle d'un cycle). Son amplitude peut être influencée par des donneurs de temps (zeitgeber) de l'écoexotope (comme la durée de la phase lumineuse, ou l'écart thermique journalier), ou/et de l'endophysiotope (comme diverses concentrations hormonales). Quand le rythme est "entraîné" par l'écoexotope, si l'écoexotope change le rythme change voire disparaît. Si c'est un rythme d'origine interne, conséquence d'une organisation temporelle de l'endophysiotope, il persiste indépendamment des changements de l'écoexotope. La connaissance de la structure temporelle ondulatoire de l'endophysiotope permet de caractériser la structure de l'espace-temps-action de l'organisme et des interactions entre endophysiotope et écoexotope. **Connaissant l'un** (l'endophysiotope ou l'écoexotope) **on connaît l'autre** (l'écoexotope ou l'endophysiotope). Par exemple, c'est seulement à certaines phases d'un cycle circa-mensuel (féminin ou masculin) que le café déclenche ou, à l'inverse, apaise la douleur de la crise migraineuse. Même si la période circa-mensuelle du cycle peut différer d'un individu à un autre, **l'individu**, sensible à des facteurs déclenchants périodiques, **est structuré par une onde** (Bricage, 1999, 2003).

Existe-t-il des phénomènes d'interférence révélateurs d'interactions entre les aspects ondulatoires ?

6. Peut-on individualiser les aspects ondulatoires et mesurer des phénomènes d'interférences ?

Au cours d'une nuit de sommeil, chacun de nous "saute" d'un cycle de sommeil au suivant. Une phase de rêve délimite la fin d'un cycle. On peut apprendre à être conscient de cette phase de rêve en fin de laquelle on s'éveille. Ceci permet de mesurer la durée de chaque cycle du sommeil nocturne. On constate que la durée du cycle le plus long et la durée du cycle le plus court varient symétriquement d'un jour à l'autre en donnant l'impression d'une influence lunaire (Bricage, 1993). Des synchroniseurs lunaires (de l'écoexotope) agissent-ils sur le fonctionnement nocturne (de l'endophysiotope) ? Une analyse factorielle des correspondances met en évidence que les changements de durée observés associés au cycle lunaire de position de la lune par rapport à la terre (cycle de passage en apogée puis en périgée) sont représentés dans le plan de projection factorielle par des analemmes. Tout se passe comme si le dormeur était un observateur terrestre fixe qui suit du regard la lune pendant qu'elle tourne autour de la terre et que la terre tourne (sur elle-même et autour du soleil). Le rythme (circa-mensuel) interne du dormeur naît des interactions d'entraînement par la révolution de la lune autour de la terre et de la révolution de la terre autour du soleil (rythme saisonnier circa-annuel). Une autre onde s'ajoute qui elle naît des interactions d'entraînement par les changements de phase apparente de la luminosité lunaire (alternance pleine lune-nouvelle lune). Les spirales, à l'échelle circa-mensuelle, décrites dans le plan factoriel par le fonctionnement temporel du dormeur sont de même nature que celles décrites par les insectes nocturnes quand ils s'approchent d'une source lumineuse qui s'allume et quand ils s'en éloignent lorsqu'elle s'éteint. L'amplitude maximale des phénomènes est décalée par rapport au moment du passage en apogée ou périgée, et par rapport au moment du passage en pleine lune ou nouvelle lune, avant et après le passage (Bricage, 1997). Ce **même type de phénomène, réponse avant (anticipation temporelle) et réponse après (temporalité causale)**, est connu, mais à l'échelle circa-dienne, chez les plantes dont l'activité métabolique dépend de la lumière (Bricage, 1986). Chaque jour, on observe 2 pics d'activité quand le jour se lève (à l'allumage, 1 d'anticipation avant et 1 causal après) et 2 pics d'activité quand le jour se couche (à l'extinction de la lumière, également 1 avant et 1 après). Les phénomènes associés aux cycles lunaires, sans cesse décalés les uns par rapport aux autres, ne permettent pas d'individualiser les ondes, on n'observe en fait que le phénomène d'interférence conséquence de leurs interactions, au cours de leurs déphasages temporels changeants. En définissant une échelle sémiologique graphique (Bertin, 1973) de la qualité globale de chaque nuit de sommeil, compte tenu du nombre d'éveils nocturnes et de leurs positions temporelles, on observe, au moment du passage en ascendance-descendance et inversement du passage en descendance-ascendance, du cycle lunaire de changement de position de la lune sur l'horizon, des nuits de qualité soit meilleure soit moins bonne que la qualité la plus fréquente des nuits. **Tout se passe comme si une onde traverse l'individu**. Selon la distance temporelle (nombre de jours) entre 2 ondes successives (passage en apogée puis passage de descendance en ascendance par exemple) la figure d'interférence change.

7. Les aspects "bio-quantiques", corpusculaires et ondulatoires, obéissent-ils à des lois communes ?

Habituellement, lors de l'étude des phénomènes bio-physico-chimiques on prend en compte, pour représenter l'espace, comme échelle des longueurs le mètre (m), ce quelle que soit l'échelle de l'espace-temps-action, mais l'échelle représentative de la temporalité est rarement la seconde (s). En outre, si on prend toujours en compte l'aspect corpusculaire, matériel, avec la masse et l'énergie par exemple, on oublie très souvent l'aspect ondulatoire, temporel, et fonctionnel. Pour tout système vivant, **quel que soit le niveau d'organisation, quelle que soit l'échelle dimensionnelle, spatiale et temporelle**, la capacité de reproduction (se survivre), associée par définition à l'état adulte, n'est acquise qu'après une phase de croissance minimale d'une durée minimale qui caractérise par définition la phase juvénile ou larvaire. Si le **temps de génération t_g** (espacement temporel minimal entre 2 générations) est défini comme cette durée minimale nécessaire pour atteindre le **volume VA caractéristique de l'état adulte**, la représentation graphique, en coordonnées log-log, des valeurs correspondantes de VA et t_g , est une droite, de pente 3/2, caractéristique d'une loi puissance telle que, **empiriquement**, une corrélation apparaît entre croissance en masse (VA) et croissance éventuelle en nombre (t_g) : **$VA = k \cdot t_g^{3/2}$ ou $t_g = K \cdot VA^{2/3}$** .

Il faut d'abord survivre et accumuler suffisamment de matière et d'énergie pour éventuellement, ultérieurement, pouvoir éventuellement se survivre. La phase de survie, en terme de **mobilisation de la matière et de l'énergie**, est souvent caractérisée par une loi puissance d'exposant 3/4 (et non 3/2) **entre le métabolisme et la masse**. Celle de la phase de reproduction, entre croissance en nombre et croissance en masse, est donc d'exposant inférieur, 2/3, ce qui est la conséquence du fait que **la reproduction a un coût** qui est "payé" par prélèvement sur la croissance. La masse (qui dépend du volume) d'un animal, quelle que soit l'espèce considérée, détermine la densité de sa population locale, elle est inversement proportionnelle à la masse individuelle, chez les végétaux aussi. Les processus métaboliques et les flux de matière et d'énergie au niveau cellulaire obéissent à des lois puissance d'exposants compris entre 3/4 et 3/2 (ou 4/3 et 2/3).

Sur 62 dimensions de temps (en s) et 62x62x62 dimensions d'espace (en m³), **$VA = k \cdot t_g^{3/2}$ ou $t_g = K \cdot VA^{2/3}$** , est valide globalement, pour tout l'Univers, et aussi localement, si on considère toute PARTIE de notre Univers (système de systèmes de systèmes). C'est donc **une loi invariante d'échelle, caractéristique d'un espace-temps-action fractal**. Qui plus est, si les valeurs en coordonnées log-log du TOUT (l'Univers) sont à nouveau représentées en coordonnées log(log)-log(log), la même relation apparaît. Tout se passe donc comme si notre Univers est un sous-système (vivant) d'un système vivant de niveau adjacent supérieur (un hyper-Univers) qui obéit à cette même loi, qui permettrait **le maintien en adéquation de la capacité d'être accueilli avec la capacité d'accueil**.

Les systèmes vivants sont à la fois onde-et-corpuscule.

8. Revient-il au même de considérer l'aspect corpusculaire (matériel) ou l'aspect ondulatoire (temporel) ?

En considérant VA on s'intéresse à l'aspect corpusculaire, en considérant t_g on s'intéresse à l'aspect ondulatoire. **Connaissant l'un on connaît l'autre, quelle que soit l'échelle dimensionnelle**. Notre Univers est un système vivant au sein duquel (globalement), et à tous les niveaux d'organisation (localement), les flux globaux d'échange, de transfert de matière et d'énergie, sont **"optimisés" à vitesse (moyenne) constante aux interfaces d'échange**. Pour maintenir cet équilibre, les réactions enzymatiques sont réversibles. Elles sont contingentes au pH, à la température, et aux concentrations moléculaires.

Il est remarquable de constater que l'exposant 3/2 est aussi celui qui régit **le mouvement Brownien 3D** dans un espace-temps-action quadri-dimensionnel. Et, pour de nombreux phénomènes physiques, biologiques ou sociologiques on retrouve cet exposant 3/2 (ou 2/3 suivant le référentiel adopté).

9. Le tissage ondulatoire et corpusculaire de l'espace-temps-action.

Tout système vivant (TOUT formé de systèmes de niveaux inférieurs) inclus **les cycles temporels qui le structurent et qu'il structure** et est **inclus dans les cycles temporels des systèmes dans lesquels il est contenu** comme sous-système (PARTIE d'au moins un système de niveau supérieur adjacent).

Tout endophysiotope de niveau i est un écoexotope de survie d'endophysiotoques pré-existants de niveaux i-1 à i-j. La juxtaposition et l'emboîtement des cycles temporels, concomitants à la juxtaposition et l'emboîtement des espaces, permettent des sauts d'échelle dans l'espace-temps-action.

Tout nouveau système de systèmes est un hyper-espace et un hyper-temps dont les structures spatiales fractales et les cycles temporels observables dépendent à la fois de sa durée de survie et de son temps de génération. Nous ne percevons pas l'espace indépendamment du temps. La forme de l'espace-temps-action dépend de sa masse, de sa densité et des flux entrant, sortant et traversant.

Tout système vivant est parcouru d'ondes de matière. Toute onde est portée par un support matériel.

La matière et l'onde sont à la fois support et guide, l'un et l'autre, l'un pour l'autre et l'un par l'autre.

10. L'intrication spatiale et temporelle des systèmes vivants.

Les processus de contrôle ago-antagoniste.

On représente habituellement les variations des concentrations hormonales, produites par et agissant sur des organes ou des cellules (niveau i) en interaction au sein d'un organisme (niveau i+1), par leur suivi temporel. On peut expurger la composante temporelle pour ne s'attacher qu'à l'interaction fonctionnelle. Elle met en évidence un calendrier, une horloge (Reiter, 1993), une organisation temporelle (Winfree, 1994), cyclique, répétitive, une onde au sein de l'espace-temps-action. Habituellement pour mettre en évidence ce type de co-relation on ne s'intéresse qu'à l'aspect linéaire (dit du premier degré), l'aspect statistique le plus simple à formaliser et à utiliser. Mais il est tout à fait possible d'avoir un aussi bon ajustement en prenant en compte le second degré, la fraction non-linéaire, qui souvent n'est pas négligeable ! La connaissance de ces interactions cycliques fonctionnelles, décrites par des coniques (Bricage, 2013, 2017), est bien établie pour la régulation ago-antagoniste (plus ou moins circadienne) de la glycémie et pour le cycle sexuel menstruel (circamensuel) féminin, dans lequel chaque jour est unique "hormonalement parlant" et se répète identiquement à chaque cycle, 1 fois par cycle. **Connaissant l'un des aspects hormonaux on connaît immédiatement l'autre quelles que soient les distances spatiale ou temporelle au sein de l'organisme.** Et deux mesures consécutives donnent le sens de l'axe temporel. C'est la même constatation pour une pathologie comme l'asthme. Si on passe de la représentation temporelle linéaire à la représentation des interactions on révèle l'existence d'un calendrier interne (Bricage, 2012, 2017), d'une onde circadienne (Bricage, 1986), qui traverse l'individu et qui se répète chaque jour, de jour en jour. Un même acteur (ici l'histamine, dans le cas de l'asthme) peut lier des interactions opposées avec des acteurs différents (cycle "lévogyre" avec l'adrénaline, cycle dextrogyre avec le cortisol) au cours d'un même cycle circadien.

Référence en ligne : Bricage P. (2022) *Systèmes vivants : champs de contrainte et d'interaction, référentiels d'espace-temps-action, lois d'équivalence masse-énergie.*, 14 p., *Systémique Quantique*, Journées AFSCET, Andé, licence C.C., <http://afscet.asso.fr/Ande22/pbBioQuantique2022.pdf>

Références

ARMSADA <http://armsada.eu> <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00352578/>

Bertin J. (1973) *Sémiologie Graphique. Les Diagrammes - Les Réseaux - Les Cartes*. Mouton, Paris, La Haye & Gauthier-Villars, Paris, France, 431 p.

Bricage P. (1986) *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. In *Molecular & Physiological Aspects of Plant Peroxidases*, Presses Univ. Genève, Suisse.

Bricage P. (1991) **Les caractéristiques des organismes vivants. Survivre et se survivre.** 44 p. (1ère édition), APIDS (Année Préparatoire à l'Insertion dans les DEUG Scientifiques), Presses Fac. Sciences, Univ. de Pau, France.

Bricage P. (1993) *Are the lunar, radiative and position cycles responsible for the entrainment of the periodic awakenings of the Man night sleep?* pp. 183-190. In Biological Rhythms: from Cell to Man., Polytechnica, Paris, France.

Bricage P. (1994) **Les caractéristiques des organismes vivants. Le paradigme d'invariance de jauge.** 44 p. (2ème édition), IUFM Académie de Bordeaux, PE1 Pau, Presses Fac. Sciences, Univ. de Pau.

Bricage P. (1995) **Qu'est-ce qu'un être vivant ? Les caractéristiques des organismes vivants. Notions de base et définitions.** 44 p. (3ème édition), Licence & Maîtrise Sciences Sanitaires et Sociales, Presses Fac. des Sciences, Univ. de Pau.

Bricage P. (1997) Influence de la lune sur les rythmes biologiques ? Bull. Soc. Astronomie Pyr. Occident., 116: 71-77.

Bricage P. (19 octobre 1998) **La survie des systèmes vivants.**, 2 p., Atelier MCX20 "Prendre soin de l'homme", Centre Hospitalier Général de Pau, France,

Bricage P. (1999) Variabilité individuelle de la périodicité des crises migraineuses et des circonstances les favorisant (études longitudinales). Bull. G.E.R.B. 31: 3-4.

Bricage P. (4 février 2000) **La Survie des Organismes Vivants.**, 44 p., Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Fac. de Médecine des Saints Pères, Paris, France, <http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>

Bricage P. (1 décembre 2001) **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.** 11 p. Les caractéristiques du vivant biologique et sociétal. Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Institut International d'Administration Publique, Paris, <http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>

Bricage P. (2002) The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems. Res. Systemica 2: 1-6.

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

Bricage P. (5 juin 2004) **La gouvernance du vivant : les acteurs et les systèmes.** Gouvernance individuelle et collective. Journées AFSCET, Andé, 26 p. <https://www.afscet.asso.fr/Ande04/pbAnde04GV.pdf>

Bricage P. (2005) Modelling of time modularity of living systems: time delay, time duration, time lag and rhythms. Res. Systemica 5: 11 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage2.pdf>

Bricage P. (2008) Cancer is a breaking of the cell's Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages through an aggression that results in a lack of non-autonomy, Res. Systemica 6: 1-22., Workshop: "Autonomie humaine et Systémique", 7th European Systems Science Congress, Lisboa, Portugal, with figures & complementary data <http://www.armsada.eu/files/pbEvolution.pdf> & <http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricage1.pdf> <http://www.res-systemica.org/afscet/resSystemica/Lisboa08/bricage2.pdf>

Bricage P. (13 novembre 2009) *L'évolution "créatrice": métamorphoses et "phylotagmotaphologie" du vivant. L'évolution du Vivant a une direction. Comment est-elle orientée ?*, 109 p., Colloque Teilhard, 150 ans après Darwin, 70 ans après Teilhard: Lire l'évolution. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/fr> & <http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylotagmotaphologie.pdf> Paris, France.

Bricage P. (2010) *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".*, Vers une nouvelle systémique. Journées annuelles AFSCET, Andé, France, 34 p., <http://www.afscet.asso.fr/Ande10/pbETA Vivant10.pdf>

Bricage P. (June 30th, 2011) *Balancing Emergence and Variation, Between Union and Breaking, The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages -ARMSADA- are the keystones of the Life's Running (text & slides). Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés "acteurs clés de voûte" de l'évolution créatrice du vivant "vivant"* (texte et présentation). Systems, Evolution Workshop, UES-EUS Systemics Approach of Diversity, Brussels, Belgique, Acta Europeana Systemica 1: 19p. & 18 p.

Bricage P. (2012) Time Management by Living Systems: Time Modularity, Rhythms and Conics Running Calendars. Methodology, Theory and Applications. Systems Research and Behavioral Science, 30: 677–692.

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

<http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf>

Bricage P. (2014) Local versus global and individual versus whole competition between and within living systems. ARMSADA emergence and breaking. Acta Europeana Systemica 4(2): 1-15

Bricage P. (2017) **Modelling Space-Time-Action Modularity and Evolution of Living Systems**. In Advances in Complex Societal, Environmental and Engineered Systems. Mohamed Nemiche & Mohammad Essaïdi, Springer, Berlin, Germany, pp. 269-297.

Collion S. (2019) Voyage dans les mathématiques de l'espace-temps. "Une introduction à", edp sciences, Les Ulis, France, 200 p.

Olivero C. (2019) Comprendre la physique quantique. Dossiers Science, ESI, Paris, France, 113 p.

Reiter R.J. (1993) The melatonin rhythm: **both a clock and a calendar**. Experientia 49: 654-664.

Wakker B. & Richter Ph. (2004) Une galaxie bien vivante. Pour La Science 316: 26-32.

Winfrey A. (1994) Les horloges de la vie. Les mathématiques des rythmes biologiques. Pour La Science, Belin Éditions, Paris, 187 p.

citation

Bricage P. (2022) *Living systems of systems: field of constraint, interaction field, space-time-action frames, mass-energy equivalency power laws.*, 14 p., Systémique Quantique, Journées AFSCET, Andé, C.C. licence, <http://afscet.asso.fr/Ande22/pbBioQuantique2022.pdf>

Bricage P. (2022) *Systèmes vivants : champs de contrainte et d'interaction, référentiels d'espace-temps-action, lois d'équivalence masse-énergie.*, 14 p., Systémique Quantique, Journées AFSCET, Andé, licence C.C., <http://afscet.asso.fr/Ande22/pbBioQuantique2022.pdf>