

L'organisation spatio-temporelle des systèmes vivants : atemporalité, temporalité et intemporalité.

Pierre BRICAGE

pierre.bricage@univ-pau.fr

Faculté des Sciences et Techniques, Université de Pau et des Pays de l'Adour UPPA, Pau, France

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

Vice-Président Association Française de Science des Systèmes AFSCET, Paris, France

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

Directorate World Organisation of Systems and Cybernetics WOSC, London, UK

<http://www.wosc.co>

Secretary General International Academy for Systems and Cybernetic Sciences IASCYS, Vienna, Austria

<http://iascys.org>

Association ALBA, association PELLEAS, 9 route de Saint Armou, 64450 Lasclaveries, France, Europe

<http://armsada.eu>

Bricage P. (2015) L'organisation spatiotemporelle des systèmes vivants: atemporalité, temporalité et intemporalité. Temps et Systèmes, Journées annuelles AFSCET, Andé, 25 p., CC-license, <http://www.afscet.asso.fr/Ande15/pbTimesAnde2015.pdf>



résumé en ligne (24 mars 2015)

Tout **système vivant** est caractérisé par son **invariance de jauge** (les 7 caractéristiques **mutuellement nécessaires et suffisantes** définissant tout **niveau d'organisation** [1]). Tout système vivant est formé par **emboîtements et juxtapositions** de sous-systèmes pré-existants [2] : l'**endophysiotope** (tope : espace-temps, endo : interne, physio : de fonctionnement) d'un système de niveau d'organisation **i** est l'**écoexotope** de survie (tope : espace-temps, exo : externe, éco : d'habitation) d'endophysiotopes de **sous-systèmes** de niveaux d'organisation **i-1** (**tableau de la classification périodique du vivant** [3]).

La **croissance en masse** et la **mobilisation de la matière et de l'énergie** des systèmes vivants sont des phénomènes **a-temporels**. C'est la masse qui crée la durée ! Le temps n'est pas un descripteur nécessaire. C'est une **atemporalité à seuil**. Indépendamment du temps, la mobilisation de la matière et de l'énergie et la croissance en masse sont **à la fois causes et effets** (**loi systémique constructale** [4]). C'est parce qu'il existe une **semi-autonomie** des acteurs et des inter-actions "un espace pour chacun et chacun dans son espace", que, par emboîtements et juxtapositions, "Le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties." [5].

C'est par leur fonctionnement que les systèmes vivants créent une **temporalité**, un calendrier, des cycles de fonctionnement [6]. Dans les espaces emboîtés et juxtaposés du vivant, les **temps internes, émergents**, sont de même **emboîtés et juxtaposés** : "un temps pour chacun et chacun dans son temps". Les **réactions aux stimulations** et **l'organisation** spatiale co-construisent une organisation temporelle, des "trajectoires temporelles" (**horloges et calendriers**) avec une unidirectionnalité cyclique, quel que soit le niveau d'organisation **i** ("ellipse de régulation" de la glycémie [6], "analemmes de structuration" du sommeil [7]).

Tout niveau d'organisation est un écosystème [8], un Tout, dont la **limitation** de la **capacité d'être accueilli** de l'endophysiotope lui permet d'être intégré, de *ne faire qu'un* (capacité d'**intégration**) avec l'écoexotope unique qui lui fournit une **capacité d'accueil limitée**, quelle que soit la capacité de **mouvement** du système.

C'est cette **modularité** temporelle du vivant, par emboîtements, juxtaposition et répétition (itération), qui est à l'origine de son **in-temporalité**, de son **invariance temporelle fractale**. "L'ontogénie récapitule la phylogénie" car au cours des cycles de **reproduction**, le système est contraint de respecter la mémoire des cycles passés : l'**allométrie** structurale et fonctionnelle obéit à des **lois de puissance** indépendantes du temps [9].

mots clés : "Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés" (ARMSADA), biodiversité, **calendrier**, capacité d'accueil, capacité d'être accueilli, contingence, dangers contenus, degrés de liberté, écoexotope, émergence, endophysiotope, ergodicité, finitude, **flèche du temps**, flux, fortuité, fractalité, **horloges**, intégration, introgression, **masse**, modélisation, modularité, mouvement brownien, phylotagmotaphologie, rétrogression, supragression, tout et parties, violence

abstract

Time does not exist..., only clocks and calendars exist !

No living system can be defined as an independent closed space! Its spatial and functional **modularity** is evidenced by “opened” **interactions at different scales** (fig. 10) [6, 9, 10]. The system, as a **Whole**, is built as a result of past interactive responses between the actors of its **endophysiotope** of functioning (ENDO) and the actors of its **ecoexotope** of survival (EXO) (fig. 3) [5, 11], and same constraints give rise to same closures (convergence). Modelling has to take into account the concept of **emergence by compartmentation, through embedment and juxtaposition of previous systems** (the local “parceners”, that are adjacent sub-systems) into a new one (the global system: **the Whole**) a system-of-systems which is a part into a higher system [2, 3, 11] !

“There is a time for each event whatever it is ! And each event is located into its space-time place” [6]. **“The Whole is always both more and less than the combination of its Parts”** [1, 2, 3]. And, through interactions between times and spaces, **“The time arrows structure the space functionalities of living systems. And reciprocally the systems compartments structure back the arrows of their times”** [12]. The emergence of a new blueprint runs through the **percolating juxtaposition and embedment** of previous systems [2, 13]. The new Whole emerge **through the simultaneous metamorphoses of the Parts into their Whole**. The transition from one level of organisation to a superior one results from the building of a new spatiotemporal network. Each subsystem maintains its space-time identity (half-autonomy) into the Whole with which, and within which, it is a partner [11, 14, 15, 16], a parcener ! The partial autonomy of each partner is allowed through the maintenance of individual or collective spatial and temporal boundaries. In this new orderly spaced-timed system, each partner owns a special place, both through the time and into the space. The new Whole always **emerges through the merging** into an Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages -**ARMSADA**- (<http://armsada.eu>). That allows, in a no-change EXO, simultaneously the maintenance of a requisite variety of partners and the unity of the Whole. When the ENDO or EXO are changing, that is the only way to set a new networking mode (percolation process) of organisation and integration [13, 17]. These associations emerge through the interactive fitness, between **“the capacity to welcome”** of the EXO and **“the capacity to be welcome”** of the ENDO, of each parcener, and for each ones and their Whole (fig. 3).

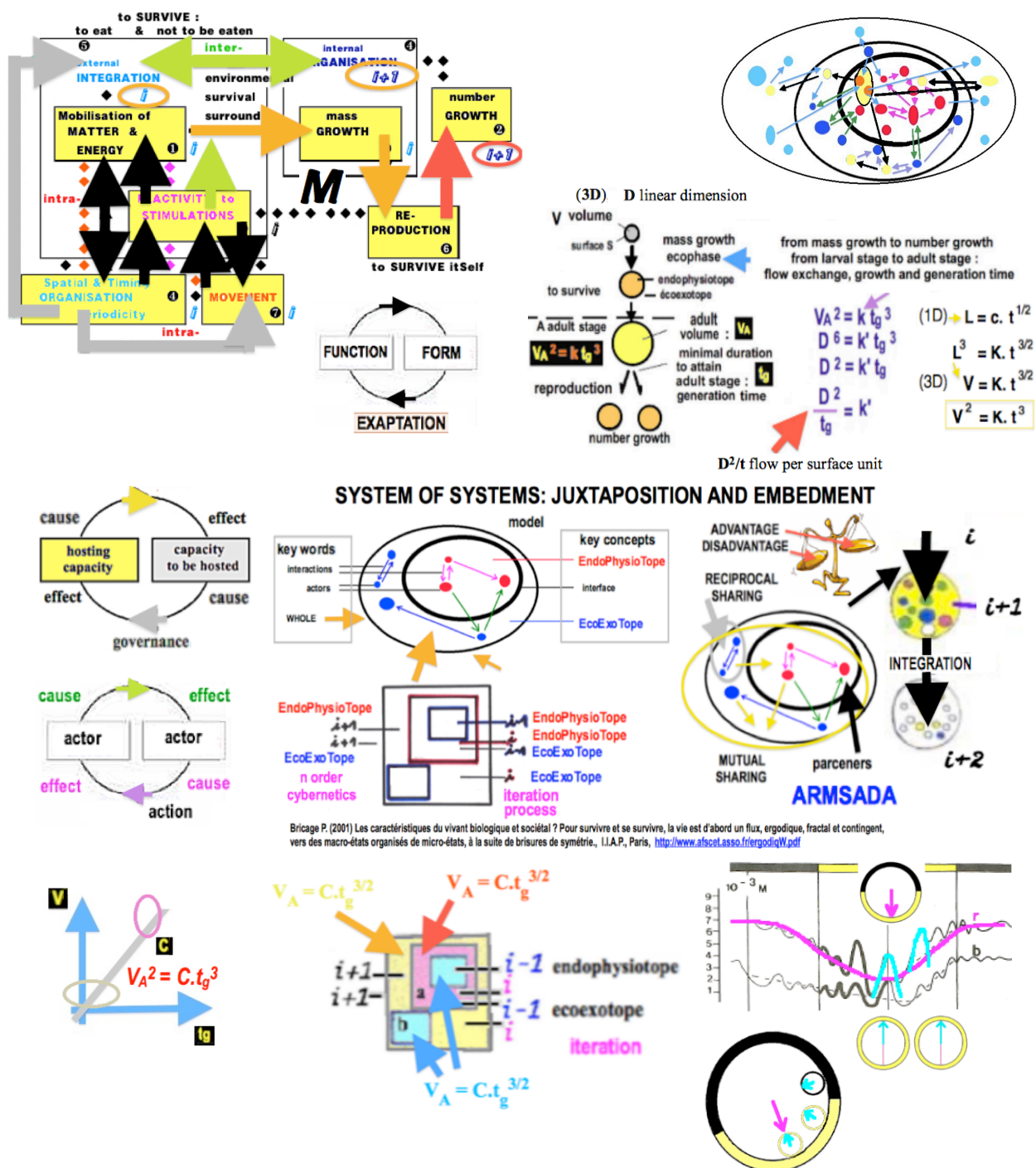
We propose a set of principles (fig. 1, 3, 10) based on the observation that all life forms are sustained by hierarchical juxtaposed and embedded networks (fig. 3, 4): **ecoexotope and endophysiotope**, with invariant properties: **gauge invariance of Life** (fig. 1). Life is the most complex physical based phenomenon in the Universe, with a diversity of forms and functions over 62 orders of magnitude, from the Planck quantum level up to the whole Universe, and more..., that obeys **the ARMSADA paradigm** [15, 17, 18]. Many of the most fundamental phenomena scale with size according to power-laws [9, 19]. In a surprisingly simple fashion, times (measured by the adult age of first reproduction: the time of generation t_g) and sizes (measured by the volume at the growth phase ending: the adult 3D dimension V_A) scale with **a power-law of exponent 3/2** (fig. 10). The universality and simplicity of this fractal relationship [2, 3, 9, 13, 16] suggests that **a very fundamental universal principle of exchange of matter and energy, the Brownian motion** (fig. 11), underlies the organization of all living systems (fig. 10): **the Life's periodic Table of organization** [12, 20, 21]! **Times are juxtaposed and embedded as spaces are** (fig. 7). Mass accumulation (fig. 2, 4) and moving are determining durations (fig. 9) and dimensions (fig. 8). **Oriented times are emerging, as calendars and clocks, from interactions** between endophysiotope(s) and ecoexotope(s), and from interactions between adjacent levels of organization (fig. 12).

Key words: **agoantagonism**, **ARMSADA**, adaptation, biodiversity, Brownian motion, **“capacity to be hosted”**, constrained dangers, contingency, decision making, ecoexotope, encasement, endophysiotope, ergodicity, evolutionary dynamics, exaptation, exchange flow, fractal, gauge invariance, **“hosting capacity”**, interface, iteration, juxtaposition, logistic growth, **mass**, modularity, network, phylotagmotaphology, power-law, **“systemic constructal law”**, **time**.

[Please, to mention this paper, use the following reference:

Bricage P. (2015) **L'organisation spatiotemporelle des systèmes vivants: atemporalité, temporalité et intemporalité**. Temps et Systèmes, Journées annuelles AFSCET, Andé, 25 p., CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/Ande15/pbTimesAnde2015.pdf>]





**Fig. 12. System of systems: space-time-action fractal structuration through juxtaposition-encasements.
Times are juxtaposed and embedded as spaces are.**

top -left: <u>the gauge invariance of living systems</u>	-middle: <u>growth/reproduction phases</u>	-right: <u>interaction is construction, construction is interaction</u>
<u>systemic constructal law</u> of exaptation		<u>optimal flow functioning</u> and <u>brownian motion</u> (fig. 11)
middle -left: <u>the systemic constructal law:</u>	<u>what a system-of-systems is</u>	-right: ARMSADA <u>Associations for the Reciprocal and</u>
<u>ecoxotopo and endophysiotope</u>	(fig. 3, 7, 10a)	<u>Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages</u>
<u>cause-effect circularity</u>	space fractal structuration	<u>http://armsada.eu</u>
down -left: <u>+3/2 power-law of structuration</u>		-right: time fractal structuration (fig. 7, 10c, 11)
(Bricage's law)		

Adapted from Bricage [1, 6, 19, 21, 22, 23], (Free Share-Alike Creative Commons License)

PLAN

résumé et mots clés	p. 1
abstract and key words	p. 2
Fig. 12. <i>Times are juxtaposed and embedded as spaces are.</i>	p. 3
introduction <u>Modularité fonctionnelle : l'invariance de jauge du vivant.</u>	p. 5
1. L' a-temporalité à seuils des systèmes vivants.	pp. 6-9
1.1. Croissance en masse : <u>la masse crée la durée...</u> <i>Qu'importe le temps pourvu que...</i>	
1.2. Mobilisation de la matière et de l'énergie : croissance en masse (loi de Kleiber).	
1.3. Mobilisation de la matière et de l'énergie : <u>écoexotopie et endophysiotope.</u>	
<i>La semi-autonomie : "un espace pour chacun et chacun dans son espace"</i>	
<i>Les espaces-temps du vivant : "un temps pour chacun et chacun dans son temps"</i>	
<i>"Le Tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties."</i>	
2. La temporalité : les cycles de fonctionnement des systèmes vivants.	pp. 10-14
2.1. Réactions aux stimulations (loi de Weber-Fechner).	
2.2. Les trajectoires temporelles : <u>horloges et calendriers.</u>	p. 10
2.3. L'unidirectionnalité cyclique du vivant.	
2.3.1. Le calendrier glycémique.	
2.3.2. Une cellule ou un lichen sont des écosystèmes.	
2.3.3. Tout niveau d'organisation est ordonné dans l'espace et le temps.	p. 12
3. L' intemporalité du vivant.	pp. 14-21
3.1. <u>système contraint</u> à la mémoire des cycles passés : l'ontogénie récapitule la phylogénie.	
3.2. <u>modularité temporelle</u> : emboîtements, juxtaposition, répétitions et lois d'échelle.	p. 16
3.3. espace-temps-action : <i>l'espace crée le temps, le temps crée l'espace.</i>	pp. 16-18
3.4. <u>limites et limitations</u> : la décision temporelle.	p. 19
3.5. limites et limitations : les flux de masse.	p. 20
conclusions	pp. 21-23
intégration : l'invariance fractale universelle	
bibliographie	pp. 23-25

FIGURES

Fig. 1. L'invariance de jauge des systèmes vivants (diagramme systémique de Bricage).	p. 5
Fig. 2. <i>L'accumulation de la masse crée la durée.</i>	p. 7
Fig. 3. L'intégration : capacité d'accueil de l'écoexotopie/ capacité d'être accueilli de l'endophysiotope	p. 8
Fig. 4. <i>"interaction is construction, construction is interaction"</i> (Bricage's systemic diagram).	p. 9
Fig. 5. Cycles temporels : <u>émergence par entraînement par l'écoexotopie.</u>	p. 11
Fig. 6. Cycles temporels : <u>émergence par interactions entre niveaux d'organisation adjacents</u>	p. 11
Fig. 7. Cycles temporels : <u>émergence par emboîtements et juxtapositions</u>	p. 13
Fig. 8. Loi de gouvernance de la croissance : croissance en masse/croissance en nombre	p. 15
Fig. 9. Le temps est invariant de jauge comme l'espace et l'action.	p. 15
Fig. 10. <u>L'invariance fractale des systèmes vivants</u> : tableau de la classification périodique du vivant	pp. 18-19
Fig. 11. <u>Optimisation parcimonieuse des flux</u> d'échanges de matière et d'énergie.	p. 21

référence pour citer ce travail :

Bricage P. (2015) L'organisation spatiotemporelle des systèmes vivants: atemporalité, temporalité et intemporalité. Temps et Systèmes, Journées annuelles AFSCET, Andé, 25 p., CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/Ande15/pbTimesAnde2015.pdf>

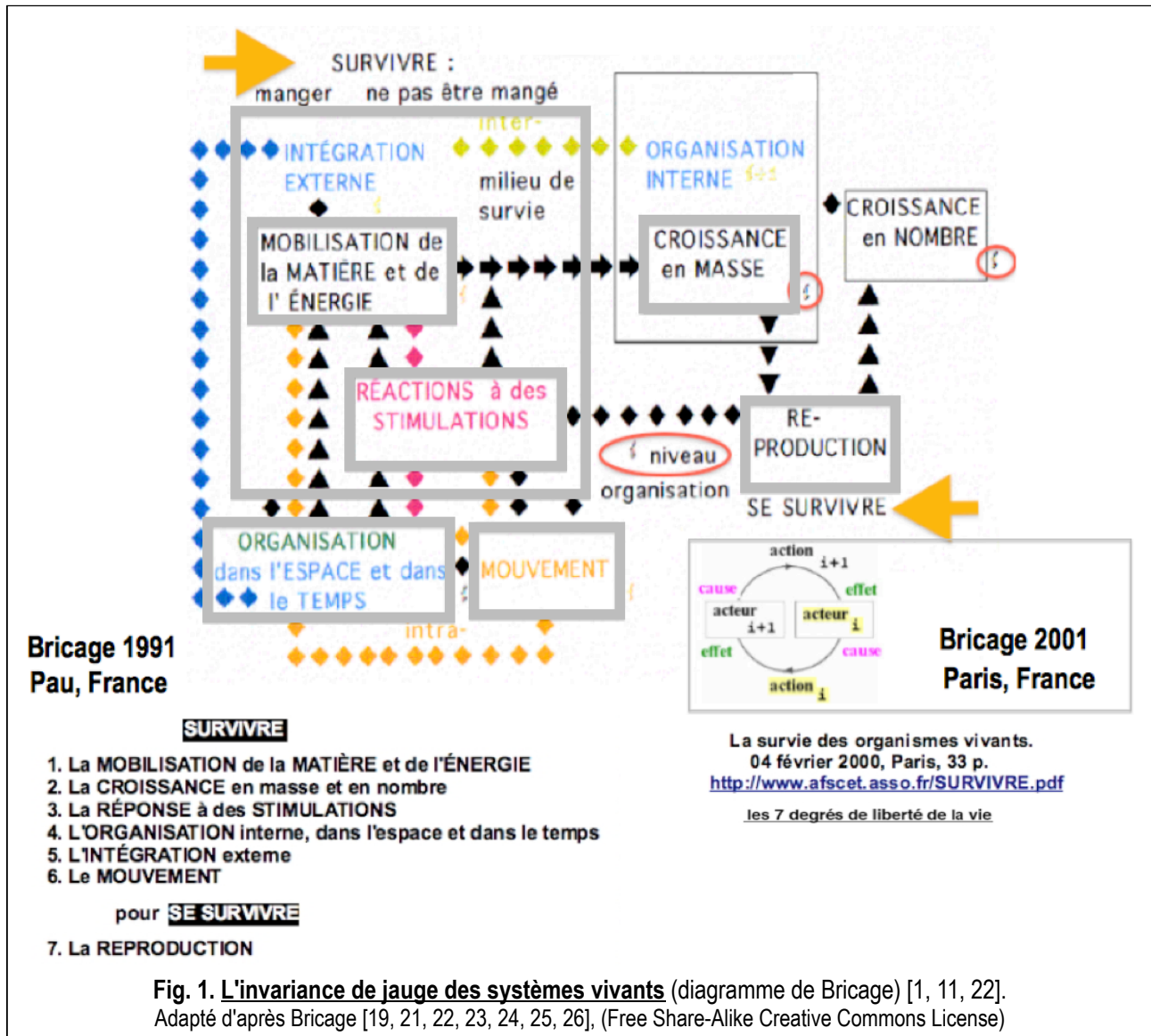


INTRODUCTION

Modularité fonctionnelle : l'invariance de jauge du vivant.

Tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation, pour survivre [1] et se survivre [2, 13], exprime, tôt ou tard, **7 capacités mutuellement nécessaires et suffisantes** [11].

C'est l'invariance de jauge des systèmes vivants (fig. 1).



Survivre c'est d'abord manger, pour disposer de flux de matière et d'énergie pour mettre en place une organisation, dans l'espace et le temps : l'endophysiotope, espace-temps-action interne de fonctionnement. Survivre c'est aussi ne pas être mangé... Grâce à ses capacités de réactions à des stimulations et de mouvement, l'endophysiotope met en place une capacité d'être accueilli qui lui permet d'utiliser la capacité d'accueil de son espace-temps-action externe de survie, l'écoexotope, pour manger et ne pas être mangé [1, 13]. Tout endophysiotope est inséparable d'un écoexotope de survie, avec lequel il ne fait qu'un, c'est l'intégration. Survivre ne dure qu'un temps. Le temps de vie est limité, tôt ou tard il est impossible de ne pas être mangé. S'il en dispose en excès pour sa survie, tout système vivant met en place un processus d'accumulation de matière et d'énergie, la croissance en masse.

La croissance en masse (fig. 2) est le préalable à la reproduction, et à la croissance en nombre.

La croissance, en masse ou en nombre, est le préalable au développement [10, 20].

Toutes les capacités (fig. 1) ont un coût en matière et en énergie qui est payé par la croissance.

1. L'a-temporalité à seuil des systèmes vivants. La matière et l'énergie créent l'espace-temps-action.

Pour étudier la croissance¹ d'un organisme vivant on représente habituellement le changement de son poids, de sa masse, au cours du temps. Avec les archives fossiles il est même possible de représenter la croissance d'organismes disparus, à condition d'avoir un nombre suffisant d'observations pour une même espèce. C'est le cas pour les dinosauriens comme *Albertosaurus*, *Daspletosaurus*, *Gorgosaurus* et *Tyrannosaurus*. Leurs courbes de croissance sont des **sigmoïdes** qui diffèrent par le **temps d'atteinte du plateau** de fin de croissance.

Tôt ou tard l'organisme atteint une **masse maximale**, sa croissance s'arrête.

Les phénomènes passés se sont déroulés de la même façon que se déroulent les phénomènes actuels.

1.1. Croissance en masse : la masse crée la durée. Qu'importe le temps pourvu que...

La croissance en masse résulte de l'accumulation de flux de matière et d'énergie (fig. 2).

Dire qu'au bout d'un certain temps, d'un certain âge, la croissance s'arrête c'est préjuger que la durée, le temps, est la cause [x] et la croissance le résultat [$y=f(x)$], l'effet (fig. 2a). Alors que c'est tout le contraire, c'est la croissance [X] **qui régule** [$Y=F(X)$] la mobilisation de la matière et de l'énergie [Y] qui permet la croissance. C'est cette **boucle de rétro-action** qui détermine la durée [t_c] de la phase de croissance (fig. 2b). De fait, la durée, le temps, est le résultat [y] et la mobilisation de la matière et de l'énergie, à l'origine de l'accumulation de la masse [M], la cause [x].

Le temps n'est pas un paramètre premier.

Le paramètre premier c'est la quantité disponible de matière (et d'énergie) qui caractérise **la capacité d'accueil de l'écoexotopie de survie**. L'utilisation de cette capacité d'accueil, **la mobilisation de flux de matière et d'énergie**, permet **la croissance en masse**. La croissance résulte de l'interaction entre **la capacité d'être accueilli de l'endophysiotopie** de l'organisme, qui est plus ou moins apte à cette mobilisation, et la capacité d'être accueilli (de l'écoexotopie) (fig. 2, 3).

Qu'importe le temps pourvu que l'organisme dispose de suffisamment de masse et d'énergie.

Qu'importe le temps pourvu que l'organisme survive un temps suffisant pour accumuler de la masse.

C'est l'accumulation de masse qui crée la durée, qui détermine la durée de la phase de croissance !

1.2. Mobilisation de la matière et de l'énergie : croissance en masse (loi de Kleiber).

L'**activité métabolique** [ME] d'un organisme vivant, la façon dont il utilise la matière et l'énergie (fig. 4), quel que soit son niveau d'organisation, et son type métabolique, est une loi de puissance, d'exposant **2/3** (-loi de Kleiber corrigée-, [9, 10]) ou d'exposant **3/4** (loi de Kleiber initiale) de sa **masse** [M].

La **vitesse** des réactions métaboliques [V], quel que soit le niveau d'organisation d'un système vivant (organisme du niveau multi-cellulaire, organisation macro-moléculaire), quel que soit l'activité métabolique étudiée (réduction ou oxydation), obéit à une loi de puissance de la masse de l'organisme, d'exposant proche de 1. **Tout se passe comme si** la quantité de substrat disponible [$S=M$], représentative de la **capacité d'accueil**, et la quantité de produit formé [$P=kV$], représentative de la **capacité d'être accueilli**, obéissait à une loi du type² $SP=K$.

Le temps n'est pas un paramètre premier. **Le paramètre premier c'est la masse** (fig. 2b, 4).

Le système (fig. 3a) est **a-temporel**.

1.3. Mobilisation de la matière et de l'énergie: écoexotopie et endophysiotopie.

Quel que soit le mode de représentation (représentation de Michaelis-Menten, de Eadie-Hofstee, ou de Lineweaver et Burke), **quelle que soit l'activité enzymatique considérée**, toutes les équations représentatives du fonctionnement métabolique enzymatique, quel qu'il soit (allostérique ou non, avec effecteur inhibiteur ou activateur), s'expriment avec comme paramètre premier, **comme cause, la masse**.

Une concentration est une **densité** de masse par unité de volume.

Toute variation d'une masse est une fonction non-linéaire des masses disponibles. (fig. 4)

Quel que soit le niveau d'organisation considéré (fig. 3a), les systèmes vivants sont des **systèmes à seuil**. L'acquisition d'un état minimal de croissance est un préalable au développement, c'est-à-dire au changement d'espace-temps-action. **C'est la masse qui crée l'espace-temps-action, de façon intemporelle.**

1 Par définition **la croissance est un phénomène quantitatif**, caractérisé par une accumulation (fig. 2, 10).

Par définition, **le développement est un phénomène qualitatif**, caractérisé par une suite, discontinue, de changements d'état.

2 Une loi de puissance d'exposant 1 est une **hyperbole** $XY=K$. [6]

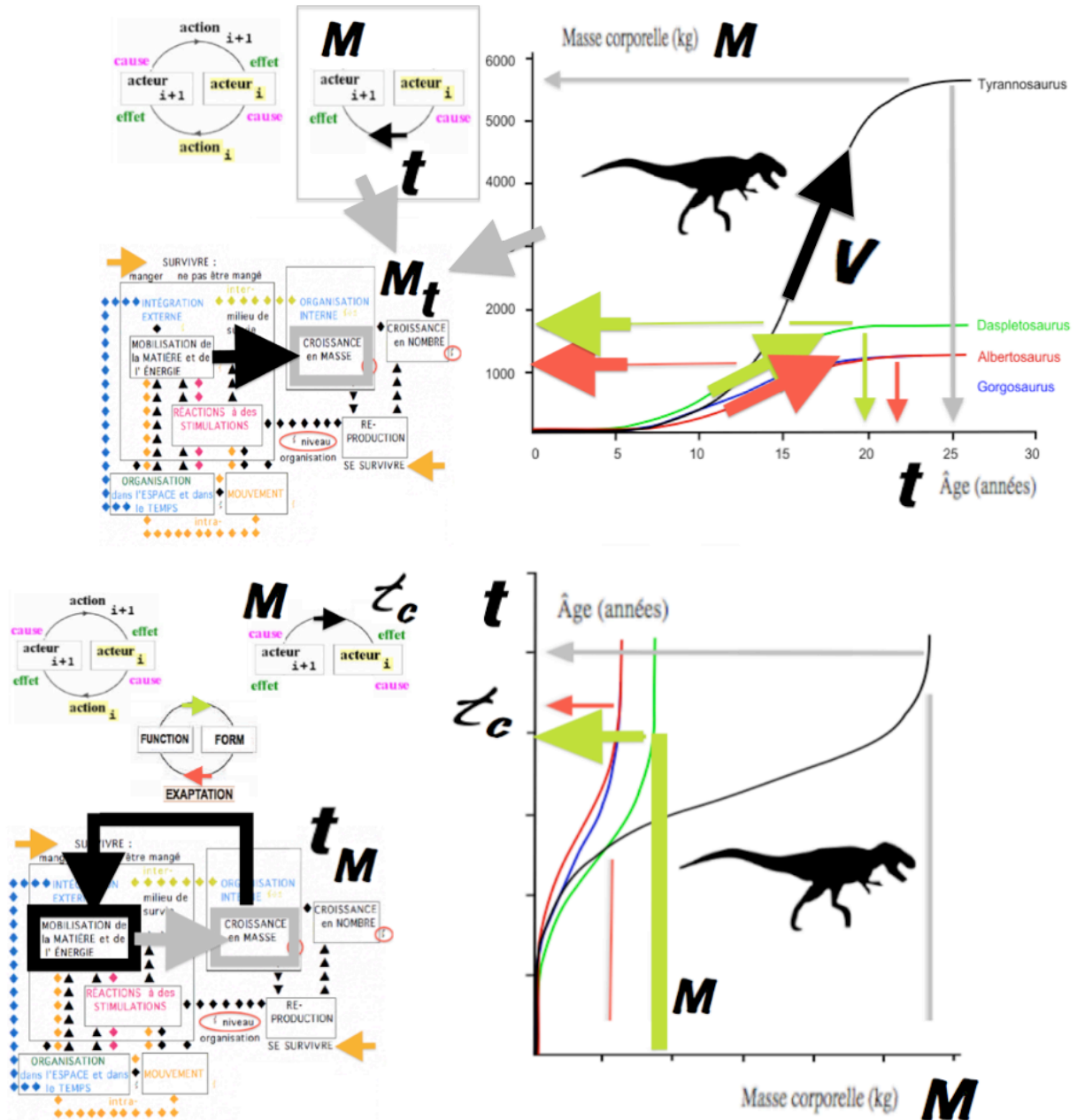
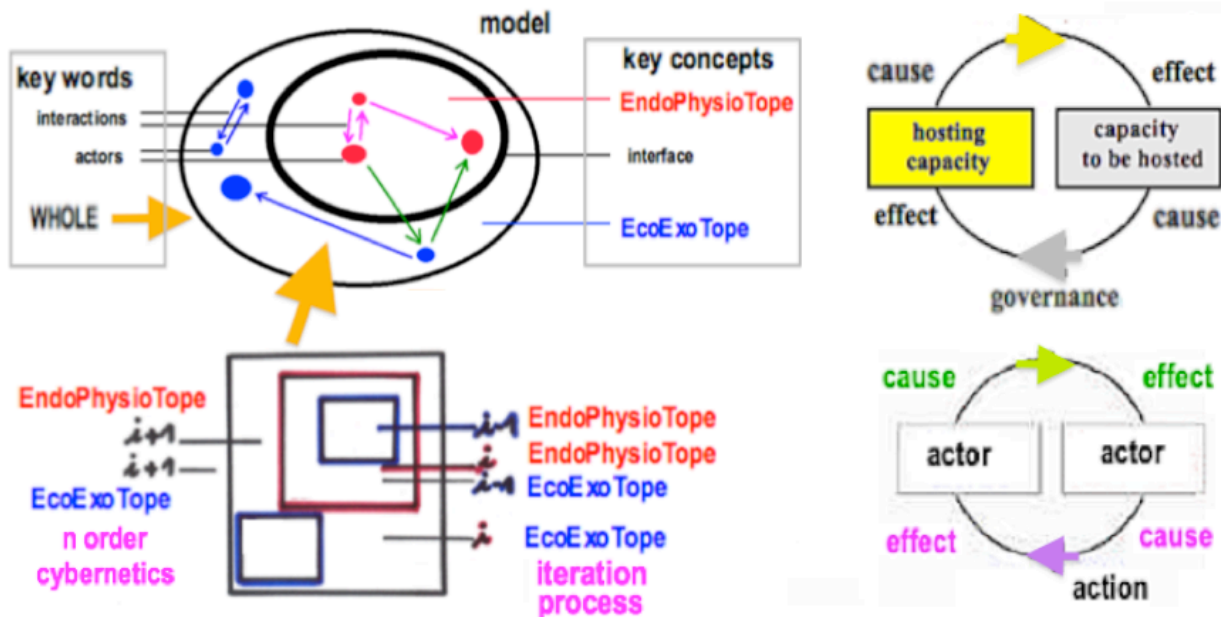


Fig. 2. L'accumulation de la masse contrôle la durée de la phase de croissance.

Fig. 2a (en haut). Au bout d'une certaine durée t , la masse accumulée M ne change plus, la croissance s'arrête (plateau de la courbe sigmoïde). Tout se passe comme si la croissance M_t (effet) résulte d'une accumulation progressive (cause), orientée, de matière (et d'énergie), plus ou moins rapide (V vitesse au point d'inflexion). La mobilisation de la matière et de l'énergie oriente la croissance (flèche noire du diagramme de Bricage (fig. 1)), qui s'arrête tôt ou tard (flèches rouge et verte de la courbe sigmoïde) à un **niveau de masse spécifique** (fig. 10).

Fig. 2b (en bas). En fait, la croissance n'est pas fonction de la seule masse de matière (et d'énergie) disponible(s) (qui caractérise la **capacité d'accueil de l'écoexotopie**), l'utilisation de la matière et de l'énergie (**capacité d'être accueilli de l'endophysiotope**) pour la croissance (flèche grise du diagramme), la croissance en masse, est **rétro-contrôlée** par la masse acquise (flèche noire du diagramme). La masse atteinte M détermine la durée de la phase de croissance t_c (flèche verte). Le temps t_M est "créé" par la mise en place de la masse M . La croissance permet de survivre **pour** se survivre (fig. 1).

SYSTEM OF SYSTEMS: JUXTAPOSITION AND EMBEDMENT



Bricage P. (2001) Les caractéristiques du vivant biologique et sociétal ? 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, I.I.A.P., Paris, <http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>

Adapté d'après Bricage [2, 3, 5, 6, 7, 9, 20], (Free Share-Alike Creative Commons License)

Fig. 3. Tout système vivant est un système de systèmes, à la fois ouvert et fermé, auto-organisant.

Fig. 3a (à gauche) définition d'un système :
endophysiotope et écoexotope.

Fig. 3b (à droite) gouvernance d'un système :
loi systémique constructive.

Tout système comporte 3 entités indissociables qu'il faut considérer ensemble dans leur structure fonctionnelle : un tout (*a Whole*), des acteurs, des interactions (des liens entre ces acteurs et avec le tout, *a wholeness*, ce qui est plus complexe qu'une circularité !). On ne peut pas se centrer sur l'une de ces entités en ignorant les autres; il faut toujours les considérer ensemble (fig. 3a), globalement (**approche holistique**) : *From individual to collective actions (associations) and conversely from organisations actions (lobbying) and societies actions (lawing) to individual actions: from ago-antagonism to symbiosis.*, <http://emcsr.net/book-of-abstracts/> [5].

L'intégration au milieu de survie. (Adapté d'après Bricage [1, 26])

Tout organisme vivant est indissociable de son espace externe de survie ou **ÉcoExoTope**. (Tope : espace-temps-action, Exo : externe, Éco : d'habitation). Tout organisme vivant est défini par son espace interne de fonctionnement ou **EndoPhysioTope** (Tope : espace-temps-action, Endo : interne, Physio : de fonctionnement). Son individualité, à la fois ouvert et fermé, est repérée par sa frontière, **interface de séparation et d'échanges**, entre endophysiotope et écoexotope [27]. C'est la **capacité d'accueil** de cet écoexotope qui lui permet de **survivre**, "de manger et de ne pas être mangé, de maintenir son identité" [28], et de **se survivre**, de croître en masse (fig. 2), "de recréer sa forme de vie" [29] et éventuellement de croître en nombre (fig. 1). Le mode d'**intégration** d'un organisme (fig. 4) est défini par l'adéquation [21, 30] entre la capacité d'accueil de son écoexotope [31] et la **capacité d'être accueilli** de son endophysiotope [32] (fig. 3b).

L'espace est invariant de jauge (fig. 1). Tout espace présente une organisation. Tout espace naît d'une mobilisation de flux de matière et d'énergie. Tout espace peut croître en volume (croissance en masse) ou/et en nombre (reproduction). Tout espace est le siège de réactions à des stimulations d'origine interne (endogènes, issues de l'endophysiotope) ou/et externe (exogènes, issues de l'écoexotope). Tout espace est le siège de mouvements d'origine interne ou/et externe, il est lui même mouvant et en mouvement (fig. 11). Tout espace est limité et délimité, il est emboîté dans d'autres espaces et juxtaposé avec d'autres espaces (cybernétique d'ordre n).

Le temps n'est pas un paramètre premier (fig. 2, 4).

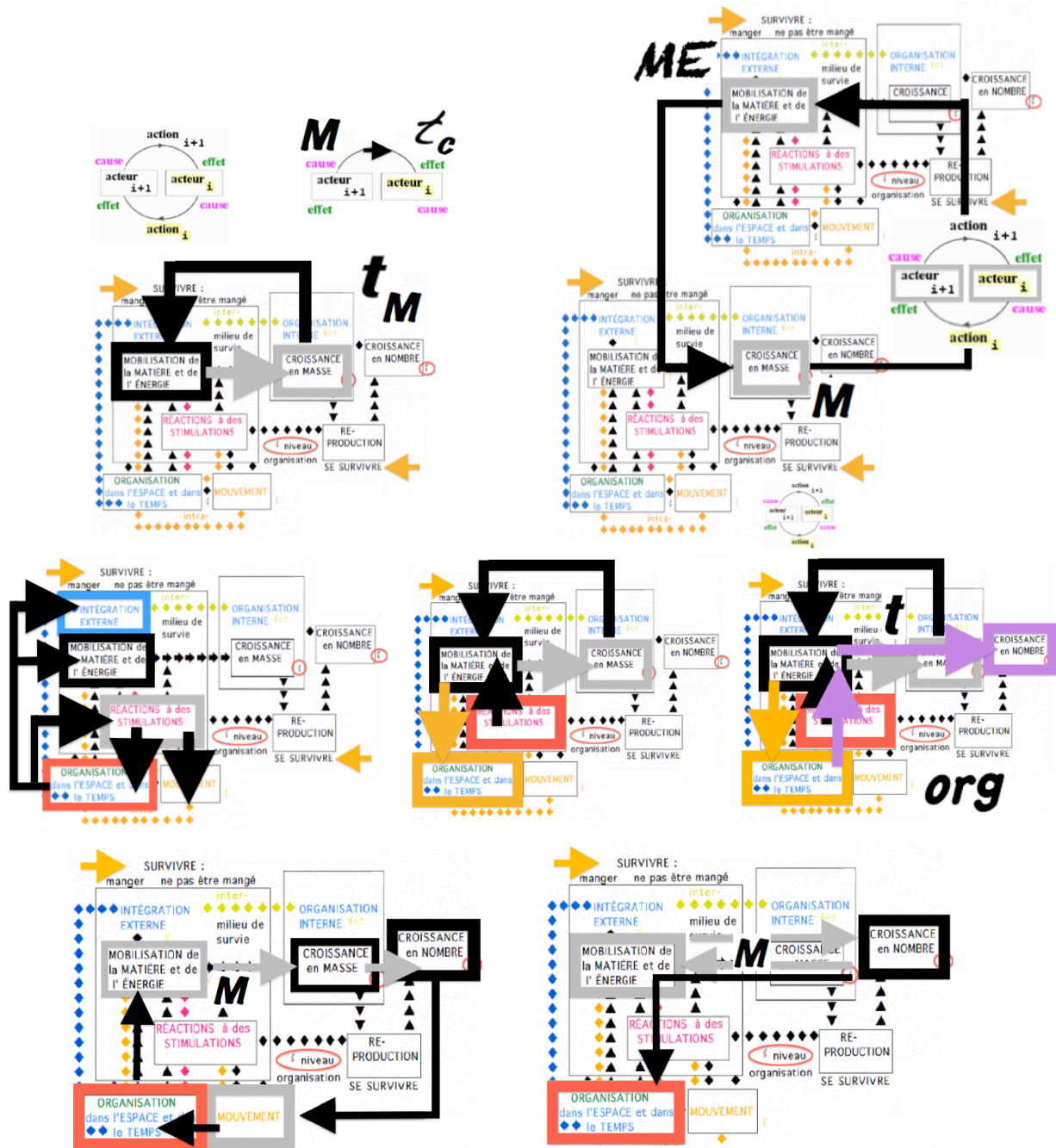


Fig. 4. "interaction is construction, construction is interaction" (diagrammes systémiques).

En haut à gauche. La croissance en masse dépend de la mobilisation de la matière et de l'énergie : la capacité d'accueil de l'écoexotopie (la matière et l'énergie disponibles) est un facteur limitant. L'utilisation de cette capacité d'accueil, indissociable des interactions entre écoexotopie et endophysiotope, est limitée par la capacité d'être accueillie de l'endophysiotope (fig. 3b). La croissance en masse contrôle la mobilisation de la matière et de l'énergie. L'accumulation de la masse M détermine la durée t_c de la phase de croissance (fig. 2b) : au sein du niveau d'organisation i , le temps t_M est créé par la masse. En haut à droite. Pour des acteurs juxtaposés au sein d'une même chaîne alimentaire ou des niveaux d'organisation emboîtés (i et $i+1$), la mobilisation de la matière et de l'énergie ME des uns est le facteur limitant de la croissance en masse M des autres et réciproquement (flèches noires), pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive, et réciproquement : loi systémique constructive (fig. 3b). Au milieu à gauche. La mobilisation de la matière et de l'énergie est orientée (flèche noire) par l'organisation spatiale et temporelle de l'endophysiotope, elle-même "entraînée" par les stimulations de l'écoexotopie (fig. 5). Au milieu. Le temps, l'organisation temporelle orientée émerge des interactions entre endophysiotope et écoexotopie et entre niveaux d'organisation (fig. 5, 6). Au milieu à droite. Structuration *org* temporelle par emboîtements (et juxtapositions) des interactions fonctionnelles (fig. 7). En bas à gauche. Croître en masse pour croître en nombre... (et croître en masse!) : une optimisation des flux de matière (fig. 8, 10, 11). En bas à droite. "Gestion" de la masse M : rétro-contrôle et flux tendus, la masse crée l'espace-temps-action (fig. 3), de façon parcimonieuse (fig. 11) [10, 12].

2. La temporalité des cycles de fonctionnement des systèmes vivants.

Pour détecter la matière et l'énergie disponibles et pouvoir les utiliser, **au bon endroit au bon moment**, l'endophysiote doit mettre en place un dispositif de perception et d'interprétation des informations, -d'origine externe, venant de l'écoexotopie (fig. 5), et interne, venant de l'endophysiote (fig. 6)-, donc à une capacité de réagir, de façon parcimonieuse (fig. 11) à des stimulations appropriées et une organisation interne spatiale et temporelle (fig. 1, 2, 3, 4).

2.1. Réactions aux stimulations : loi de Weber-Fechner.

Toute sensation **S** suit **une loi de puissance**, elle varie en suivant le logarithme de l'excitation **E** : $S = K E^n$.

Les paramètres représentatifs de l'intensité d'une stimulation, physique, chimique ou biologique, suivent des échelles logarithmiques (échelle de pH, échelle d'intensité sonore, échelle de pression)

C'est la perception d'un stimulus qui crée la durée, "le calendrier de la réaction" (fig. 5, 6b). **La capacité de réagir à des stimulations** (cause) **permet, et nécessite à la fois, la mise en place d'une organisation temporelle**, (effet) indispensable pour l'intégration (fig. 3b) [6, 16].

La capacité de réagir à des stimulation et l'organisation (de l'endophysiote) dépendent des sensations perçues, qu'elles soient d'origine externe (provenant de l'écoexotopie) ou interne (provenant de l'endophysiote) (fig. 7).

2.2. Les trajectoires temporelles : horloges et calendriers.

Tout calendrier naît des interactions entre endophysiote et écoexotopie.

Chez l'homme, la durée des cycles de sommeil varie au cours d'une nuit et d'une nuit à l'autre. Les variations des durées du cycle le plus long et du cycle le plus court d'une même nuit sont astreintes à suivre les cycles lunaires de luminosité, d'ascendance-descendance, et d'apogée-périgée [7]. L'existence de variations physiologiques qui suivent des analemmes lunaires (fig. 5) indique que tout se passe comme si l'individu était un point terrestre fixe qui suit du regard la lune (de jour comme de nuit, qu'elle soit visible ou non) pendant que la terre tourne sur elle-même (et que l'ensemble tourne autour du soleil)... obéissant ainsi à une équation du temps.

2.3. L'unidirectionnalité cyclique du vivant.

Toute horloge, naît des interactions entre niveaux d'organisation.

2.3.1. Le calendrier glycémique.

Chez l'organisme humain (niveau d'organisation **i+1**), à la suite d'un repas, qui provoque une hyper-glycémie temporaire, on observe une hyper-insulinémie et une hypo-glucagonémie temporaires, en réaction (fig. 6a). La variation **globale** (niveau **i+1**) de l'insulinémie et de la glucagonémie (niveau moléculaire **i-3**) dépend principalement de l'activité de réaction à la stimulation glycémique **locale** de cellules (niveau **i**) du pancréas.

Une organisation temporelle **cyclique** (fig. 6b), **globale**, de fonctionnement de l'endophysiote de l'organisme naît des interactions fonctionnelles entre les endophysiotes des cellules et l'endophysiote de l'organisme, qui est leur écoexotopie de survie (fig. 3a), à la suite d'une interaction entre l'endophysiote de l'organisme et son écoexotopie de survie [6, 33] (fig. 6c).

Perception et sensation créent la trajectoire temporelle : à la fois la durée et la flèche du temps.

2.3.2. Une cellule et un lichen, niveaux d'organisation différents, sont des écosystèmes.

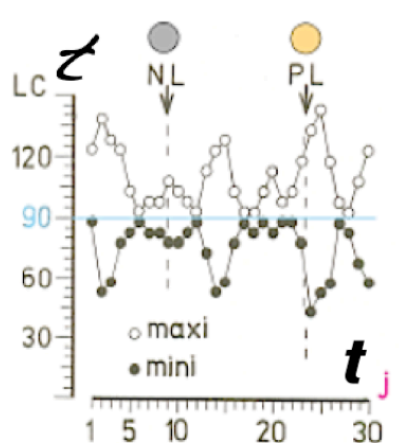
Une bactérie (niveau **i-1**) et une cellule (niveau **i**) sont **2 niveaux d'organisation différents mais adjacents**.

La cellule : un nouveau Tout d'acteurs interdépendants semi-autonomes. [1, 2, 14, 34]

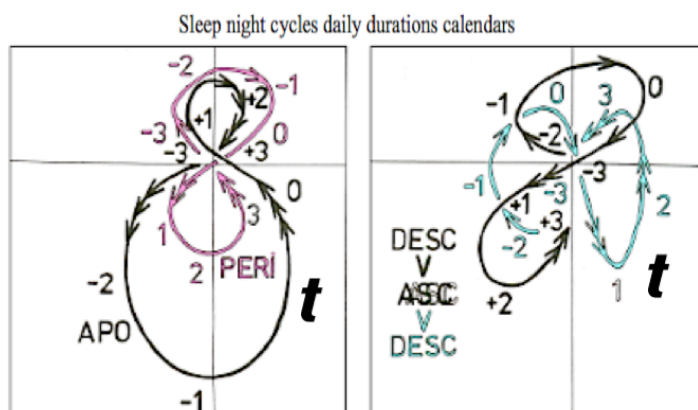
Une cellule est formée de compartiments emboîtés et juxtaposés, dont **l'ontogénie récapitule la phylogénie**.

Délimités par une interface fonctionnelle membranaire [35], simple (vacuoles, peroxysomes) ou double (noyau, mitochondries), voire triple ou quadruple (chloroplastes), tous les compartiments sont emboîtés dans le hyaloplasme, lui-même délimité par une membrane simple. Les plastes et mitochondries sont des descendants de monères (niveau **i-2**), autrefois à vie libre. Leurs endophysiotes sont maintenant hébergés par un nouvel écoexotopie de survie, le compartiment d'accueil, lui-même descendant d'une ancienne monère. L'ancienne interface (fig. 3a), l'ancienne membrane de l'ancêtre monère, est maintenant leur membrane interne. Leur membrane externe est une membrane de séquestration qui constitue, avec la précédente, une nouvelle frontière. Cet assemblage (fig. 10a) a permis l'émergence d'un nouveau niveau d'organisation endo-poly-monères qui est la conséquence des métamorphoses simultanées des ancêtres des compartiments hébergés et du compartiment hébergeant.

C'est une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés ou **ARMSADA** (Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages) [18, 36].



cycles nocturnes de sommeil
variation de la durée
t temps endophysiotope, **t** temps écoexotope



analemmes lunaires du cycle de passage en apogée-périgée f temps endophysiotope (circa-mensuel)	analemmes lunaires du cycle de passage d'ascendance-descendance englobant temps écoexotope (circa-dien)

Fig. 5. Rythmes circa-lunaires d'entraînement de l'endophysiotope par l'écoexotope (éveillométrie chez l'homme).

durée des cycles nocturnes de sommeil :

LC durée des cycles d'une même nuit t

le plus long ☐ **maxi** et le plus court ☐ **mini**

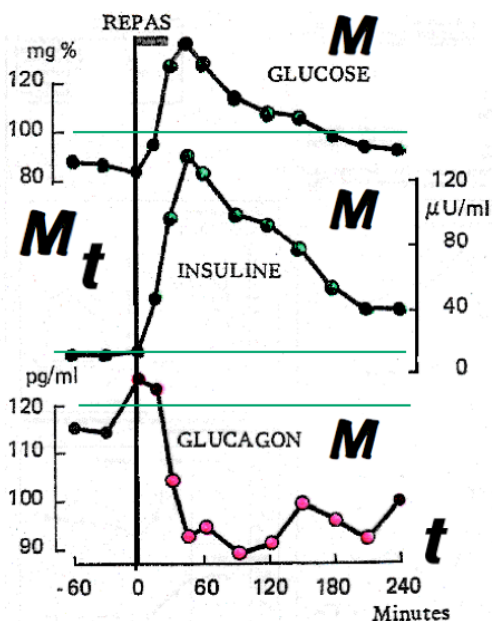
passages en nouvelle lune **NL** et pleine lune **PL**

Adapté d'après Bricafe [7], (Free Share-Alike Creative Commons License)

analemmes des rythmes circa-lunaires :

Dans le plan de projection de l'analyse factorielle des correspondances, les jours successifs se projettent en suivant des analemme [6, 7],

les jours successifs se projettent en suivant des analemmes [6, 7], analogues à l'analemmesolaire des cadrans solaires (équation du temps).



Inhibition de la sécrétion de glucagon par un repas à base de glucides, chez 11 sujets normaux.

UNGER R. 1970, *New England J. Med.*, 283, 109.

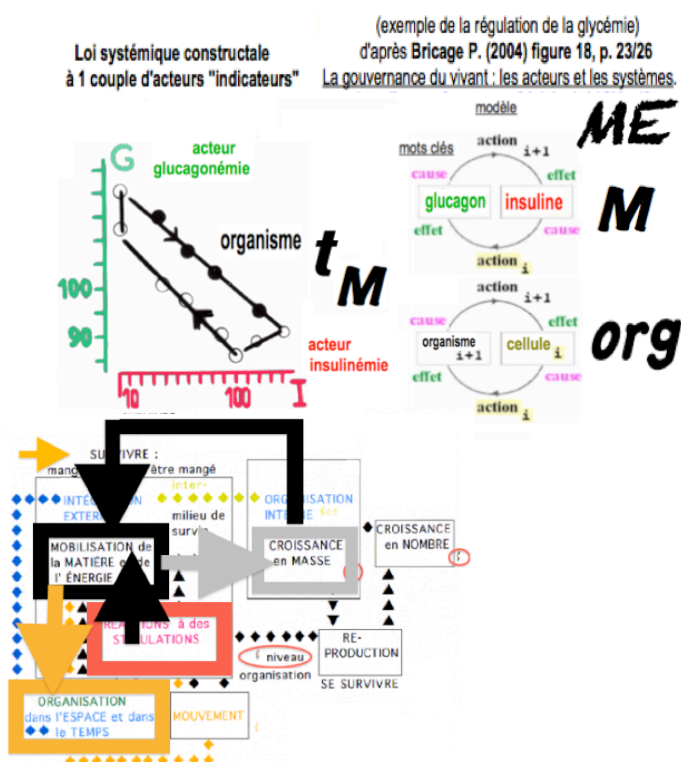


Fig. 6. Le calendrier temporel de la régulation de la glycémie.

Fig. 6a (à gauche). Suivi temporel de la réponse glycémique.

M concentration (en masse), M_t suivi de la masse

t temps externe, de l'écoexotopie de l'observateur.

(hormones : insuline, glucagon, d'après Unger)

Fig. 6b (au milieu, en haut). Émergence d'un calendrier d'interactions [6].

G concentration (en masse) de glucagon (glucagonémie),

la concentration (en masse) d'insuline (insulinémie),

t_M temps interne de l'endophysiotope du sujet observé.

Fig. 6c (à droite). Loi systémique constructale **ME, M, org** (fig. 4)

Fig. 6d (au milieu, en bas). Diagramme de Bricage (fig. 1)

Adapté d'après Bricage [6, 33], (Free Share-Alike Creative Commons License)

Le tout et les parties sont toujours indissociables. Qu'est-ce qu'une ARMSADA ?

Tout nouveau niveau d'organisation est la conséquence d'un nouveau mode d'intégration des nouveaux partenaires³ dans un nouvel écoexotopie. De leurs juxtapositions sont nées des associations fonctionnelles nouvelles [37]. Le TOUT (la cellule) est à la fois PLUS et MOINS que la somme de ses PARTIES [14, 15].

Les endophysiotoques des parties (les monères) ont perdu leur autonomie, et ne peuvent survivre et se survivre en dehors de leur nouvel écoexotopie. Pour que chaque partie survive, il faut que le tout (et donc toutes les autres parties) survive(nt) d'abord. Pour que l'un(e) survive, il faut d'abord que l'autre survive et réciproquement [8, 18, 21].

La croissance de l'un(e) est limitée par celle de l'autre et réciproquement : **"Un pour tous, tous pour un !"** [26, 38]. **Dans tout système vivant, l'endophysiotope et l'écoexotopie sont en dépendance ago-antagoniste** (fig. 3, 4).

Une cellule (niveau *i*), comme un lichen formé de cellules (niveau *i+1*) est un écosystème.

Un lichen (le Tout) est un nouveau type d'organisation et un nouveau mode d'intégration (fig. 1, 3) qui émerge de l'association d'un partenaire, l'organisme d'un champignon, avec un autre partenaire, une population d'algues vertes [1, 11, 26]. Dans le lichen, la croissance de l'un est limitée par la croissance de l'autre et réciproquement. **Pour que l'un survive, il faut, d'abord, que l'autre survive** [39]. **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 (ARMSADA). **Elle émerge par la perte simultanée par chaque partenaire de la capacité de détruire l'autre.** Leurs deux métamorphoses simultanées (co-percolation) aboutissent à l'émergence de nouvelles frontières locales et globale, d'**un espace-temps nouveau, avec un bénéfice global uniquement pour le Tout**, l'association [15, 22]. La croissance des lichens est très lente (1 cm par an), mais leur durée de vie peut être très longue (1000 ans), et ils sont capables de survivre et de se survivre, dans des écoexotopes qu'eux seuls peuvent coloniser. Ce sont des **organismes pionniers**, qui présentent une extra-ordinaire biodiversité d'endophysiotoques, tant par leurs formes, les écoexotopes qu'ils occupent, que les molécules (pigments et acides lichéniques) qu'eux seuls sont capables d'élaborer. Ces substances originales sont les "mots" d'un nouveau langage ! [14, 40]

TOUT NIVEAU D'ORGANISATION EST UN SYSTÈME DE SYSTÈMES, IL ÉMERGE PAR LA MISE EN PLACE D'UNE ASSOCIATION À AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS RÉCIPROQUES ET PARTAGÉS (ARMSADA).

Un lichen est à la fois un organisme et un écosystème [26]. Une cellule est aussi un écosystème [1, 13, 34]. Les deux émergent d'une endosyncénose (fig. 3) [2, 24]. Ce type d'association est universel [26, 37, 40], il est l'origine de tous les nouveaux niveaux d'organisation du vivant [19] (fig. 10a).

Au cours de l'évolution du vivant, tout nouveau plan d'organisation (tout nouvel endophysiotope, qui permet la colonisation d'un nouvel écoexotopie) émerge par la mise en place d'Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés [34], qui rendent les partenaires à la fois de plus en plus indépendants de leur écoexotopie de survie [41] et de plus en plus indissociables de leurs endophysiotoques, emboîtés et juxtaposés [38, 42, 43, 44].

2.3.3. Tout niveau d'organisation est un écosystème ordonné dans l'espace et le temps.

La synthèse des protéines (niveau *i-2*) dans une cellule (niveau *i*) suit un rythme journalier, comme le sommeil ou la température du corps (niveau *i+1*), avec des hauts et des bas distants d'une durée de 24h (**rythme circadien**).

Avant l'heure ce n'est pas l'heure. Après l'heure ce n'est plus l'heure. [31, 45]

L'homme est un animal diurne. Chaque jour, sa température du corps est la plus élevée au moment du coucher et la plus basse avant le lever. Sa sécrétion de testostérone est la plus élevée au lever du jour. Son endormissement est le plus profond en milieu de nuit (vers 2h). Sa sensibilité à la douleur est la plus faible en milieu de jour (vers 14h), 12 heures plus tard (ou plus tôt... *selon le point de vue !*). Il faut environ 26 semaines après la naissance pour que le bébé stabilise son rythme circadien d'alternance d'activité de jour et de repos nocturne. Quel que soit son sexe et quel que soit son âge, toute sa vie, son organisme présentera des rythmes circa-diens (période 24h), circa-septa-diens (périodicité de 7 jours), circa-lunaires (périodicité d'environ 1 mois, de la lune tournant autour de la terre) (fig. 5), circ(a)-annuels (périodicité d'environ 1 an de la terre tournant autour du soleil) et circa-solaires (périodicité d'environ 11 ans) ...

Avant l'heure c'est déjà l'heure. Après l'heure c'est encore l'heure. [31, 35] (fig. 7)

La synthèse des protéines chez les plantes supérieures photosynthétiques suit de même un rythme circadien.

On observe souvent un pic de synthèse le matin avant le lever du jour (l'heure d'allumage de la lumière, que cet allumage soit naturel ou artificiel) et un même pic du même système protéique après le lever du jour (fig. 7a).

³ Chaque partenaire paie un **coût intrinsèque** (payé par l'endophysiotope) pour faire partie de l'association, ce qui lui apporte un **gain extrinsèque** (payé par l'ancien écoexotopie), mais uniquement au sein du Tout [13, 17, 32, 42, 43, 44].

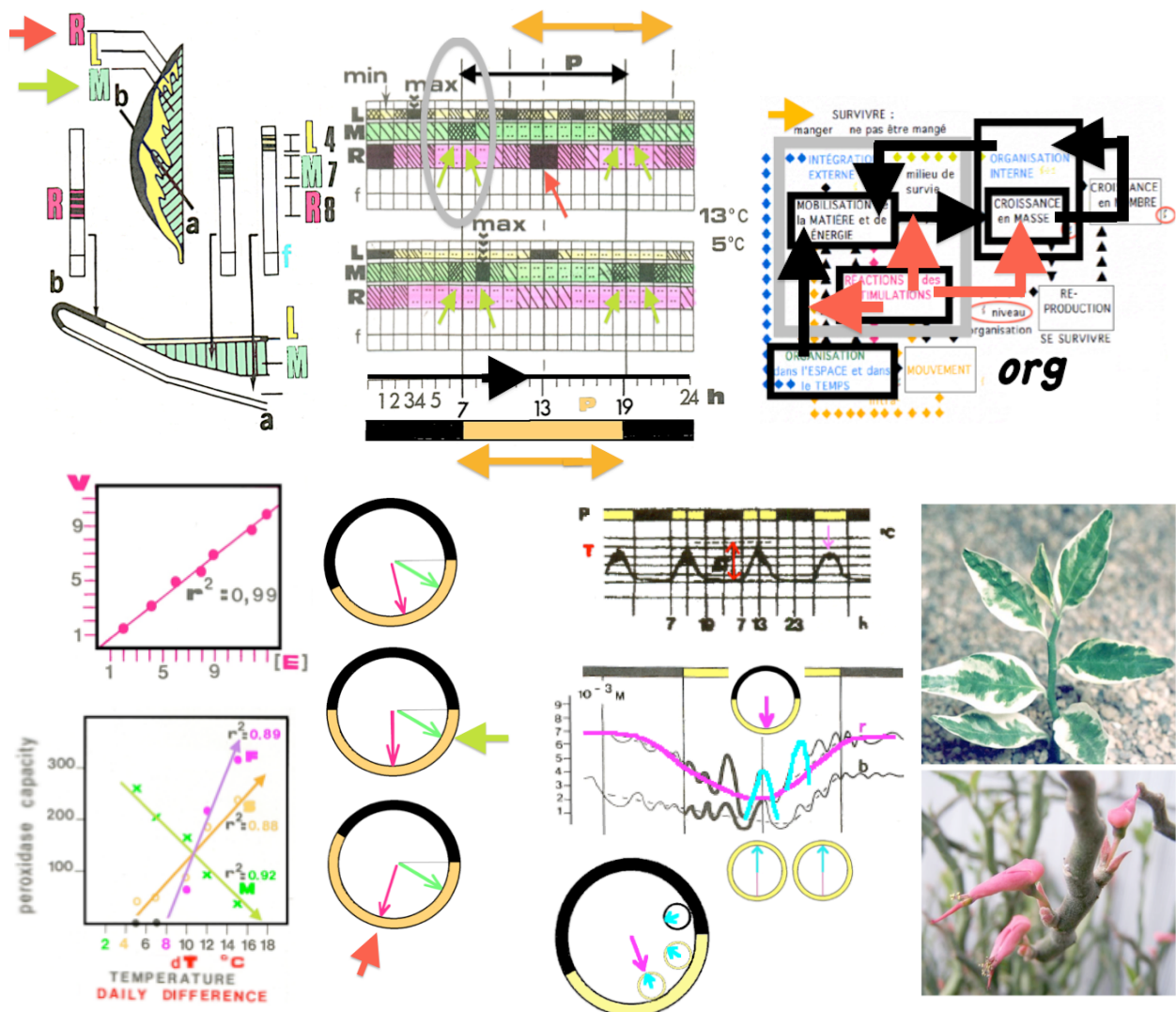


Fig. 7. *Pedilanthus tithymaloides* L. variegatus (Euphorbiacée) : rythmes fonctionnels foliaires.

Fig. 7a (en haut). Rythmes circadiens thermo-dépendants (thermopériodisme) et photo-dépendants (photopériodisme) [35].

- à gauche. **Ontogénie foliaire.** Activités iso-peroxydasiques tissulaires spécifiques : familles L, M (flèche verte), R (flèche rouge).
- au milieu. **Rythme des capacités peroxydasiques.** P photopériode (ici P=12h), 5°C et 13°C exemples de faible et fort écarts thermiques journaliers, flèche du temps (h), min et max haut et bas (d'intensité) des activités pour chaque famille (L, M, R).
- à droite. **Interaction entre ontogénie et croissance : intégration à l'écoexotope de survie** (diagramme de jauge) (fig. 1).

Fig. 7b (en bas). Emboîtement et juxtaposition des horloges internes. [6]

- à gauche. **E** concentration de l'enzyme, la masse, est le facteur limitant de la vitesse (V) des réactions enzymatiques : $V=kE$; **interaction entre endophysiotope et écoexotope** : selon la famille d'activités peroxydasiques, la vitesse augmente ou diminue avec l'élévation de l'écart thermique journalier (dT). [35]
- au milieu, à gauche. **Thermopériodisme et photopériodisme.** À thermopériode constante, mais photopériode variable, le pic d'activité de la famille M (flèche verte) a lieu toujours à la même heure solaire. Mais l'heure solaire du pic d'activité de la famille R (flèche rouge) dépend de la photopériode.
- au milieu, à droite. **Thermo-dépendance du métabolisme acide crassulacéen.** A photopériode constante, l'écart thermique journalier contrôle l'amplitude et la position (flèche rouge, flèches bleues) des oscillations métaboliques (ME, fig. 4). Les oscillations de courtes périodes (en bleu) sont juxtaposées et emboîtées dans l'oscillation globale (en rouge, flèche rouge), oscillation circadienne, de plus longue période. T température, ΔT écart thermique journalier (thermopériode en °C).
- à droite. **Morphologie de l'organisme adulte.** Appareil végétatif spécialisé dans la croissance (stade : feuilles blanche et verte). Appareil reproducteur : la croissance de la tige feuillée s'arrête avec la mise à fleur.

Adapté d'après Bricage [35], (Free Share-Alike Creative Commons License)

On peut interpréter ce second pic comme une réponse à la stimulation lumineuse qu'il suit. Mais le premier pic est une réponse qui anticipe la stimulation à venir, il résulte d'une mémoire interne, d'une anticipation du moment futur.

De jour, comme de nuit, les synthèses protéiques se succèdent dans les différents compartiments cellulaires des tissus végétaux foliaires avec des rythmes circadiens propres à l'espace-temps-action dans lequel on les observe.

Un temps pour chaque chose. Chaque chose en son temps. [31, 35] (fig. 2, 7)

Lorsque la durée de la photopériode (la durée de la phase lumineuse diurne) ou l'écart thermique journalier changent, les positions des maxima et minima protéiques peuvent changer... le rythme circadien reste inchangé (fig. 7b).

C'est le cas chez *Pedilanthus tithymaloides* L. *variegatus*, où dans les cellules des tissus foliaires, les activités enzymatiques des compartiments hyaloplasmique et plastidiaux obéissent à des rythmes circadiens [35] gouvernés, différemment selon le tissu (endophysiotope de l'organisme, niveau ***i+1***), selon le type cellulaire d'un tissu (fig. 7a) (endophysiotope cellulaire, niveau ***i***), selon le compartiment intra-cellulaire (endophysiotope de niveau ***i-1***) et selon le système enzymatique (endophysiotope de niveau ***i-2***) concernés, par les variations photiques ou thermiques de l'écoexotopie de survie globale (niveau ***i+1***), qui se répercutent localement, de proche en proche, en cascade... (fig. 7b). Tout système est un système-de-systèmes (fig. 3a). Tout endophysiotope de niveau ***j*** est intégré dans un écoexotopie (de niveau ***j***), qui peut être un endophysiotope de niveau ***j+k***, et contient, emboîtés et juxtaposés des endophysiotopes de niveaux ***j-n*** dont il est l'écoexotopie de survie (fig. 3a, 10a).

Les temps sont emboîtés et juxtaposés. [6, 24, 34]

De même que l'espace d'une cellule est formé d'espaces emboîtés et juxtaposés (de type monère, niveau ***i-1***), les calendriers, les horloges, d'une cellule (niveau ***i***) sont formés de calendriers et d'horloges, emboîtés et juxtaposés (fig. 7b). L'ascension, par itération des juxtapositions et emboîtements (fig. 3a), des systèmes-de-systèmes, dans les niveaux d'organisation du vivant (fig. 10a), permet d'accroître, simultanément, **le volume spatial** (et **la diversité de sa compartimentation**), **la durée de survie** (et **la diversité des calendriers et des horloges**). Les partenaires du nouveau Tout deviennent à la fois de plus en plus indépendants de leurs anciens écoexotopes et de plus en plus dépendants des interactions avec leur Tout et entre leurs endophysiotopes (fig. 3, 10) [31, 35, 36, 39, 43].

3. L'intemporalité du vivant.

La nature n'est pas qu'un espace de coopération, la compétition, la violence ne sont pas marginales [29].

La **violence** est omniprésente partout dans la nature, au sein d'un niveau d'organisation et entre niveaux d'organisation. La mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés (**Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages ARMSADA**) émerge d'une **rupture dans l'escalade de la violence entre acteurs antagonistes** [29, 34].

3.1. "système contraint à la mémoire des cycles passés" : l'ontogénie récapitule la phylogénie.

C'est une **rupture temporaire** de l'escalade des violences mais ce n'est pas une escalade des dons [12].

Jamais il n'y a d'avantage(s) sans inconvénient(s). Dans l'association, tout ce qui est un avantage pour l'un des partenaires est un inconvénient pour les autres et réciproquement. [8, 40]

3.1.1 ARMSADA : des acteurs libres... au système contraint des dangers contenus.

Au cours de son cycle lytique, l'écoexotopie de survie d'un bactériophage comporte 2 phases : l'écoexotopie externe à la bactérie (écoexotopie exogène) qu'il partage toujours avec d'autres formes de vie et où il est très vulnérable aux agressions (phase de vie résistante) et l'endophysiotopie de la bactérie (écoexotopie endogène), qu'il partage éventuellement avec d'autres virus, où il est protégé, et où il se nourrit et se multiplie (phase de vie active) [5]. Lors d'un cycle non-lytique, les génomes du virus et de la bactérie coexistent dans le même endophysiotopie bactérien, sans lyse. Le génome viral s'il est non-intégré dans le génome bactérien peut être perdu au cours des divisions bactériennes. Le virus peut reprendre sa liberté avec retour à la phase de lyse. **C'est un inconvénient** pour la bactérie. Lors de la phase d'intégration d'un phage déficient, l'union des 2 génomes en un seul crée un nouvel espace-temps-action avec de nouvelles propriétés. Le virus change de niveau d'organisation et d'écoexotopie de survie. Ne faisant plus qu'un avec la bactérie (qui est donc un organisme génétiquement modifié) il est protégé des risques externes de l'écoexotopie de son ancienne phase libre. **C'est un avantage.** Mais non seulement il ne peut plus produire de virus libres mais également il rend la bactérie résistante à l'invasion par d'autres virus du même type [5, 24].

Et, pour que l'un survive il faut d'abord que l'autre survive.⁴ [8, 49, 50]

4 Les rétrovirus endogènes protègent à la fois contre des infections virales exogènes et interviennent dans les phénomènes de régulation du devenir cellulaire [15, 40, 46] qui contrôlent le devenir de l'organisme [47, 48].

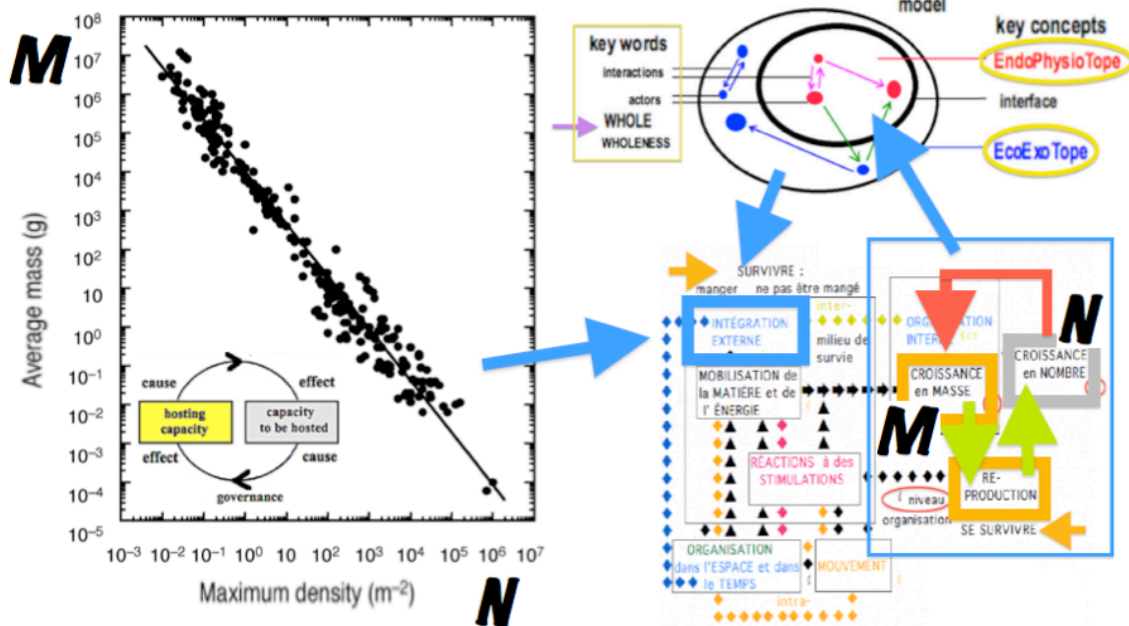


Fig. 8. Exemple de loi puissance : loi d'allométrie entre croissance en masse et croissance en nombre.

Adapté d'après Enquist et al. -Allometric scaling of plant energetics and population density- [51].

Fig. 8a (à gauche). Loi de puissance, d'exposant - $4/3$ avec N facteur influençant (cause) et M effet, [51] ou - $3/4$ avec M cause et N effet, M (niveau $i+1$ de l'organisme) est autant facteur limitant que N (niveau $i+2$ de l'écosystème), 2 niveaux d'organisation adjacents sont toujours antagonistes, ce qui est avantage pour l'un est inconvenient pour l'autre et réciproquement [26, 41, 49].

Fig. 8b (à droite). Interaction entre capacité d'accueil et capacité d'être accueilli : "actualisation contrainte" (flèches bleues) de l'espace-temps-action d'intégration (fig. 3), à laquelle échappent les cellules cancéreuses [8].

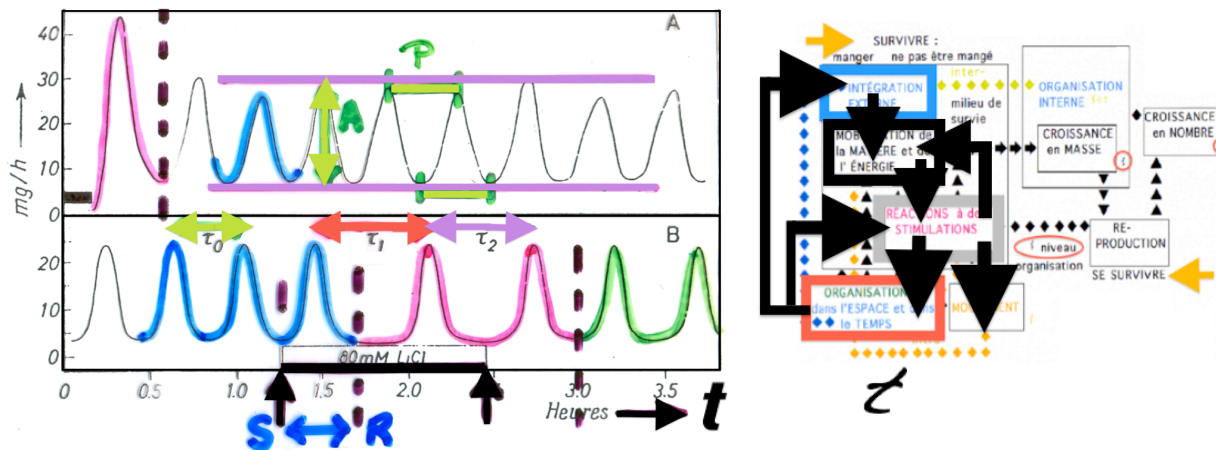


Fig. 9. Le temps est invariant de jauge comme l'espace, et l'action.

Fig. 9a (à gauche). Rythmicité de la transpiration de l'orge. En haut (A) : situation témoin (ondulation en bleu), A amplitude et P période du rythme (en vert). En bas (B) : traitement au chlorure de lithium (S début du traitement, début et fin du stimulus indiqués par les flèches noires), R début de la réponse au traitement (en rose), SR temps de latence (flèche du temps en h), puis, en vert : réponse à l'arrêt du traitement. (t_0 période témoin, t_1 délai temporel - d'au moins 1 période -, t_2 nouvelle période).

Fig. 9b (à droite). Cycle d'interactions et rétro-actions entre réactions aux stimulations, organisation temporelle et intégration.

t temps de l'endophysiotope structurant le temps t de l'écoexotope

Adapté d'après Bricage [6, 16], (Free Share-Alike Creative Commons License)

3.1.2. L'ontogénie récapitule la phylogénie : la stratégie du vivant.

La seule réciprocité qui soit systémique est le partage des avantages et des inconvénients.

On est tour à tour gagnant et perdant, tôt ou tard il est impossible de ne pas être perdant [20, 23, 43]. Plus les avantages sont grands, pour certains, plus les inconvénients sont grands, pour d'autres... Sans "réciprocité" le système explose ! Seules survivent (et se survivent) les ARMSADAs : au cours de l'évolution du vivant tous les nouveaux plans d'organisation émergent de la mise en place d'une ARMSADA (fig. 10). Par juxtaposition et emboîtements de niveaux d'organisation pré-existants, la mise en place d'une ARMSADA permet un contrôle des dangers internes (de l'endophysiotope) et externes (de l'écoexotope) qui rend plus dépendants les partenaires (IN VARIETATE CONCORDIA) mais plus indépendant leur Tout (UN POUR TOUS TOUS POUR UN) [17, 18, 19, 20]. Au niveau cellulaire, la rupture de l'association entraîne l'apoptose : si l'un (des compartiments) ne survit pas, le Tout (la cellule) disparaît (E PLURIBUS UNUM). Au niveau cellulaire, le cancer⁵ est une libération des dangers contenus, qui, à terme entraîne la mort de l'ARMSADA de niveau supérieur adjacent (l'organisme méta-cellulaire) [8].

3.2. modularité temporelle : emboîtements, juxtaposition et répétition, lois d'échelle.

Ni la mise en place d'une ARMSADA, ni son maintien structural et fonctionnel, ne sont des processus co-opératifs, mais **ago-antagonistes** [21, 42, 43]. Ce sont des processus "au-delà" (**au-delà de l'espace, au-delà du temps**), **"émergents"**, qui "concilient" violence, compétition, coopération, ago-antagonisme, tout en **respectant des lois d'échelle**. L'itération des processus d'emboîtements et de juxtaposition aboutit à des structures fractales [9].

3.2.1. Croissance en masse et croissance en nombre : limites et limitations.

Quelle que soit l'espèce, et le niveau d'organisation, la **masse M** d'un individu (la croissance en masse de son endophysiotope) est limitée par la **densité N** des individus (croissance en nombre) de la population dont il fait partie et avec lesquels il partage le même écoexotope de survie (fig. 8), dont la capacité d'accueil est limitée : $MN=K$. La capacité d'accueil de chaque individu détermine son utilisation de la masse et de l'énergie disponible, ce qui détermine la durée de sa phase de croissance en masse, donc sa croissance en nombre. La loi de Kleiber, loi de puissance d'exposant $3/4$ ou $2/3$, selon les auteurs, impose à la croissance une limitation intemporelle, indépendante du niveau d'organisation.

Elle résulte de l'interaction entre capacité d'accueil et capacité d'être accueilli (fig. 8) [23].

3.2.2. Agoantagonisme entre niveaux d'organisation adjacents.

Dans le cas de la forêt boréale, les processus de l'écoexotope (les feux, les vents, les tempêtes, le pH des eaux, la teneur en CO₂ de l'air) structurent l'endophysiotope de l'écosystème (son extension dans l'espace-temps, sa stratification, la composition de ses populations) selon une loi de puissance $+ 3/4$ entre la dimension spatiale (en km), considérée comme cause (x), et la durée d'action (ou de survie) d'un processus abiotique (ou biotique), considéré comme effet (y). **Le temps et l'espace sont inter-dépendants selon une loi de puissance.** [9]

La relation entre le nombre d'individus, **-le nombre d'acteurs** (*the number of people involved in rules setting*)-, l'effectif, et **la durée de renouvellement** (*"turn over" time*) d'une organisation internationale (*institutional hierarchy*) est aussi une loi de puissance d'exposant proche de $+ 3/4$. Dans tout écosystème, quel que soit le niveau d'organisation (fig. 7, 8, 10, 11), l'effectif d'un système-de-systèmes est corrélé négativement à la croissance en masse de ses acteurs (ses sous-systèmes), mais sa durée de survie (ce qui est un avantage pour les acteurs) et son temps de latence (ce qui est un inconvénient pour le Tout) sont corrélés positivement à la croissance en nombre de ses sous-systèmes.

3.3. L'espace crée le temps, le temps crée l'espace : emboîtement, juxtaposition, lois d'échelle.

Depuis la fécondation de l'ovule (de grenouille ou mammifère) par un spermatozoïde jusqu'au stade gastrula du futur embryon, le **volume global** (celui de l'oeuf) reste inchangé (pas de croissance en masse), seul le nombre des cellules (croissance en nombre très intense, avec des **temps de génération** des lignées cellulaires très courts), leurs positions relatives (mouvements remaniant complètement la structure globale) et leurs devenir potentiels changent. **Tout se passe comme si le découpage de l'espace** (morphogénie primordiale), en espaces de volumes de plus en plus petits (segmentation), **construisait le temps** du calendrier de mise en place des tissus de la neurula (morphogénie secondaire) puis de l'embryon (morphogénie définitive), il en est de même avec un oeuf d'insecte (drosophile). Chez les mammifères placentaires la croissance en masse reprend avec l'implantation de l'embryon. C'est la même chose pour l'embryon des plantes supérieures, au sein de la graine. C'est toujours "le balancement" entre croissance en masse (accumulation de réserves) et croissance en nombre (utilisation et répartition des réserves) qui **rythme le calendrier de mise en place** des tissus, des organes et de la morphologie de l'organisme, juvénile (en phase de croissance) puis adulte (ayant acquis la maturité sexuelle, après une phase suffisante de croissance en masse) (fig. 4) [15, 40].

⁵ Survivre c'est **transformer les inconvénients en avantages** [48] et **éviter que les avantages deviennent des inconvénients** [49], comme le font si bien les cellules cancéreuses [8, 50] en s'affranchissant de la loi d'allométrie limitative (fig. 8).

3.3.1. Ce n'est jamais le même temps qui s'écoule au même endroit.

La transpiration de plantules d'avoine en libre cours (situation témoin : rythme endogène, de l'endophysiotope), est un **phénomène périodique** : "les mêmes hauts et bas" alternent selon une période d'environ trente minutes (fig. 9a). Le traitement par un sel de lithium (chlorure de lithium 80 micromolaire) ralentit le rythme transpiratoire (allongement de la période de 50% par rapport au témoin), mais après un **temps de latence d'une durée d'au moins une période**, temps pendant lequel on a l'impression qu'il n'y a pas d'effet du lithium. Si on arrête le traitement, croyant qu'il n'a pas eu d'effet, on voit dans un premier temps l'effet induit par le lithium (par la nouvelle **interaction entre endophysiotope et écoexotope**) qui se manifeste, comme si on n'avait pas arrêté le traitement (situation témoin de l'effet du lithium), puis dans un second temps, encore avec un temps de latence d'au moins une période, un autre rythme, plus rapide, s'installe (réduction de la période par rapport à la situation témoin), rythme qui a été induit en réponse à l'arrêt du traitement au lithium [6, 16]. C'est la même horloge qui bat, mais... pas avec le même tempo (fig. 9b).

Suivant la date de naissance d'un enfant, les pathologies allergiques ou auto-immunes (asthme, maladie de Crohn, maladie de Hodgkin), les désordres psychiatriques (autisme, alcoolisme, schizophrénie) ou/et les maladies neurologiques (maladie d'Alzheimer, épilepsie, maladie de Parkinson), qu'il peut éventuellement manifester, n'auront pas lieu au même dates de sa vie à venir. Globalement les risques "suivent" un rythme circannuel et sont 5 fois plus élevés pour une naissance en automne par rapport à une naissance au printemps (et les compagnies d'assurances le savent !).

3.3.2. Le temps crée l'espace.

L'écoexotope de survie du virus⁶ de la grippe est partagé entre oiseaux sauvages, oiseaux domestiques (canards, poulets), animaux domestiques (cochons) et l'homme, il comprend - une composante écosystémique globale : la migration du virus d'un hôte à un autre au cours de la migration des oiseaux sauvages, et une composante anthroposociétale locale : la migration du virus d'un homme à un autre au cours des déplacements humains [33]. On peut tracer la carte d'expansion de l'épidémie grippale en France, elle suit les voies de chemin de fer, à la vitesse du chemin de fer. Si on trace la carte d'anamorphose, à partir des temps de propagation du virus, elle se superpose à celle du réseau ferroviaire. Le temps de propagation crée l'espace de propagation accessible [6, 33].

3.3.3. L'espace-temps-action obéit à une loi de puissance invariante d'échelle.

Tout calendrier, toute horloge, présente une organisation. Toute horloge a un coût énergétique, elle nécessite une mobilisation de flux de matière et d'énergie. Toute durée d'un cycle, sa période, peut croître (ou décroître) en durée (croissance). Un cycle peut être dupliqué (reproduction). Tout cycle temporel (fig. 5, 6, 7, 9) est le siège de réactions à des stimulations d'origine interne (endogènes, issues de l'endophysiotope) ou/et externe (exogènes, issues de l'écoexotope). Tout cycle temporel est le siège de mouvements d'origine interne ou/et externe, il est lui même mouvant et en mouvement. Tout cycle temporel est limité et délimité, par emboîtements dans d'autres cycles temporels et juxtapositions à d'autres cycles temporels [6]. Comme l'espace, **le temps est invariant de jauge**.

Tout système vivant, système-de-systèmes (fig. 3), est défini à la fois par son organisation fonctionnelle, l'invariance de jauge (fig. 1) et son niveau d'organisation structurale (classification périodique du vivant) (fig. 10) [11]. Le passage d'un niveau d'organisation au suivant se fait toujours par la mise en place d'une ARMSADA [8, 14, 17]. La courbe représentative de l'allométrie entre le volume d'un système à l'état adulte (V_A), volume résultant de sa croissance en masse, et le temps de génération (t_g), temps minimal de croissance nécessaire pour acquérir la masse minimale préalable à l'acquisition de la capacité de reproduction (définissant l'état adulte, reproducteur) est une **loi de puissance d'exposant +3/2**, si on considère comme cause première de la relation le temps : **le temps crée l'espace** (fig. 10) ou **d'exposant +2/3**, si on considère comme cause première de la relation l'espace : **l'espace crée le temps** (fig. 11).

Le volume est l'espace organisé d'accumulation de la masse. Le volume est proportionnel à la masse, et réciproquement. C'est l'accumulation de masse, l'**action** de mobilisation de flux de matière et d'énergie pour la croissance en **masse M**, qui permet à la fois la création de l'**espace** (V_A) et de la **durée**, du temps (t_g). La loi puissance $V_A = C.t_g^{3/2}$ ou $t_g = K.V_A^{2/3}$ (loi de Bricage) est une **loi de structuration de l'espace-temps-action par la masse**, valable quel que soit le niveau d'organisation. Que ce soit une particule subatomique, une macro-molécule, une cellule, un écosystème, un système stellaire ou l'Univers entier, ce sont les transferts de masse qui gouvernent la structuration, dans l'espace-temps-action, et le fonctionnement (invariance de jauge) du vivant (fig. 10, 11).

Comme il n'y a aucune raison de privilégier l'espace ou le temps, l'un et l'autre sont à la fois cause et effet, l'exposant indique **à la fois** que ces transferts de masse obéissent au mouvement brownien $t_g = K.V_A^{2/3}$ (exposant 2/3) et qu'ils se font à vitesse constante au niveau des surfaces d'échange $V_A = C.t_g^{3/2}$ (exposant 3/2) (fig. 11).

⁶ Dangers contenus [8], les virus permettent d'éviter les dangers de la co-habitation [52], entre espèces de niveaux d'organisation différents, au sein d'un réseau de chaînes alimentaires [23], aussi bien au niveau d'un sol, d'une forêt que d'une cellule, quel que soit le niveau d'organisation du Tout (l'écosystème) et quel que soit le type de virus.

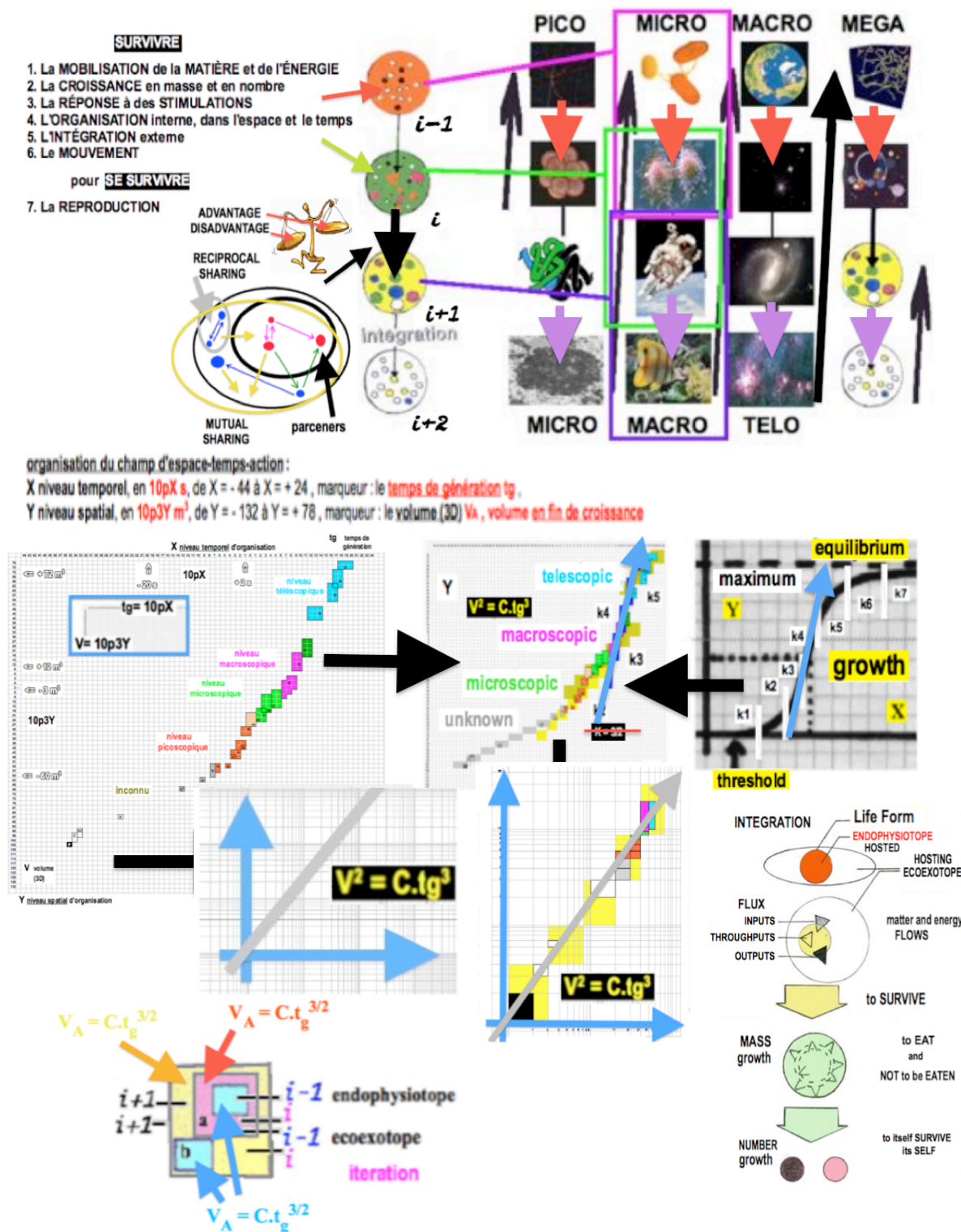


Fig. 10. L'invariance fractale des systèmes vivants.

Fig. 10a (en haut). Tout niveau d'organisation est défini par son invariance de jauge (liste à gauche). Tout nouveau niveau d'organisation "naît" (tableau de la classification périodique du vivant, à droite) par mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés ARMSADA (schéma à gauche) entre niveaux d'organisation pré-existants.

Fig. 10b (au milieu, à gauche). Loi d'homothétie fractale intra- et inter-niveaux d'organisation, $V_A = f(t_g)$, régression linéaire sur 68 dimensions potentielles pour le temps t_g et 210 dimensions potentielles pour le volume V_A .
Fig. 10c (en bas). Modèle d'homothétie fractale : l'écoexotope des uns est l'endophysiotope des autres et réciproquement.

Fig. 10. L'invariance fractale des systèmes vivants.

Adapté d'après Bricage [2, 5, 9, 19, 20], (Free Share-Alike Creative Commons License)

Fig. 10a (en haut). Tout **niveau d'organisation** est défini par son **invariance de jauge** (liste à gauche), tout niveau d'organisation naît (**tableau de la classification périodique du vivant**, à droite) par mise en place d'une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés **ARMSADA** (schéma à gauche) entre niveaux d'organisation pré-existants.

Le tableau est construit en prenant en compte, simultanément, le fait que tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation, possède 7 caractéristiques mutuellement nécessaires et suffisantes (**invariance de jauge**) et le fait que tout nouveau niveau d'organisation résulte de la mise en place d'une ARMSADA. Chaque case du tableau correspond à un **niveau d'organisation qui emboîte les niveaux précédents et qui est emboîté dans les niveaux suivants** ("poupées gigognes"). De fait, tout niveau d'organisation est un acteur local d'un niveau d'organisation supérieur adjacent et un Tout, qui contient des acteurs de niveaux d'organisation inférieurs. Du quantum de Planck à l'Univers entier, les flèches noires du tableau indiquent la "**montée de complexité**" (fig. 3a), de l'infra-microscopique (PICO) au microscopique (MICRO) puis au macroscopique (MACRO) et au supra-macroscopique (TELO, MÉGA). Tout niveau d'organisation (flèche orange niveau **i-1** en orange, flèche verte niveau **i** en vert...) possède les 7 caractéristiques (fig. 1). Le passage d'un niveau au suivant (schéma à gauche et tableau à droite) : de **i à i+1** flèche noire, de **i-1 à i** (du niveau des Monères au niveau unicellulaire) flèche et cadre rouges, de **i à i+1** (du niveau cellulaire au niveau méta-cellulaire) cadre vert, de **i+1 à i+2** (du niveau des espèces méta-cellulaires aux écosystèmes terrestres) flèche et cadre violets, s'effectue **par la mise en place d'une ARMSADA**. Toutes les cases d'une même colonne (du tableau) regroupent des systèmes dont les acteurs possèdent **le même type d'interface** entre endophysiotope et écoexotope [9]. Les flèches de même couleur (rouge, en début de colonne par exemple) indiquent **des processus de passage équivalents**. Les cases, dans des colonnes différentes, mais à la même place correspondent à des systèmes "équivalents", d'un point de vue évolutif [2, 9].

Fig. 10b (au milieu). **Loi d'homothétie fractale intra- et inter-niveaux d'organisation**, $V_A = f(t_g)$,

observable sur 68 dimensions potentielles pour le temps t_g et 210 dimensions potentielles pour le volume V_A .

(au milieu, à gauche) Ordres de grandeur de quelques dimensions -spatiales (1D) : diamètre apparent de l'Univers 10^{+26} m, de la **terre** 10^{+7} m, d'une **cellule** 10^{-5} m, de l'**atome** 10^{-10} m, du **noyau** 10^{-15} m, du proton ou neutron 10^{-16} m, de l'électron 10^{-17} m, des quarks 10^{-18} m, d'une corde 10^{-34} m, **longueur de Planck** $1,6 \times 10^{-35}$ m, **taille initiale de l'Univers** : 10^{-35} m à 10^{-43} s, - temporelles : **âge de l'Univers plus de** 10^{+18} s, **temps de génération d'une cellule** 10^{+4} s, **durée de vie** d'un boson ou d'un quark libre 10^{-24} s, **temps de Planck** $5,4 \cdot 10^{-43}$ s (pour plus de détails : <http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylogtagmotaphologie.pdf>). En ordonnées (Y niveau spatial d'organisation : échelle 1D en puissances de 10, échelle du volume 3D, en puissances de 3Y) : le **volume à l'état adulte** V_A (du système supposé sphérique). En abscisses (X niveau temporel d'organisation, échelle indiquée en puissances de 10) : le **temps de génération** t_g , durée d'atteinte de l'état adulte (durée de la phase de croissance). Pente de l'ajustement linéaire (qui n'est pas la pente au point d'inflexion) $K=+3/2$ (phylogtagmotaphologie) [19].

(au milieu) domaines *telescopic* monde cosmique, mal connu, modélisé, *unknown* monde quantique, inconnu, modélisé. [19]

(au milieu, à droite) **Courbe sigmoïde de croissance** (fig. 2a) : $V_A = f(t_g)$

Fig. 10c (en bas). Quel que soit le niveau d'organisation, localement (flèche orange), et globalement (flèche rouge) : $V_A^2 = C \cdot t_g^3$

Modèle d'homothétie fractale : l'écoexotope des uns est l'endophysiotope des autres et réciproquement.

À l'échelle de l'Univers entier (niveau **n**), comme à l'échelle des systèmes *parties* de notre Univers (cadres et flèches, vert, rouge ou violet, niveaux adjacents inférieurs **n-j**), comme à une échelle *au-delà* de notre Univers (niveau adjacent supérieur **n+1**), aussi bien quand on descend en organisation (flèche orange) que quand on monte en organisation (flèche rouge), **quel que soit le degré d'emboîtement et de juxtaposition, quelle que soit la place de l'acteur, local ou global, la même loi de puissance +3/2 relie toujours le temps de génération** t_g (durée d'acquisition de la capacité reproductrice) et le volume au moment de l'acquisition de l'état adulte V_A , **l'état de croissance en volume**.

LES "DIMENSIONS" DES ESPACE-TEMPS-ACTIONS DES SYSTÈMES VIVANTS.

Au niveau d'organisation cellulaire (niveau **i**), les réseaux d'interactions, entre protéines (niveaux, moléculaire **i-3** et supra-moléculaire **i-2**) et entre compartiments intra-cellulaires (niveau **i-1** des monères), sont des **réseaux hiérarchisés obéissant à des lois de puissance** [9, 20]. Est-ce aussi le cas aux autres niveaux d'organisation ? Quelles sont les "**dimensions**", physiques (espace, temps) et physiologiques (flux, croissance), correspondant aux "**capacités caractéristiques**" (invariance de jauge) des systèmes vivants ?

L'ontogénie (les étapes du développement) récapitule la phylogénie (l'histoire évolutive). Les structures fonctionnelles de l'espace-temps-actions actuel (niveau **i**) co-contiennent emboîtées, juxtaposées, et en interactions (fig. 3), les structures fonctionnelles remaniées et ré-assemblées de tous les endophysiotoxes anciens (niveaux **i-j**) [53, 54].

3.4. Limites et limitations : LA DIMENSION TEMPORELLE aux différents niveaux d'organisation.

La réponse à une stimulation d'une cellule (niveau **i**) n'est possible, que si le produit (**intensité**)x(**durée**), caractéristique du stimulus, dépasse un **seuil** d'excitation [16]. Puis la cellule passe par un état de non-excitabilité, même si la stimulation est supérieure au seuil, avant de pouvoir encore répondre. Pour tout niveau, cet état réfractaire disparaît après un temps de restauration d'au moins une période (fig. 9). Le temps d'adaptation à un stimulus (en ms) et le temps de restauration sont inversement proportionnelles (**loi hyperbolique**) et sont liés au stimulus par une **loi de puissance** [2, 6, 9]. Le **temps de restauration** d'une cellule, en ms ou en s (niveau **i**), ou d'un organisme, en s ou en min (niveau **i+1**), peut être réduit par des substances anti-oxydantes (niveau **i-3**), en concentrations micro-molaires. La concentration de l'effecteur protecteur x et la durée de restauration $y=f(x)$ sont reliées par une loi de puissance [9].

Chez les mammifères (niveau $i+1$), la **longévité** (Maximum LifeSpan, en années) et la **masse** corporelle (en kg) sont liées par une loi de puissance d'exposant $+1/5$. Chez la jeune fille, l'âge de la puberté, âge d'**acquisition de la capacité de se survivre**, de passage à l'état adulte (développement), n'est atteint qu'après l'acquisition d'une masse corporelle minimale pendant la phase de **croissance** (fig. 2). Si le poids redescend au-dessous de ce seuil l'organisme femelle devient aménorrhé et perd, au moins provisoirement, tant que la masse est insuffisante, la capacité de reproduction. La capacité de reproduction est la capacité qui apparaît en dernier (fig. 1, 4) et qui disparaît le plus rapidement : **“se survivre représente un coût énorme, qui ne peut être payé qu'un temps limité”** (entre la puberté et la ménopause chez la femme). **Le coût de la reproduction est “payé” par la croissance.**

Le coût de tout phénomène biologique est payé par la croissance [55].

“L'atteinte d'un seuil prend du temps.”, “La croissance permet de changer d'espace-temps.” (fig. 10a)

Les activités des populations d'une même chaîne alimentaire⁷ sont souvent synchronisées. Chez les bactéries (niveau $i-2$), la **croissance**, représentée par une courbe sigmoïde ou logistique, suit une loi exponentielle. La **“durée de survie”** et le **“temps de génération”** (la durée minimale de la phase de croissance nécessaire et suffisante pour qu'une bactérie se divise) sont liés par une loi puissance. Chez les Monères (bactéries et archées), le temps de génération et le **décodage de l'information génétique** (les biais dans l'usage des codons) suivent une loi de puissance $-2/3$. Chez les mammifères et les oiseaux, le **temps de génération** est co-relié à l'**entropie** selon une loi de puissance $+1$ et l'entropie est corrélée à la **masse** selon une puissance $+1/3$. La **durée maximale de survie** est co-reliée à l'entropie selon une loi de puissance $+1$ [9]. Les phénomènes climatiques terrestres (niveau macroscopique $i+3$, biosphère terrestre) obéissent à une loi de puissance. La **“durée de vie”** d'un phénomène (en **années terrestres**) est proportionnelle à la puissance $+5/3$ de sa **dimension** (rayon en km). La **“durée de survie”** (en **années humaines**) d'une institution internationale (niveau macroscopique $i+1$, espèce humaine), gouvernementale ou non, est proportionnelle à la puissance $+1$ du **nombre** de ses membres. Certaines durées peuvent être reliées à la **croissance en masse ou en volume**, et à la **croissance en nombre** (fig. 8) [9].

La valeur de l'exposant, $2/3$ ou $3/2$, puisque $2/3 = 1/(3/2)$, dépend d'abord des paramètres mesurés, et considérés *a priori* comme cause ou effet (**X1 et X2**, fig. 11), il s'agit d'une **co-relation**, non d'une corrélation. La valeur de la masse est la cause de la durée de la phase de croissance (fig. 2b, 10b) : il faut atteindre une masse minimale pour acquérir la capacité de se survivre. La masse accumulée dépend de la **capacité d'accueil** de l'écoexotopie de survie, mais elle résulte de la **capacité d'être accueilli** qui détermine l'utilisation de cette capacité d'accueil. La valeur de la masse est aussi l'effet de cette **interaction entre capacité d'accueil et capacité d'être accueilli** (fig. 8, 9b). La durée de la phase de croissance est alors cause de l'accumulation de la masse. La masse n'intervient pas de façon linéaire dans les phénomènes (fig. 4). Le volume d'un organisme est lié à sa masse et à sa forme; il est limité à la fois par la durée de la phase de croissance et les contraintes de la mise en place de son organisation, spatiale et temporelle. Le volume peut être l'effet (X2) ou la cause (X1) de la durée de la phase de croissance (X1 ou X2), selon le point de vue adopté (fig. 11).

Dans leurs actions ou leurs effets, le mouvement brownien, dans un volume sphérique **V_A** au cours du temps **t_g**, de mise en place d'une organisation spatiale (loi de puissance **V_A=f(t_g)** d'exposant $3/2$) (fig. 10), ou le décours temporel (loi de puissance **t_g=f(V_A)** d'exposant $2/3$) (fig. 11) et les phénomènes instantanés d'échanges à la surface d'une sphère (rapport de la surface au volume d'exposant $2/3$, ou du volume à la surface d'exposant $3/2$) sont équivalents (loi systémique constructale). **V_A** et **t_g** sont des limitations de l'endophysiotope imposées à la fois par les limites de la capacité d'accueil de l'écoexotopie et de la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope, et **t_g** est autant une limitation de **V_A** que **V_A** est une limitation de **t_g**.

3.5. Limites et limitations : “LES FLUX DE MASSE”.

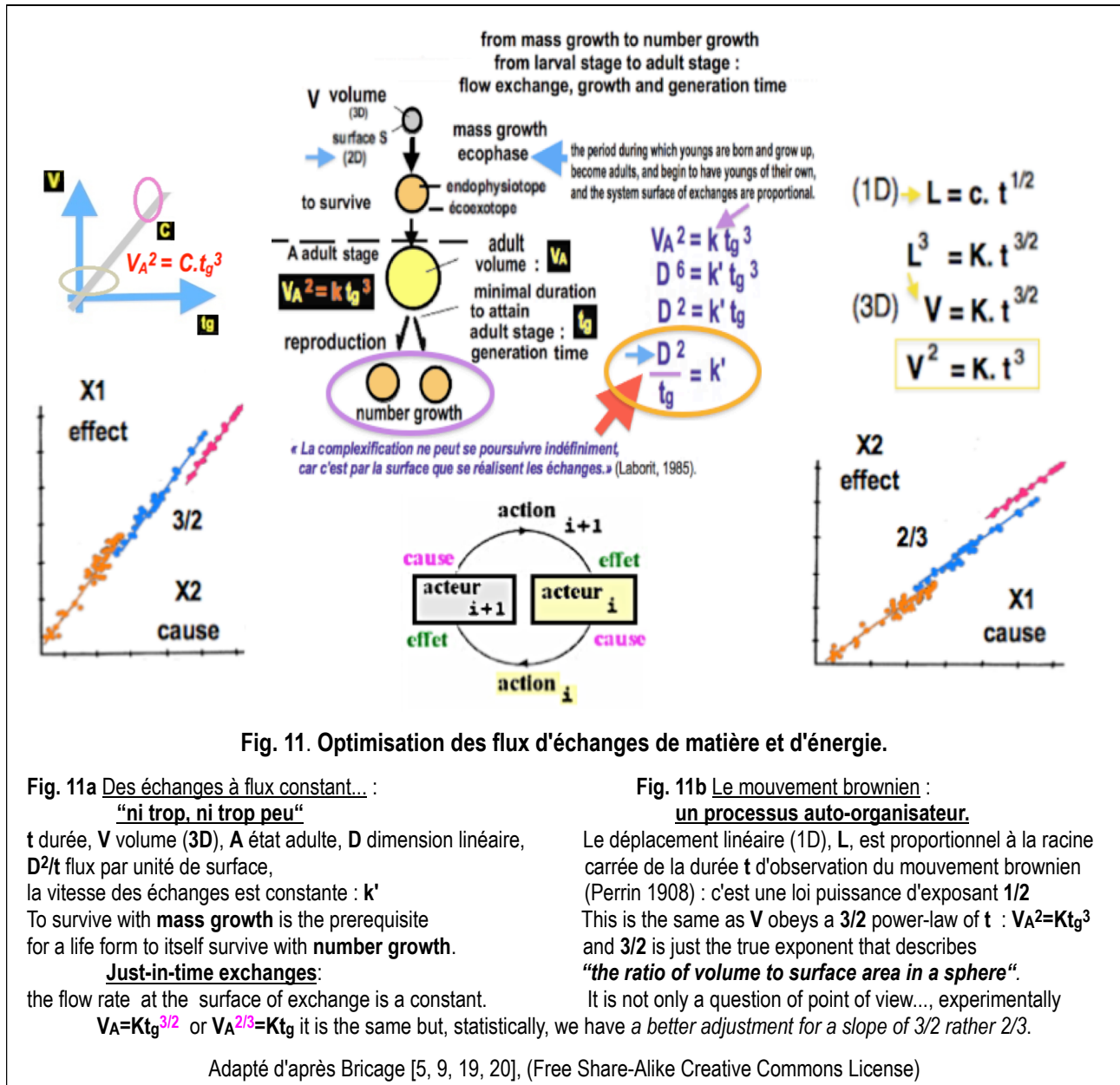
LE MOUVEMENT BROWNIEN, processus structural, constitutif, cause et effet de notre Univers ?

La loi de puissance **V_A = C.t_g^{3/2}** qui **relie le temps et l'espace** à tous les niveaux d'organisation de l'Univers (niveau $i+7$) est **semblable à la troisième loi de Kepler**, caractéristique des systèmes stellaires (sous-systèmes de niveau $i+4$), sauf que le coefficient est $3/2$ et non $2/3$ (fig. 11). C'est-à-dire que le temps y joue le rôle de l'espace et l'espace celui du temps. Cette loi **t_g = K. V_A^{2/3}** se répète de façon fractale (fig. 10b, 10c), pour le Tout, l'Univers, et pour ses parties [9], ce qui suggère que l'Univers pourrait être une **répétition d'emboîtements** (et de juxtapositions), la “somme” d'une **série d'événements de même loi de puissance 3/2**. Sans faire appel à aucune loi thermodynamique, on “tombe” indirectement sur un **phénomène thermodynamique fondamental de notre Univers : le mouvement brownien** [20], processus auto-similaire.

7 Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients.

Au sein d'une chaîne alimentaire, ce qui est un avantage pour les uns est un inconvénient pour les autres et réciproquement [56].

On peut remarquer que $2/3 = 1/(3/2)$ est souvent une **valeur seuil dans les phénomènes de percolation** (comme les incendies de forêt). $1/3$ est la **limite d'une série convergente** de puissances de 2 évoquant la **série des divisions** d'un sous-système (par exemple une cellule initiale, niveau i) qui donne naissance à un système adulte (par exemple un organisme méta-cellulaire, niveau $i+1$) au cours de la phase de croissance de son cycle de développement. Au niveau de l'Univers, la pente de la droite de régression entre la distance d'une source lumineuse et le décalage des longueurs d'onde reçues vers le rouge, qui permet la **détermination expérimentale de la constante cosmologique de Hubble**, est aussi de $2/3$... [9]. (La détermination graphique de la pente est "meilleure" pour $3/2$ que pour $2/3$.)



discussion-conclusion

Sans qu'il soit nécessaire de faire appel à un "hasard sophistiqué" ou à une "modélisation complexe", et en utilisant uniquement une **vision ago-antagoniste de la réalité**, il est possible de rendre compte de la complexité du vivant en emboitant et juxtaposant (fig. 3, 4, 7) des modèles (d'espace-temps-action), certes anciens mais **simples, prédictifs et qui ont fait leurs preuves**. Les systèmes vivants ne sont-ils pas constitués par emboitements et juxtapositions de modules, d'anciens systèmes remaniés [14, 15] ?

« **Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients.** » [32]. Mais, ce qui est un avantage pour un individu, une cellule, une génération de cellules ou d'individus, une société [36, 42], **dans un contexte qualitatif et quantitatif précis**, peut être, dans ce même contexte, un inconvénient pour un autre individu ou une autre cellule, ou le groupe dont ils font partie [43], ou l'écoexotopie de survie qu'ils partagent avec d'autres systèmes vivants [23]. Si **la capacité d'accueil de l'écoexotopie change, la capacité d'être accueilli de l'endophysiotope** du système vivant doit changer, pour permettre au système de survivre, et éventuellement de se survivre [1]... *"Tout est relatif !" [9] et momentanément...* [6]

« **Tout dépend d'une "parcimonie optimisatrice" : ni trop, ni trop peu.** » (fig. 11) [43, 57].

L'évolution vers un état critique a rarement lieu sans intervention extérieure (capacité d'accueil changeante d'un écoexotopie semi-ouvert) et sans paramètres de contrôle (interactions au sein de l'endophysiotope, semi-ouvert). La théorie de l'auto-organisation peut modéliser des changements brutaux du comportement d'un système composé d'un nombre important d'éléments en interaction dynamique [53, 58], mais c'est l'amplification d'une petite fluctuation interne qui peut mener à cet état critique, provoquant une réaction en chaîne (processus de percolation) menant à un changement du système. L'auto-organisation est un processus émergent où excepté **au moins un principe régulateur**, il n'y a, en apparence, ni centre organisateur, ni programmation au niveau local d'un projet global. On peut croire qu'elle n'est pas le fruit d'une intention prédéterminée : des agents en interaction, sans but commun pré-défini, vont créer, par imitation, une forme particulière d'organisation [59]. Mais **tout système vivant est doué d'une intention... : "survivre pour, tôt ou tard, se survivre"**. Cela explique que l'on peut observer les mêmes propriétés fonctionnelles aux niveaux pico-, micro-, macro- ou télé-scopiques (fig. 1, 11), même si les structures sont en apparence différentes (fig. 10).

Même s'il **n'est pas possible de prédire l'intensité et le moment** du changement, **dans un système non linéaire** (fig. 10, 11), **une petite cause peut avoir une grande portée** lorsque le système a atteint un état où il est **globalement métastable tout en étant localement instable** [12]. Cette instabilité locale (petites causes) peut générer une instabilité globale (grand effet) qui ramène le système vers un nouvel état métastable (ARMSADA). Les systèmes auto-organisés critiques possèdent **une double structure fractale, temporelle et spatiale** [60]. Les interactions entre variables descriptrices de leur fonctionnement (fig. 4) suivent des lois puissance⁸ (fig. 10).

Comment les systèmes vivants prennent-ils des décisions pour l'emporter lors des processus de lutte pour survivre [24, 25, 34] ? La théorie des jeux prédit **l'atteinte d'un équilibre de Nash** [43] si chaque "joueur" joue au hasard. Lorsque les choix sont limités, et encadrés par les interactions (bounded), elle prédit **la mise en place d'une stratégie persistante périodique**, cyclique [61]. Est-ce "un jeu" de hasard ? Oui, statistiquement chacun des choix est équiprobable ! Non, car il existe des techniques pour optimiser ses chances de gagner [62]. Tôt ou tard, une **suite temporelle périodique** (population-level collective cyclic behavior) devient, momentanément, **une stratégie gagnante** ! Sa mise en place est indépendante des gains quantitatifs potentiels. Elle est l'aboutissement au niveau global de **réponses conditionnelles locales** [63]. Pour étudier d'un point de vue bio-physique les lois de la morphogenèse du vivant, Alan TURING avait supposé **l'existence d'interactions ago-antagonistes** entre produits chimiques porteurs de sens et causes d'effets différents. Chaque signe communicant (nucléotide, fonction acide, fonction amine, hormone (niveau *i-3*)), chaque assemblage de signes (acides nucléiques, protéines, glucides, antibiotique (niveau *i-2*)) et chaque réseau de communication (solutions, surfaces d'interaction (niveaux *i-2* à *i*)) du vivant **a des avantages et des inconvénients** [64]. L'émergence de la vie impose **la constitution d'une frontière, d'une compartimentation** [14], d'une organisation fondée sur la perception-action, **qui sépare le soi et le non-soi**. À chaque niveau d'organisation existent des espace-temps-actions différents [14, 16]. Lorsque que les espaces sont semblables, c'est leur temporalité qui est différente [12]. Chaque nouveau niveau ne supprime pas les espace-temps-actions des niveaux d'organisation antérieurs qui l'ont précédé [65]. Au contraire, ils sont conservés, plus ou moins modifiés, et un nouveau système interactif émerge (fig. 11), qui représente une dimension spatio-temporelle nouvelle, et qui contient, pour sa mise en œuvre (fig. 1, 7, 12), **les systèmes précédents, emboîtés et juxtaposés**. Tous les systèmes, naturels ou artificiels, sont constitués d'**éléments discontinus et répétés en grand nombre, modules** dont l'assemblage permet de créer de nouveaux modules de niveau d'organisation supérieur (fig. 3).

Le discontinu protège, donne de la tolérance entre ces assemblages d'éléments (fig. 7).

La progression par niveaux permet d'utiliser les acquis antérieurs [19, 32].

La modularité permet de réduire les coûts de l'organisation et facilite l'intégration [14, 40].

La masse M est le facteur attracteur⁸ de cette auto-organisation (fig. 4) :

La matière, la répartition de la masse, impose au temps comment se construire

8 Loi de Kleiber $ME = K \cdot M^{2/3}$, loi de Bricage $t_g = K \cdot V_A^{2/3}$ et mouvement Brownien $L = C \cdot t^{1/2}$ donc $L = k \cdot M_A^{1/3}$, loi d'Enquist $N = K \cdot M_A^{-3/4}$

et le temps impose à la matière, à l'espace-temps-actions, comment fonctionner.

L'aspect vivant des êtres (fig. 1, 10a) réside à la fois dans les structures et dans les propriétés des processus (fig. 4, 11b), de maintien ou de changement, auxquels ils contribuent, activement, par une suite incessante de changements dans l'activité des compartiments de leur organisation (fig. 3, 7a). **Cette succession de changements, localement (fig. 7) et globalement (fig. 8), obéit à une loi de croissance (fig. 2a, 10b) qui relie de façon invariante, et indépendamment de l'échelle, le temps, l'espace (fig. 10c) et l'action (fig. 11),** même si les courbes locales de croissance peuvent être différentes. Quel que soit le niveau d'organisation, cette loi est présente dans les niveaux d'organisation adjacents, inférieurs et supérieurs (fig. 10, 11). Elle "accompagne" la montée de complexité (fig. 10), universelle, **"réalité indépendante,... réalité première par rapport à l'esprit humain"** [3, 9].

Toute structure auto-organisée est **maintenue par des interactions opposées ago-antagonistes** [66, 67]. Le tout est moins que la somme de ses parties et l'assemblage des parties dans **le tout est irréversible (ARMSADA)**. Tout équilibre est continuellement déconstruit et reconstruit par des rétro-actions (loi systémique constructive) (fig. 4). Tôt ou tard la croissance s'arrête (fig. 2). **La survie optimale va à l'encontre d'une stratégie de croissance maximale.**

Une croissance minimale, parcimonieuse, est nécessaire pour acquérir la capacité de se survivre.

Du point de vue d'un biologiste "extra-terrestre", l'homme n'est qu'une forme de vie (terrestre) parmi d'autres. Seule la mise en place d'une ARMSADA entre l'espèce humaine et les autres espèces avec lesquelles nous partageons notre biosphère permettra notre survie [23, 36, 68]. C'est "un examen de passage" [68] que chaque forme de vie passe au cours de l'évolution et auquel elle échoue (définitivement !) ou réussit, provisoirement... L'espèce humaine a **"temporairement réussi"**, il y a 10.000 ans, avec **la domestication "réciproque"** [47], des plantes (agriculture), des animaux (élevage) et des populations humaines (sédentarisation), une meilleure "gouvernance" de la gestion de la matière vivante. Avec les élevages industriels en batterie et l'agriculture industrielle hors sol, l'humanité est en train de rompre ce contrat de gestion parcimonieuse ago-antagoniste (ARMSADA), aux détriments de toute la biosphère et pour son seul profit [23, 69]. Après s'être comportée comme une espèce clé-de-voûte [70, 71, 72], l'espèce humaine se comporte maintenant comme une espèce virale [23, 36].

"Le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties, pour le meilleur et pour le pire." [73].

bibliographie

- [1] P. Bricage, "La survie des organismes vivants.", Atelier AFSCET Systémique & Biologie, Fac. Médecine des Saints Pères, Paris, France, 44 p., [web, 04 février 2000], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>
- [2] P. Bricage, "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.", Journée AFSCET L'évolution, du vivant au social. Atelier AFSCET Systémique & Biologie, Institut International d'Administration Publique, I.I.A.P., Paris, France, 11 p., [web, 01 déc. 2001], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>
- [3] P. Bricage, "Approche systémique de l'évolution du vivant. De la physique à la biologie et de la biologie à la physique, les lois systémiques d'individuation et d'évolution du vivant.", Teilhard Aujourd'hui 33: 31-39, mars 2010, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/fr>
- [4] A. Bejan & S. Lorente, "The constructal law and the evolution of design in nature.", Physics of Life Reviews 8: 209-240, October 2011.
- [5] P. Bricage, "Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages (ARMSADA) - A Fruitful Predictive Paradigm.", IASCYS Workshop [From individual to collective actions (associations) and conversely from organisations actions (lobbying) and societies actions (lawing) to individual actions: from ago-antagonism to symbiosis., <http://emcsr.net/book-of-abstracts/>], EMCSR 2014, [web, 19 May 2014], CC-License, systems 2(2): 43-60. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130218>, <http://armsada.eu/pbARMSADAemcsr2014.pdf>
- [6] P. Bricage, "Time Management by Living Systems: Time Modularity, Rhythms and Conics Running Calendars. Methodology. Theory and Applications.", Systems Research and Behavioral Science 30(6): 677-692, (2013).
- [7] P. Bricage, "Are the lunar, radiative and position, cycles responsible for the entrainment of the periodic awakenings of the man night sleep ?", Biological Rhythms : from Cell to Man. Polytechnica, Paris, pp. 183-190, (1993).
- [8] P. Bricage, "Cancer is a Breaking of the Cell's Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages Through an Aggression that Results in a Lack of Non-Autonomy.", UES congress, Lisboa, Portugal, 12 p., [web, 17 December 2008], CC-License, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226>
- [9] P. Bricage, "Loi puissance d'invariance spatiotemporelle des systèmes vivants.", Revista Internac. de Sistemas, 19: 5-33, décembre 2014, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01065974>
- [10] P. Bricage, "Mobilisation de la matière et de l'énergie, et croissance, aux différents niveaux d'organisation des systèmes vivants : les principes organisateurs d'émergence des systèmes vivants.", Journées annuelles AFSCET, Thermodynamique du changement-Aspects systémiques, Andé, France, 63 p., [web, 2 juin 2013], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/Ande13/pbAnde2013.pdf>
- [11] P. Bricage, "Les Caractéristiques des Organismes Vivants." Fac. Sciences, UPPA, APIDS, DEUG EGRN, Pau, France, 44 p., janvier 1991.
- [12] P. Bricage, "Les principes organisateurs d'émergence des systèmes vivants.", Groupe Émergence, Maison des Arts et Métiers, Paris, 62 p., [web, 12 février 2013], CC-License, http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/82/98/15/PDF/pbemergence2013_texte.pdf
- [13] P. Bricage, "The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems.", European Systems Science Congress, Greece, Hersonissos, Crete, Res-Systemica 4: 6 p., [web, 19 October 2002], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf>
- [14] P. Bricage, "Le langage du vivant : plurilinguisme, transfrontaliarité et associativité.", Congrès National ANLEA, UPPA Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, France, 9 p., [web, 12 mars 2005], CC-License, <http://web.univ-pau.fr/~bricage/pbANLEAPau2005.pdf>

- [15] P. Bricage, "The Metamorphoses of the Living Systems: The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of DisAdvantages (ARMSADA).", *European Systems Science Congress, Paris, France, Workshop 4: BioSystemics.*, *Res-Systemica* 5: 10 p., September 2005, CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage.pdf>
- [16] P. Bricage, "The modelling of the time modularity of the living systems: the time delay, the time duration, the time lag, and the rhythms.", *European Systems Science Congress, Paris, France, Workshop 9: Health Systems.*, *Res-Systemica* 5: 10 p., September 2005, CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage2.pdf>
- [17] P. Bricage, "ARMSADA, The way to be resilient and self-sustainable the living systems are running through.", *Governance for a Resilient Planet ISSS Congress, Waterloo, Canada*, 12 p., [web, 19 July 2010], CC-License, <http://journals.iss.org/index.php/proceedings54th/article/view/1491>
- [18] P. Bricage, "A new evolutionary paradigm : the Associations for the Mutual Sharing of Advantages and of DisAdvantages.", *In The creation of a sustainable society depends on Innovative Systems Thinking. 100th Anniversary of Karl Ludwig von Bertalanffy, EMCSR International Conference on Systems Thinking "Unity through Diversity", Vienna, Austria*, 1 p., September 2001, CC-License.
- [19] P. Bricage, "L'évolution créatrice: métamorphoses et phylotagmotaphologie du vivant.", *Lire l'évolution. Association Amis Pierre Teilhard de Chardin, Paris, France*, 109 p., [web, 13 novembre 2009], CC-License, <http://tinyurl.com/phylotagmotaphologie>
- [20] P. Bricage, "Survival Management by Living Systems. A General System Theory of the Space-Time Modularity and Evolution of Living Systems: Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages.", *World Conference on Complex Systems*, Agadir, Morocco, 16 p., [web, 01 June 2014], CC-License, <http://www.wccs14.org/keynotes.html>
- [21] P. Bricage, "Agoantagonisme, rétrocession et émergence : organisation des systèmes vivants, éducation à la systémique, santé et sociétalité.", *In Hommage à Emmanuel Nunez, Clinicien, Homme de Science, Systémicien.*, CNAM, Paris, France, *Res-Systemica* 10(11): 19 p., [web, 19 mai 2014], CC-License, <http://web.univ-pau.fr/~bricage/ResSystemica2014nunez.pdf>
- [22] P. Bricage, "Héritage génétique, héritage épigénétique et héritage environnemental : de la bactérie à l'homme, le transformisme, une systémique du vivant.", *Colloque AFSCET Évolution du vivant et du social : Analogies et différences.*, Andé, France, 20 p., [web, 19 mai 2002], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/heritage.pdf>
- [23] P. Bricage, "Living Networks of Networks: The Societal and Environmental Responsibility of Humanity in the Fight between Humans and the Wild.", *In Social Responsibility Beyond Neoliberalism and Charity.* (M. Mulej & R.G. Dick editors). Volume 4: *Social Responsibility - Methods, Dilemmas and Hopes.*, Chapter 13, pp. 252-272. (Bentham Science Publishers, Oak Park, USA).
- [24] P. Bricage, "La nature de la décision dans la nature ? Systèmes biologiques: production, consommation, croissance et survie. Quelles règles ? Quels degrés d'exigence ? Quels bilans ?", *Colloque AFSCET La décision systémique : du biologique au social.*, Andé, France, 16 p., [web, 18 mai 2001], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/Decision.pdf>
- [25] P. Bricage, "Du biologique au social, un exemple d'intégration: les associations à avantages et inconvénients partagés. En quoi un organisme est-il une association ? En quoi une association est-elle un organisme ?", *Associations du champ social, instruments des politiques publiques et acteurs de transformation.* Centenaire Associations loi 1901, Carrefour des Associations, Biarritz, France, 18 p., 24 novembre 2001, CC-License.
- [26] P. Bricage, "La Survie des Systèmes Vivants.", *Atelier MCX20 Prendre soin de l'homme*, Centre Hospitalier Général de Pau, 3 p., 19 octobre 1998, CC-License.
- [27] P. Bricage, "Un aspect de la flore et de la faune de la côte sableuse et rocheuse des mamelles. Quelques aspects des rapports entre les êtres vivants et leur milieu de vie : exemples d'actions des facteurs du milieu sur les êtres vivants.", *Bull. AASNS Dakar* 55: 17-41, (1976).
- [28] P. Bricage, "Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, Hibiscus sabdariffa L., Malvacées. IV. Influence des phénotypes parentaux et des conditions stationnelles sur la germination et le développement des individus : compétition entre individus.", *Bull. IFAN A* 46-1/2: 140-166, (1984).
- [29] P. Bricage, "La nature de la violence dans la nature : déterminismes écophysiologique et génétique de l'adaptation aux changements dans les écosystèmes végétaux.", *Colloque AFSCET La Violence.*, Andé, 7 p., [web, 18 mars 2000], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/violencePB.html>
- [30] P. Bricage, "Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, Hibiscus sabdariffa L., Malvacées. II. Résistance aux agressions climatiques et biologiques.", *Bull. IFAN A* 42-4: 679-701, (1980).
- [31] P. Bricage, "Lathyrus macrorhizus : influence des facteurs stationnels sur la floraison in situ.", *Can. J. Bot.* 62: 241-245, (1984).
- [32] P. Bricage, "Organisation, intégration et espace-temps des systèmes vivants.", *Colloque AFSCET L'intégration.*, Andé, 31 p., [web, 17 juin 2003], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde03.pdf>
- [33] P. Bricage, "Les boucles constructales en sciences de la vie : l'intelligence est-elle dans les boucles ?", *Journées annuelles AFSCET, Andé, Intelligence des systèmes et action collective*, 6 p., [web, 3 juin 2007], CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde07boucles.pdf>
- [34] P. Bricage, "Systèmes biologiques : le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ?", *La décision systémique.* Atelier AFSCET Systémique & Biologie, IAP Institut International d'Administration Publique, Paris, [web, 25 novembre 2000], 6 p., CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf>
- [35] P. Bricage, "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.", *In Molecular & Physiological Aspects of Plant Peroxidases*, Univ. Genève, Suisse, pp. 261-265, (1986).
- [36] P. Bricage, "La durabilité contractuelle du vivant. Seules perdurent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés." *In Anthro-po-politique et gouvernance des systèmes complexes territoriaux*, Presses Université des Sciences Sociales de Toulouse, France, pp. 111-117, (2005), <http://www.afscet.asso.fr/PBtlseMCX33.pdf>
- [37] P. Bricage, "Organisation et niveaux d'intégration." p. 4. *In Travaux dirigés de biotechnologie. DEUG Études et Gestion des Ressources Naturelles*, Fac. Sciences, UPPA, Pau, France, 55 p., (1986).
- [38] P. Bricage, "Balancing between individualism & collectivism, between union & breaking: for the one to survive, all the other ones must survive first.", *In Crises et réponses systémiques*, Bruxelles, Belgique, *Acta Europeana Systemica* 1: 18 p., [web, 21 October 2011], (ISSN 2225-9635), CC-License, <http://www.armsada.eu/files/pbARMSADA.pdf>
- [39] P. Bricage, "The Social and Environmental Responsibility of Mankind.", *In Social Responsibility.* *Acta Europeana Systemica* 1: 25 p., [web, 21 October 2011], (ISSN 2225-9635), CC-License, <http://www.armsada.eu/files/pbManSERqash.pdf>
- [40] P. Bricage, "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.", *UES-EUS Congress, Paris, France, Res-Systemica* 5: 11 p., September 2005, CC-License, <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf>

- [41] P. Bricage, "Évaluation des interactions entre les densité et diversité des chenilles de Lépidoptères et les diversité et degré de défoliation des feuillus d'un bois. Mesure de la polyphagie et prédiction des pullulations potentielles.", *Acta Entomologica Vasconae* 2: 5-21, (1991).
- [42] P. Bricage, "La gouvernance du vivant : les acteurs et les systèmes.", Colloque AFSCET, *La gouvernance*, Andé, France, 26 p., [web, 05 juin 2004], CC-Licence, <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde04GV.pdf>
- [43] P. Bricage, "Ago-antagonisme et dilemme itéré des prisonniers : équilibre de NASH, optimum de Pareto, modèle de Lotka-Volterra, méthode du simplexe... Quelles réalités ?", *L'Ago-Antagonisme Aujourd'hui. Hommage à Elie Bernard-Weil*, Journées annuelles AFSCET, Andé, 23 p., [web, 01 juin 2014], CC-Licence, <http://www.afscet.asso.fr/Ande14/pbEBWafscet2014.pdf>
- [44] H.H. De Fine Licht, et al., "Symbiotic adaptations in the fungal cultivar of leaf-cutting ants.", *Nature Communications* 5: 5675, 10 p., (2014).
- [45] G. Deida, et al., "Reversing excitatory GABA_AR signaling restores synaptic plasticity and memory in a mouse model of Down syndrome.", *Nature Medicine* 21: 318-326, (2015).
- [46] L.A. Fasching, et al., "TRIM28 Represses Transcription of Endogenous Retroviruses in Neural Progenitor Cells.", *Cell Reports* 10(1): 20-28, (2015).
- [47] M. Schubert, et al., "Prehistoric genomes reveal the genetic foundation and cost of horse domestication.", *Proc Natl Acad Sci USA* 111(52): E5661-9, (2014).
- [48] L. Taylor-Teeple, et al., "An Arabidopsis gene regulatory network for secondary cell wall synthesis.", *Nature* 517: 571-575, (2015).
- [49] M.M. Merino, et al., "Elimination of Unfit Cells Maintains Tissue Health and Prolongs Lifespan.", *Cell* 160: 461-476, (2015).
- [50] X. Tan, et al., "A Kinase-Independent Role for EGF Receptor in Autophagy Initiation ?", *Cell* 160: 145-160, (2015).
- [51] B.J. Enquist, et al., "Allometric scaling of plant energetics and population density.", *Nature* 395: 163-165, (1998).
- [52] D. Viana, et al., "A single natural nucleotide mutation alters bacterial pathogen host tropism.", *Nature Genetics* 47: 361-366, (2015).
- [53] J. Harr, et al., "Directed targeting of chromatin to the nuclear lamina is mediated by chromatin state and a-type lamins.", *J. Cell Biol.* 208: 33-52, (2015).
- [54] E. Zlotorynski, "Targeting chromatin to the lamina.", *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 16: 68, (2015).
- [55] S.Y. Park, et al., "Agrochemical control of plant water use using engineered abscisic acid receptors.", *Nature* 520(7548): 545-548, (2015).
- [56] M.R. Douglas, et al., "Neonicotinoid insecticide travels through a soil food chain, disrupting biological control of non-target pests and decreasing soya bean yield.", *J. Appl. Ecol.* 2: 250-260, (2014).
- [57] P. Bricage, "Homère « systémicien sans le savoir ? ». Approche systémique d'un "système de systèmes" : l'Odyssée.", Journées nationales annuelles AFSCET, Andé, [web, 14 mai 2011], CC-Licence, - texte (14 p.) <http://www.afscet.asso.fr/Ande11/pbOdyseeText.pdf>, - slides (16 p.) <http://www.afscet.asso.fr/Ande11/pbOdyseeSlides.pdf>
- [58] R. Axelrod & W.D. Hamilton, "The Evolution of Cooperation.", *Science* 211: 1390-1396, (1981).
- [59] C.S. Gokhale & A. Traulsen, "Evolutionary games in the multiverse.", *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 107(12): 5500-5504, (2010).
- [60] D. Sornette, "Critical Phenomena in Natural Sciences: chaos, fractals, selforganization and disorders.", Springer Verlag, Berlin, 528 p., (2006).
- [61] P. Bak, "How Nature Works: The science of self-organized criticality.", Springer Verlag, New York, 232 p., (1999). (ISBN-10: 038798738X)
- [62] Z.J. Wang, et al., "Social cycling and conditional responses in the Rock-Paper-Scissors game.", 21 p., [web, 01 June 2014], <http://arxiv.org/pdf/1404.5199v1.pdf>
- [63] A.H. Weatherley, "Notions of niche and competition among animals, with special reference to freshwater fish.", *Nature* 4862: 14-17, (1963).
- [64] J. Bendor, "In Good Times and Bad: Reciprocity in an Uncertain World.", *Am. J. Polit. Sci.* 31: 531-558, (1987).
- [65] M.A. Condon, et al., "Lethal Interactions Between Parasites and Prey Increase Niche Diversity in a Tropical Community.", *Science* 343(6176): 1240-1244, (2014).
- [66] E. Bernard-Weil, "Ago-Antagonistic Systems." In *Quantum Mechanics, Mathematics, Cognition and Action. Fundamental Theories of Physics* 129: 325-348, (2002).
- [67] E. Bernard-Weil & P. Bricage, "Les systèmes Ago-Antagonistes.", In *La gouvernance dans les systèmes*, pp. 67-72, Polimetrica International, Milano, Italy, (2007). (ISBN: 978-88-7699-094-6). <http://www.afscet.asso.fr/6ESSC/congresParis.html>
- [68] E. Fehr & U. Fischbacher, "The Nature of human altruism.", *Nature* 425(6960): 785-791, (2003).
- [69] G.W. Harrison, "Global Stability of Food Chains.", *The American Naturalist* 113(3): 455-457, (1979).
- [70] S.J. Majeski, "Arms races as iterated prisoner's dilemma games.", *Mathematical and Social Sciences* 7(3): 253-266, (1984).
- [71] M. Nowak & R. Highfield, "SuperCooperators. Evolution, altruism and human behaviour (or why we need each other to succeed).", Free Press, 352 p., (2011). (ISBN-13: 978-1439100189)
- [72] J. Sapp, "Evolution by Association. A History of Symbiosis.", Oxford University Press, USA, 272 p., (1994).
- [73] Z.J. Wang, et al., "Optimal interdependence between networks for the evolution of cooperation.", *Scientific Reports* 3: 2470, 7 p., (2013).

référence pour citer ce travail :

Bricage P. (2015), *L'organisation spatiotemporelle des systèmes vivants: atemporalité, temporalité et intemporalité.*, Journées annuelles AFSCET, *Temps et Systèmes*, Andé, France, 25 p., CC-Licence, <http://www.afscet.asso.fr/Ande15/pbTimesAnde2015.pdf>

Free ShareAlike

autres documents CC-Licence : <http://www.afscet.asso.fr/interventions.html>
AFSCET <http://www.afscet.asso.fr/anciengroupes.html>