

**Sémiologique graphique de l'espace-temps-action du vivant :
bilan épistémologique et praxéologique¹ de sa modélisation systémique,
co-déterminisme global, prédictibilité locale et imprédictivité glocale.
L'approche systémique des lois systémiques du vivant "vivant".**

Pierre BRICAGE

Faculté des Sciences & Techniques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64000 Pau, France,
membre de l'*Académie Internationale de Systémique et Science des Systèmes*

bricagepierre@gmail.com

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

résumé

Sous l'immense variété des formes vivantes se cache une similitude des mécanismes.

Une méta-analyse, à l'aide de nouveaux concepts <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130218> ayant abouti à des prédictions appliquées (vaccins curatifs, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00352578/fr> anti-SIDA & anti-cancer <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226/fr>), a permis de mettre en évidence des LOIS SYSTÉMIQUES DE L'ÉVOLUTION DU VIVANT (<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/fr>).

Quelles sont les "représentations minimales" indispensables (Bricage, 2006a), les outils et les principes, de mesure et de construction, "nécessaires et suffisants", pour décrire **les invariances**, les régularités, ou les irrégularités, du monde vivant (Bricage, 1991a), tant dans ses agencements spatiaux (Bricage, 2001b) et temporels (Bricage, 2005a & 2009b), que dans ses processus fonctionnels (Bricage, 2002b) et son évolution (Bricage, 2005b), **localement, globalement et glocalement** (figures 1 & 2) ?

Comment prendre en compte les interactions entre niveaux d'organisation différents (Bricage, 2009b) et à l'intérieur d'un niveau d'organisation ? Comment mettre en évidence, et modéliser (Vallée, 1995), le fait que **"le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties"** (Bricage, 2001a & b) ?

Comment aller de la complexité² à la simplicité (Duarte-Ramos, 2008; Berthoz, 2009) ?

mots clés : capacité d'accueil³, capacité d'être accueilli, champ, cyclicité, droite, échelle, écoexotopie, ellipse, emboîtements, endophysiotope, ergodicité, espace-temps-action, fractalité, global, glocal, intégration, juxtaposition, local, loi systémique constructale⁴, modélisation, organisation, produit, sigmoïde, somme, vivant.

Ce texte est disponible sous [licence Creative Commons paternité partage à l'identique tant pour la présentation, le texte ou les graphiques](#), ce **sous réserve d'indiquer la source du document** Bricage P. (2010) Bilan épistémologique de la modélisation systémique de l'espace-temps-action du vivant : co-déterminisme global, prédictibilité locale et imprédictivité glocale. *Vers une nouvelle systémique*. Andé, Journées annuelles AFSCET, 34 p. <http://www.afscet.asso.fr/Ande10/pbETA vivant10.pdf>

(le passage au format pdf a induit des coquilles d'impression des polices de caractères, merci de m'en excuser)

1 **définitions des mots-clés** : **épistémologie** (Largeault, 1988), **épistémologie et praxéologie** (Vallée, 1995).

2 "complexité" : état d'un système observable qui fait l'on ne peut pas percevoir de **possibilité d'indépendance entre ses parties**, qui, pourtant discernables, possèdent **des relations telles que leurs comportements créent un Tout, et en dépendent**.

3 **définitions actualisées des mots-clés** *In* Bricage P. (2006a) Danger des représentations non-systémiques. 1. Pouvoir de prédiction des représentations systémiques en Sciences de la Vie. *Les représentations au crible de l'approche systémique*. Journées annuelles AFSCET, Andé, 39 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde06txt.pdf> 2. MODÉLISATION : figures et références par mots clés. 21 p. (fichier pbAnde06fig.pdf) <http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/bibliographie/pbAnde06fig.pdf>

: écoexotopie, endophysiotope, ergodicité, fractalité (figures 1 & 4), le tout est à la fois plus et moins que la juxtaposition et l'emboîtement des parties (figure 7), capacité d'accueil & capacité d'être accueilli : droites et cycles (figure 10), organisation et intégration sigmoïde et tore (figure 11).

4 **définitions actualisées des mots-clés** *In* Bricage P. (2007a) Comment les systèmes biologiques mettent-ils en place (team building) des organisations, juxtaposées et imbriquées en réseaux (networks), "groupwares" robustes et durables ? Quels sont les facteurs limitants de ces processus ? *Intelligence des Systèmes et action collective*. Journées annuelles AFSCET, Andé, 42 p. <http://www.afscet.asso.fr/Ande07pb.pdf>

: boucle de causalité : action et réaction (p. 5.), contingence (p. 17.), "action et acteur" : "cause et effet" (p. 19.), loi systémique constructale : co-structuration du local et du global (p. 23.), vocabulaire systémique (p. 24 à 30.).

introduction

« *Les sciences se confrontent à des faits, formalisent et interprètent une extériorité. Des lois font apparaître des régularités (associées à des structures répétitives, spatialement ou temporellement). Des agencements fonctionnels font apparaître des organisations.* »⁵ (Bailly, 1991).

« *Aucun élément n'échappe à des interactions locales et c'est l'agencement des éléments et le type de leurs liaisons qui déterminent le caractère de la totalité qu'ils peuvent former.* » (Bailly, 1991).

Réciproquement, dans l'espace, dans le temps, et dans l'action (Bricage, 1976), « *c'est la nature du tout qu'ils sont appelés à former qui détermine la place et le rôle des éléments dans les liaisons où ils se trouvent coordonnés.* » « *Toute complexité est à la fois organisée et, récursivement, organisante.* » Edgar Morin.

Quel que soit leur niveau d'**organisation** (Bricage, 2000a) et d'**intégration** (Bricage, 2003 & 2004), et quelle que soit l'**échelle** (Bricage, 2009b), les **systèmes vivants** (Bricage, 2001a) sont des organisations en réseaux (Bricage, 2002a), modulaires (Bricage, 2002b), dans l'**espace** (Bricage, 2001b), dans le **temps** (Bricage, 2005a) et dans l'**action** (Bricage, 2000c, 2001a & 2007a).

« *La construction mathématique du monde réel est un élément constitutif de tout savoir. Des principes de preuve font référence à l'observation ou à l'expérience, à la mesure ..., dans un contexte de restructuration du monde où nous sommes aussi présents que l'objet de l'observation.* » (Bailly & Longo, 2006). Ainsi, les biologistes ont longtemps cru que le génome évoluait à un rythme constant, les mutations s'accumulant graduellement au cours du temps, et que grâce à cette horloge moléculaire linéaire ils allaient dater l'apparition des êtres vivants (Lopez, 2004). « *La capacité de prédiction constitue un test d'intelligibilité.* » (Bailly, 1991; Duarte-Ramos, 2008). « *Pour situer le réel dans sa diversité on procède par une approche classificatoire, taxinomique.* » (Rybak, 1990).
global, local et glocal

« *One of the greatest challenges when writing a primary research article for a multidisciplinary scientific journal is making the information and discussion as accessible and interesting as possible to readers from a variety of research specialities.* » (BioTechniques, 2009).

« *Quand on propose une structure... on utilise une pluralité de concepts provenant d'expériences conceptuelles différentes : la construction leur donne un "bon ordre" dans l'espace ou dans le temps, pour obtenir cette "ligne numérique" que l'on "voit" facilement, dans un espace mental, bien ordonnée.* » (Bailly & Longo, 2006), avec des opérateurs d'observation et de décision (Vallée, 1995).

« *L'ordre par régularité permet une grande prédictibilité des états et des structures, localement. L'ordre par singularité d'agencements fonctionnels autorise une prédictibilité des procès, fonctions et spécifications globales.* » (Bailly, 1991).

Quelles sont les "représentations minimales" indispensables (Bricage, 2006a), les outils et les principes, de mesure et de construction, d'interpolation et d'extrapolation⁶ (Busser, 2005), "nécessaires et suffisants", pour décrire les régularités du monde vivant (Bricage, 1991a), tant dans ses agencements spatiaux (Bricage, 2001b) et temporels (Bricage, 2005a & 2009b), que dans ses processus fonctionnels (Bricage, 2002b) et son évolution (Bricage, 2005b), **localement, globalement et globalement (figure 1b) ?**

L'effet d'un extrait de plantes médicinales (Kato & al., 2007), utilisé pour rétablir le bon fonctionnement global d'un organisme (niveau *i*), n'est pas la conséquence (lien de cause à effet) du rétablissement du bon fonctionnement de ses structures cellulaires, altérées, dé-réglées ou dé-réglées (niveau *i-1*), par le produit, mais de son action indirecte sur des bactéries (niveau *i-2*), non-identifiables et non-cultivables, hébergées par un autre organe (le tube digestif) que celui atteint (le foie). Ces bactéries, en agissant au niveau de complexes moléculaires (niveau *i-3*), affaiblissent le niveau d'agression de l'organisme vis à vis d'elles, tout en maintenant un niveau de défense suffisant vis-à-vis d'autres bactéries, contribuant ainsi à la fois à la survie préventive de l'organisme et à sa maintenance réparatrice, au sein de l'écosystème (niveau *i+1*) dont l'organisme n'est qu'une partie.

Comment prendre en compte les interactions (Bricage, 2004 & 2006a) entre **niveaux d'organisation** différents (Bricage, 2001b, 2009b) et à l'intérieur d'un niveau d'organisation (Bricage, 2006a & 2007b), et les effets de pléiotropie (Raeder & al., 2006), quand les niveaux de régulation (Dyachok & al., 2006) sont **juxtaposés et emboîtés, dans l'espace, dans le temps et dans l'action** (Bricage, 2001a, 2001b & 2009b) ?

5 Toute phrase indiquée « *en gras et italique* » est une citation extraite d'un document indiqué en référence (et cité à la suite).

6 L'interpolation consiste à trouver des valeurs "déduites" et non pas mesurées. « *Le principe de l'interpolation linéaire est simple : tout se passe comme si on remplaçait une portion de courbe entre deux points par la droite passant par ces deux points.* » (Busser, 2005). L'extrapolation permet de prévoir l'évolution d'un phénomène (figures 1a, 1c & 1d).

“When Less is More and when More is Less...”

« **Le tout est plus grand que la somme des parties.** » Confucius

« **Les bases d'une pensée de l'organisation et la première leçon de systémique est que "le tout est plus que la somme des parties".** » Edgar Morin⁷

Une recherche sur le réseau internet, pour "**le tout est plus que la somme des parties**" avec le navigateur de Google (le vendredi 05 février 2010), donne 184000 pages en français (60%), mais aussi 118.000 pages (40%) pour "**le tout est moins**" que la "**somme des parties**". Si on rajoute d'autres requêtes, on trouve 98.900 pages (25%) pour "**le tout est égal**" à la "**somme des parties**" et seulement 575 pages (0,1%) pour "**le tout est**" à la fois "**plus et moins**" que la "**somme des parties**" (Bricage, 2000c & 2001a), ce qui fait tomber les requêtes précédentes à 46% et à 29% (pour 401.475 pages différentes référencées). Pourquoi **seulement 0,1%** ? Rien n'est faux et tout est vrai ou rien n'est vrai et tout est faux ? Est-ce **lié au contexte**, épistémologique ou systémique ?

Depuis longtemps, on a pu écrire, selon un point de vue "mathématiques" (Franck, 1851) : « **Le tout est "abondant" quand la somme de ses parties propres est plus grande que lui. 12 est inférieur à 2+3+4+6=15** », ou/et « **Le tout est "déficient" quand la somme de ses parties propres est plus petite que lui. 10 est supérieur à 2+5=7** » ou/et « **Le tout est "parfait" quand la somme de ses parties propres est égale à lui-même. 11=11** ». Avons nous à choisir entre ces 4 conceptions ou à admettre leurs possibilités et à déterminer quelle modalité l'emporte dans tel domaine de la pensée ou/et de la réalité (Godin, 1998) ?

La même recherche donne 1 page (en français) pour "**le tout est égal**" au "**produit des parties**", 1 page pour "**le tout est plus**" que le "**produit des parties**" et 0 pour "**le tout est moins**" que le "**produit des parties**".

Ces autres assertions n'auraient-elles pas de sens d'un point de vue systémique ?

déterminisme ET imprévisibilité : avantages ET inconvénients

« **Les relations de cause à effet ont changé : le monde est non linéaire et le détail peut engendrer la catastrophe. Nul n'est aujourd'hui censé ignorer que les sciences ont subi de profondes mutations : fin du réductionnisme, éloge de la complexité, prise en compte de l'histoire, émergence de la théorie du chaos.**

Faut-il pour autant l'ériger en modèle unique ? » (Dahan Dalmedico, 2002).

« **Quand, dans un système à 2 variables, à comportement régulier, on ajoute une troisième variable, le système peut devenir chaotique. Aucune des 3 variables n'est aléatoire et pourtant on ne peut plus prévoir le mouvement de ce système qui ne fait jamais 2 fois la même chose. Il suffit de coupler 2 systèmes qui, pris indépendamment, sont extrêmement simples.** » (Bergé & Pomeau, 1995).

« **Un système chaotique est imprévisible, mais il est parfaitement décrit par des équations simples et déterministes. Le lien entre ces deux notions paradoxales, déterminisme et imprévisibilité est la propriété de sensibilité aux conditions initiales : deux conditions initiales semblables peuvent conduire à des états très différents du système.** » (Bergé & Pomeau, 1995).

Le chaos, décrit par des géométries particulières, fractales (Collectif, 1995), qui sont le propre des systèmes vivants, formés **par juxtapositions et emboîtements de systèmes pré-existants**, présente **des valeurs critiques, des attracteurs, des périodicités**, qui peuvent être des "marqueurs" de l'organisation, spatiale ou temporelle, du vivant "vivant". Le chaos "semble" être le propre du vivant (Rybak, 1990), il donne une meilleure adaptabilité à des systèmes dont **la multiplicité des acteurs** peut être, selon le contexte, **un avantage ou un inconvénient** (Bricage & al., 1989). Dans quelle mesure peut-on les étudier si toute "trajectoire" est chaotique et unique ? Est-ce simplement une question d'échelle (scaling) ? **L'itération** d'une fonction simple fait apparaître des cycles de toutes sortes et même, le chaos (Delahaye, 1995). **La composition** de systèmes linéaires permet de créer du chaos et de l'utiliser pour des prévisions (Brookes & Dickman, 2005). Mais..., les systèmes chaotiques ne sont pas complètement aléatoires (Zaslavsky, 1999).

Une ontologie positiviste, "pragmatique", du choix des entités à considérer comme "existantes" s'impose :

« **Il ne faut considérer et ne conserver que les questions qui ont trait au fonctionnement observable de l'être. Toute explication est soumise à la nécessité d'exprimer tout un ordre de phénomènes par les combinaisons d'un nombre limité de variables soigneusement déterminées. Les choses qu'on ne peut atteindre, on peut les éclairer par l'étude de leurs variations.** » (Valéry, 1988).

ET, « **L'opérationnalisme "réclame" qu'on s'en tienne au principe épistémologique, simple et fondamental, qu'un concept physique n'a de sens qu'à partir du moment où il est opératoire, mesurable dans le cadre d'une procédure expérimentale non-ambiguë. Le concept est alors "synonyme" de l'ensemble des opérations.** » (Bridgman, 1927 In Paquet, 2004), dont on détermine des **opérateurs** (Vallée, 1995).

⁷ http://fr.wikipedia.org/wiki/Edgar_Morin

1. Les aspects relationnels, “cause_actionnels”, prévisionnels :

liens, co-déterminisme global, “prédictibilité” locale, QUANTITATIF et QUALITATIF.

« *À la conception classique étaient associées non seulement les notions d'ordre et de lois, mais aussi l'idée de proportionnalité des effets aux causes. Celle-ci a joué le rôle de paradigme de la causalité : le monde était linéaire.* » (Dahan Dalmedico, 2002). Ne l'est-il plus ?

La biologie est la science qui étudie les organismes vivants et la manière dont ils interagissent entre eux et avec leur environnement (Raven & al., 2007).

La biosystémique⁸ est d'abord mesures : “chiffres et unités”... Elle est quantitative (figure 1).

« *Les modèles biosystémiques mettent en relation des études portant sur des “acteurs” dont les dimensions vont du nanomètre (biologie moléculaire) à la dizaine de centimètres (médecine) voire au kilomètre (écologie) et ils sont “rédigés” par des auteurs qui utilisent des unités différentes. Les relations entre ces mesures sont parfois seulement “évoquées”, parfois désignées par une unité “arbitraire”. Pour mesurer un même phénomène, certaines échelles sont linéaires, d'autres logarithmiques.* » (Krebs, 1985). Ainsi, dans l'insuffisance cardiaque du sujet âgé, la fréquence des hospitalisations, en coordonnées arithmétiques, augmente linéairement avec l'âge, la mortalité aussi, mais en coordonnées semi-logarithmique (Bounhoure, 2005). « *Certains auteurs estiment plus judicieux de transformer une variable continue en une variable booléenne ou une courbe sigmoïde en une droite. Les coordonnées spatiales peuvent être exprimées de façon cartésienne ou polaire, dans l'espace ou dans le temps.* » (Collectif, 1995). Pourquoi ?

1.1. Le monde est toujours linéaire: dose-dépendance et situations témoins, cinétiques.

Au cours du temps, l'oxydation du glucose par une lignée cellulaire est “représentable” par **une droite** (Wilson & al., 1986). Ce qui est bien “pratique” puisque **la pente de la droite donne la vitesse** du phénomène, linéaire. Des pentes différentes “visualisent” des “cinétiques” différentes ou/et des ruptures de pente visualisent des effets différents de médiateurs hormonaux ou de substances à action pharmacodynamique. C'est le “principe de base” de la mise au point d'un médicament ou de la vérification de l'effet d'un traitement ! Mais, ce qui importe c'est la relation de dose-dépendance entre l'intensité de la réponse observée (la réaction) et la concentration du stimulus (l'action), **leur co-interaction locale**, et **leurs interactions globales** éventuelles avec d'autres composantes de l'organisme.

Pourquoi dans le cas de l'étude de l'action de l'ocytocine et de la vasopressine sur la lignée pré-adipocytaire, étudie-t-on d'abord l'effet de la concentration en insuline ? Cette concentration en insuline, **globale**, “module”, parallèlement, **à la fois** l'oxydation du glucose (consommation **locale**) ou/et son incorporation sous forme lipidique (stockage **local**), avec **une co-relation** de même nature sigmoïde (Wilson & al. 1986), “corrélation” qui peut être “linéarisée” **par un changement d'échelle “approprié”**. Parce que, ce qui importe, c'est que cette situation, simple, car linéaire, peut servir de “témoin” (Bricage, 2008a) pour l'étude de l'action “complexe” de l'ocytocine et de la vasopressine sur le métabolisme lipidique **du futur** adipocyte, donc **permettre une prévision**. Comme le phénomène est représentable graphiquement par des segments de droite, les ruptures de pente en visualisent les concentrations critiques, correspondant à des changements de phases d'action (et de destinée) **au niveau cellulaire**, dans le cadre de son inter-action, **globalement**, à la fois avec **le niveau adjacent supérieur global**, le niveau de l'organisme, et **le niveau adjacent inférieur local**, le niveau moléculaire.

Ainsi, habituellement, l'observateur, ou l'expérimentateur, suit un phénomène au cours du temps (d'heure en heure, de jour en jour, de mois en mois), comme la survie d'une population de moules, dans différentes conditions d'écoexotope, en “espérant” que le phénomène sera interprétable graphiquement (Krebs, 1985). Dans le meilleur des cas, **le phénomène est linéaire, et la pente de la droite donne la vitesse** du phénomène **pour un écoexotope donné** (figure 2a). La pente est représentative de la façon dont la population, **quel que soit son niveau d'organisation** (cellule **i-1**, organisme **i**, écosystème **i+1**) utilise la **capacité d'accueil fournie par l'écoexotope de survie** (figure 1a). Mais, au cours du temps, la capacité d'accueil de l'écoexotope (**EXO**) **ne peut que changer**. La température de létalité d'une population de poissons, ou leur tolérance à une température élevée, peut changer au cours de l'année (Krebs, 1985). Et, ce temps est le plus souvent arbitraire et non-biologique. Ce n'est **ni un temps interne à l'endophysiotope ni un temps propre à l'écoexotope**. Or les systèmes vivants, à la fois, changent dans leur **champ d'espace-temps-action**, leur endophysiotope (**ENDO**) évolue, ET évoluent dans le champ d'espace-temps-action de leur écoexotope (Bricage, 1976 & 2009b). On peut suivre la répartition dans l'espace d'une association végétale (une prairie, une forêt), en fonction de la latitude ou de l'altitude. Elle se déplace, dans le temps externe, et possède un temps interne, fixé !

Comment s'affranchir du temps, et de l'espace, externes ou internes ? (figures 2a & 3).

La croissance de jeunes plants de platane en fonction de l'humidité du sol (Krebs, 1985) peut être représentée graphiquement, par des segments de droite. Cette relation (de cause à effet ?, peut-être ?), en tout cas cette **co-relation** entre un facteur de l'écoexotope (la teneur en eau) et un facteur de l'endophysiotope (la vitesse de croissance) est **indépendante de l'espace et du temps**. Pourquoi ?

1.2. Linéarité, proportionnalité, cause à effet, co-relation : cause_action, gradualisme.

L'interpolation d'un nuage de points par une fonction peut se faire de diverses manières (Lehning, 2005b), mais **c'est l'interpolation linéaire, dans un espace à 2 dimensions, qui permet la prévision la plus simple ET l'extrapolation la moins risquée** (Quinio Benamo, 2006). Même s'il est possible, voire "opportun", d'ajuster à une **fonction sigmoïde**, dans des situations fréquentes et variées (Bair, 2005), pour modéliser une action comme **la croissance** (Krebs, 1985), il est **préférable, en pratique, d'effectuer un changement de coordonnées, un changement d'espace-temps-action** (Bricage, 2009b), pour **avoir une représentation linéaire, la plus simple possible** (principe du rasoir d'Occam). La loi de Hubble (relative à l'interprétation du décalage vers le rouge, red shift, du spectre des galaxies) est **fondée sur une représentation linéaire de la relation** entre ce red shift avec la distance et la vitesse d'éloignement (Narlikar, 1991). Au niveau global de la biosphère terrestre, les variations de la température **peuvent être interprétées en traçant des tendances linéaires : des segments de droite** parallèles (figure 1d) délimitant les écarts observés possibles de la réalité ou du modèle (Octavia, 2006). C'est la même chose pour la représentation de l'évolution du niveau de la mer (Cazenave, 2006) qui dépend de l'évolution des températures. Les mêmes modèles **linéaires** (Cohen, 2005) permettent d'expliquer au niveau local ou global (Vallée, 1995), "simplement" (Berthoz, 2009), les comportements des organismes vivants "vivants" (Bricage, 1983, 1984a & 1998).

"Le tout est la somme des parties." Les exemples abondent ...**a) $ENDO_i = f(EXO_i)$ quel que soit le niveau d'organisation i .**

À tous les niveaux d'organisation, **$i+j$** , une réponse (ou une action) de l'endophysiotope, **ENDO**, peut être "associée" (mise en reliance) avec une cause, un effet ou une action de l'écoexotope, **EXO**, de survie.

a1. Au niveau (du champ d'organisation, spatiale et temporelle) de l'organisme.

L'intensité de la transpiration cuticulaire du criquet pèlerin (*Locusta migratoria*) en fonction de la température de l'air varie suivant 2 segments de droites avec une valeur précise de la température de rupture, de bascule, dans la phase des hautes températures léthales (Krebs, 1985). **Le même phénomène** régit la perte d'eau des isopodes terrestres : **2 segments de droites de pentes différentes**, 1 température de changement de phase. La différence n'est pas qualitative mais quantitative. Suivant le climat de l'écoexotope (désert, forêt tempérée, savane tropicale), ce sont **les pentes et les ruptures de pentes** qui diffèrent (Krebs, 1985).

a2. Au niveau (du champ d'organisation, spatiale et temporelle) de l'écosystème.

Dans les espaces insulaires et continentaux de l'aire méditerranéenne (Blondel, 1969), le nombre d'espèces d'oiseaux nicheurs des écosystèmes est proportionnel à la surface de l'espace d'accueil **en puissance de 10** (Blondel, 1990). **De même**, dans les espaces insulaires de l'aire méditerranéenne occidentale (Cheylan, 1984a), le nombre d'espèces de mammifères est **aussi** proportionnel à la surface de l'espace d'accueil **en puissance de 10** (Cheylan, 1984b). Et, la comparaison de ces dynamiques linéaires **permet une prédiction** : **"Les peuplements sont non-équilibrés, car l'homme y a introduit de nombreuses espèces nouvelles qui ont saturé ces communautés. On peut prévoir que celles-ci retourneront vers l'équilibre dynamique par le biais d'extinctions, après un temps de relâchement qui sera plus long que chez les oiseaux."**

a3. De la cellule à l'écosystème (bottom up) : le niveau du "champ métabolique" (top down).

Le gradient d'une cause ou d'une action (variation régulière de son intensité) entraîne souvent une réponse (**lien de cause à effet**) ou est souvent associé à une autre action (**co-relation**) d'intensité proportionnelle, **dans certaines limites** (figure 3d). Les courbes de tolérance sont ainsi typiquement des courbes en cloche avec un optimum (Smith, 1986), et **chaque phase, ascendante et descendante, de la cloche est une courbe sigmoïde qui, par changement d'échelle, peut être "ramenée" à une droite**. Mais ce n'est pas toujours le cas (Björnsson & Steinarrsson, 2002).

Tout phénomène métabolique, de **mobilisation de flux de matière et d'énergie** (respiration, photosynthèse), en fonction de la température, suit une courbe en cloche et présente un optimum thermique (Krebs, 1985). L'intensité de la photosynthèse en fonction de l'intensité lumineuse (tous les autres facteurs étant constants : température constante, teneur en gaz carbonique constante) suit une courbe exponentielle **qui peut être "assimilée" à 2 segments de droites**. La phase initiale des faibles intensités définit les écoexotopes où la lumière est un facteur limitant de la photosynthèse et donc de la croissance. **Les opérateurs épistémopraxéologiques** (Vallée, 1995) **sont linéaires**.

Ce qui change, du maïs, à la betterave ou au chêne, c'est **la valeur des pentes et des plateaux** (Krebs, 1985), **la façon dont l'endophysiotope de l'organisme utilise la capacité d'accueil de son écoexotop de survie**. Ce qui change c'est **sa capacité d'être accueilli** (figure 1a). Suivant le **type métabolique** de la plante (*Atriplex rosea* plante en C4, *Atriplex patula* plante en C3), les valeurs des pentes et des plateaux changent (Krebs, 1985). Ces phases linéaires sont donc bien **quantitativement représentatives de la capacité d'être accueilli** de l'organisme et de **la co-inter-action de son endophysiotope avec l'écoexotop qui lui est approprié** et avec lequel il est en adéquation, auquel il est adapté, dans lequel il est intégré, **avec lequel il ne fait qu'un !** (Bricage, 1991b & 2000a)

L'allure générale de la variation (Frontier & al., 2004) d'une activité biologique (de l'ENDophysiotop) en fonction de la température (de l'ECOexotop) suit plusieurs phases qui peuvent être "représentables" linéairement... à condition de choisir des échelles appropriées ! (Bricage, 2006a & b)

b) $ENDO_i = f(ENDO_i)$ quel que soit le niveau d'organisation i .

La relation entre le rapport adipo-musculaire moyen et l'indice pondéral chez l'homme est une **relation linéaire dont la pente et le seuil sont caractéristiques du sexe** (Vague & al., 1974).

b1. Au niveau de l'organisme.

Chez l'homme, l'insulinémie réactionnelle (réponse à l'hyperglycémie provoquée), régulatrice de la glycémie, et la glycémie à jeun (sa situation **témoin**) changent avec l'âge et dépendent du poids individuel (et du sexe). Elles suivent des courbes d'allures différentes, courbe en cloche (insulinémie) et courbe sigmoïde (glycémie), dont **les points critiques (maximum, seuil)** (Vague & al., 1974) sont déterminables **graphiquement par un changement d'échelle qui linéarise les courbes**. L'intensité (la vitesse) de la croissance en masse des arbres à feuilles caduques forestiers (chêne, châtaignier, bouleau) est proportionnelle à l'intensité de leur activité respiratoire (leur vitesse de mobilisation de flux de matière et d'énergie) (Krebs, 1985). **OU** est-ce l'intensité respiratoire (de leur endophysiotop) qui est proportionnelle à la vitesse de croissance (de leur endophysiotop) (?) (figures 1c & 2a), **indépendamment** des conditions d'éclaircissement ou d'humidité de leur écoexotop (?), mais **dans certaines limites, maximale et minimale**, de valeurs compatibles avec leur survie (Krebs, 1985). Le fonctionnement respiratoire est **co-relié**, suivant des phases linéaires, au fonctionnement photosynthétique. Les valeurs des pentes, et des plateaux, et des points de rupture, dépendent de l'espèce végétale considérée (chêne, pin) (Krebs, 1985).

b2. **Des lois linéaires indépendantes du niveau d'organisation ?**

En coordonnées log/log, l'augmentation de la taille du cerveau des mammifères adultes est proportionnelle aux 2/3 de celle du corps (Szalay, 1975). Le poids du cerveau ne dépend pas que du poids du corps mais d'abord de la surface du corps (surface d'échanges où aboutissent un très grand nombre de nerfs). Des pentes différentes peuvent visualiser des **lignées évolutives** différentes (lignées humaines, australopithèques, grands singes), des **inter-actions** différentes ou des **phénomènes** physico-bio-chimiques différents (Szalay, 1975).

Aussi bien chez les mammifères, homéothermes (régulation ENDOPHYSIOtherme), que chez les lézards, hétérothermes (régulation ÉCOEXOtherme), le métabolisme de base (la dépense minimale de matière et d'énergie), le coût nécessaire à la survie, est proportionnel(le) à la masse du corps (Smith, 1986). Ce qui peut signifier aussi bien, OU que la masse du corps **impose une limite minimale** du fonctionnement de survie OU/ET que, **reciproquement**, le fonctionnement de survie **impose une limite maximale** à la masse du corps.

Chez le pinson (oiseau, aérien, vertébré, homéotherme), la tortue luth (reptile, amphibie, vertébré, hétérotherme), le hareng (poisson, marin, vertébré, hétérotherme), le scorpion (arthropode, continental, invertébré, hétérotherme) ou les renoncules (plantes à graines, sauvages, dicotylédones, hétérothermes), les graminées (plantes à graines, de grande culture, monocotylédones) et les *Sedum* (plantes grasses), comme chez les mammifères (l'homme y compris ?), la probabilité de survie de l'ENDOPHYSIOtop d'un individu d'une population dépend de **son âge physiologique interne** (Smith, 1986) et évolue **par phases linéaires, dont les pentes changent d'une phase du développement à une autre** (plantes), et dépendent de l'intégration à l'ÉCOEXOtop de survie (Bricage, 2000b).

Quelle que soit leur allure (Frontier & al., 2004), les courbes de survie, **représentatives du lien** entre la probabilité de survie d'un endophysiotop et la valeur d'un paramètre fonctionnel de cet endophysiotop, peuvent être représentées par des (segments de) droites, à condition de choisir "certaines" échelles métriques (figure 1).

c) $EXO_i = f(ENDO_i)$, "reciproquement", : "tout est relatif"...

Suivant le niveau d'organisation et d'intégration considéré (figure 3b), un écosystème, ensemble d'un biotope et d'une biocénose, peut être "regardé" comme un endophysiotop (l'organisation écosystème **hébergée** par l'écoexotop terrestre, qui lui fournit une capacité d'accueil) OU un écoexotop, **hébergeant** des populations d'espèces différentes, et leur fournissant une **capacité d'accueil** (Bricage, 2006a & 2007a), **SI** elles ont la **capacité d'y être accueilli**.

Tout écosystème fonctionne À LA FOIS qualitativement (c'est une chaîne alimentaire, **un réseau de relations trophiques**) et quantitativement (les **rendements** du passage d'un maillon de la chaîne au suivant déterminent les flux trophiques possibles et les "partenaires" potentiels) (Stephen & Lockie, 1969).

Ainsi, l'environnement floristique caducifolié (qualitatif & quantitatif) d'un bois de feuillus détermine, par phases, linéairement, à la fois, la densité (quantitatif) et la diversité (qualitatif) des lépidoptères ravageurs de ces feuillus (Bricage P. & al., 1989). Dans cet écosystème, **le TOUT est à la fois PLUS et MOINS que la SOMME de ses parties**. Les espèces attaquées, parmi une biocénose d'espèces attaquables, représentent, à la fois, la **capacité d'accueil** de l'EXO de survie (Bricage, 1976), ce qui est "mangé" par les ravageurs "mangeurs", (survivre c'est "**manger**") et l'ENDO d'un écosystème prédateurs/proies dans lequel la relation prédateur/proie est **imprédictible, mais connaissable**. Et, **une fois connue, par l'observation et la simulation**, elle devient expérimentalement **utilisable pour une prédiction des conséquences d'actions imprévisibles** (Bricage, 2001a).

Le nombre des bactéries du genre *Mycobacterium* ou *Rhizobium* (dans la rhizosphère du soja), au cours des phases de son cycle biologique (Bricage, 1979 & 2006b), de phase en phase, entre 2 limites inférieure et supérieure, varie de façon sigmoïde (croissance ou décroissance) ou linéaire... selon le choix de l'échelle (Bricage, 2009b).

d) $EXO_i = f(EXO_i)$, quel que soit le niveau d'organisation i .

Dans la biosphère terrestre globale, les variations du niveau moyen de la mer (effet) sont proportionnelles à la "somme_action" d'un "âge ECOphysiologique" (cause), phase d'un temps INTRAcycle (Cazenave & Berthier, 2010).

L'allure générale de la variation (Frontier & al., 2004) d'une activité physico-chimique (de l'ÉCOexotope) en fonction de la température ou du pH (de l'ÉCOexotope) suit plusieurs phases qui peuvent être "représentables" linéairement... à condition de choisir des échelles appropriées ! ET dans un espace-temps-action approprié (figure 2) !

e) interactions entre niveaux d'organisation ou entre générations.

Dans un **espace des phases**, indépendant de l'espace et du temps (figures 2 & 4), il est possible de mettre en évidence **des relations linéaires entre des co-inter-actions entre des niveaux d'organisation, spatialement ou temporellement, différents**, à condition de définir des opérateurs épistémopraxéologiques appropriés !

e1. **Emboîtements et juxtapositions.**

Chez l'homme (Vague & al., 1974), le rapport du nombre (**croissance en nombre**) et du volume (**croissance en masse**) des adipocytes (**au niveau cellulaire**) d'un type par rapport à ceux d'un autre type, est proportionnel au rapport adipo-musculaire brachio-fémoral, caractéristique du phénotype (de l'ENDOphysiotope) de l'individu (**niveau de l'organisme**). Au cours de l'hyperglycémie provoquée (agression au niveau cellulaire, provenant de l'écoEXOtope) chez l'homme, le taux de production du cortisol (hormone globale du stress, marqueur de l'ENDOphysiotope) est une fonction linéaire croissante de **la somme** des élévations de l'insulinémie, dont la pente dépend du type d'obésité (androïde ou gynoïde) de l'organisme (Vague & al., 1974) ..., de la même façon que la maturation (croissance en masse, et en nombre, de l'ENDOphysiotope) des grains de maïs (**génération future, niveau supérieur adjacent**) de l'épi porté par la plante-mère (**niveau inférieur adjacent, de l'organisme**) est une fonction linéaire croissante de la somme des températures de l'écoEXOtope de survie. Cette "somme_action" est la **mesure d'un temps interne** (Vallée, 2002).

e2. **Agoantagonisme** (Bernard-Weil, 2002).

La densité à l'hectare d'une population d'arbres, un "champ" d'arbres" d'une même espèce (niveau de l'espèce), ce qui n'est pas une forêt (niveau de l'écosystème), est inversement proportionnelle au diamètre (croissance en masse et en volume) du tronc des individus (niveau de l'organisme), chez le pin ou le bouleau (Smith, 1986). Il y a **antagonisme** entre la **croissance en nombre** de la population et la **croissance en masse** des individus (Bricage, 1984c). **Ce phénomène "banal" est typique du vivant ! Tôt ou tard**, tout système vivant, **d'étape en étape** de développement, atteint ses **limites de survie**. Et, même l'Univers est limité (Bricage, 2009b).

Toute étape de croissance (Bricage, 1979) est toujours un préalable à une étape de développement (figure 1).

e3. Additivité et interactions "en équations".

L'amélioration génétique des espèces cultivées ou élevée par l'homme, par sélection de variants, est possible grâce à l'héritabilité des traits sélectionnés (Demarly, 1981) **parce qu'il existe une relation linéaire, additive**, entre le trait (le phénotype) dans la lignée parentale et le même trait dans sa descendance (Demarly, 1981; Krebs, 1985).

L'équation d'une droite, représentative de l'intégration d'un endophysiotope **Y (ou X)** dans un écoexotope **X (ou Y)** en un système linéaire, c'est-à-dire la condition portant sur les coordonnées **X et Y** d'un point (représentatif d'une co-inter-action, dans l'espace et dans le temps) pour qu'il appartienne au système, est de la forme **$aX+bY=k$** .

Ce qui signifie qu' "**habituellement**" **le TOUT est à la fois plus et moins que la somme de ses parties**, sauf si **$X+Y=k$** , alors **le TOUT est égal à la somme de ses parties**,

ou, si $Y=kX$, alors (tout ou partie de) l'une des parties (l'ENDOphysiotope ou l'écoEXOtope) est proportionnelle (**avec ou sans lien de cause à effet**) à (tout ou partie de) l'autre partie (l'écoexotope ou l'endophysiotope) ou à lui-même (ou à une partie de lui-même), **ce qui est souvent le cas** (Bricage & al., 1989).

Au sein d'une Association à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés (ARMSADA⁹), entre un champignon mycorhizien (*Glomus*), une bactérie (*Rhizobium*) et une légumineuse (soja), bien qu'on observe, lors de l'installation de l'association, une compétition antagoniste pour l'hôte (la plante), entre le champignon et la bactérie (Bricage, 2006b), une fois l'association mise en place, les 3 "**ne forment plus qu'un**" (Bricage, 2005c).

La mobilisation de la matière et de l'énergie de la plante est contrôlée linéairement par la croissance du champignon et, inversement, la mobilisation de la matière et de l'énergie par les racines de la plante contrôle linéairement la croissance de l'endomycorhize et linéairement l'activité nitrogénasique de la bactérie (Bethlenfalvai & al., 1985). **Les parties ne forment plus qu'un au sein d'un nouveau tout**. La pente de ces droites caractérise à la fois **la capacité d'accueil** que la plante fournit à la fois à la bactérie et au champignon ET **la capacité d'être accueilli** du champignon (en présence de la bactérie) et la capacité d'être accueilli(e) de la bactérie (en présence du champignon). Bien que de niveaux d'organisation différents (monère, cellule, organisme métacellulaire), les 3 partenaires ne font plus qu'un dans un niveau d'organisation supérieur, un nouvel organisme (qui est aussi un écosystème), une endosyncénose (Bricage, 2006b). On a affaire à **une co-inter-régulation linéaire** à tous les niveaux d'organisation (Bricage, 2009b) du nouvel organisme, aussi bien au niveau global de l'organisme mycorhizéen qu'au niveau moléculaire local à l'intérieur de tout ou partie de l'organisme (Voiblet & al., 2001).

1.3. Les aspects QUALITATIFS : limites, seuil, paramètre(s) critique(s), plateau, rien ou tout, ruptures et émergence(s) : ponctuation(s).

Le **développement** d'un organisme est l'acquisition de capacités fonctionnelles, de comportements (Masson & al., 1978) nouveaux, **étape par étape**. Tout passage d'une étape du développement à la suivante est une rupture, **une situation qualitative de rien ou tout**, il y a un **AVANT** et un **APRÈS** : avant la rupture cela n'existait pas (rien), après cela existe d'emblée (tout), de façon constante, jusqu'à la prochaine étape... (avant et après la naissance, avant et après la puberté, avant et après la ménopause), avec un **saut d'échelle** (figure 1c) **dans l'espace et dans le temps** (figure 2).

Ce n'est plus une situation quantitative linéaire proportionnelle (avec gradation et facteur limitant).

La croissance de la partie feuillée (ENDO) d'une plante non-mycorhizée par rapport à la même plante mycorhizée (autre ENDO), en fonction de la concentration en phosphore du sol (EXO) obéit à une telle situation qualitative (Bricage, 2006a & 2007a). **Tout se passe comme si** il y avait passage d'une situation quantitative linéaire proportionnelle (à facteur limitant) (plante non-mycorhizée) à une situation de (rien ou) **tout** (plante mycorhizée). C'est fréquemment le cas au niveau (d'organisation) des écosystèmes : une plante est absente ou présente et la nature de l'écosystème change du tout au tout (**d'un Tout à un autre Tout**).

A l'inverse, quand on compare, au niveau moléculaire, le fonctionnement de fixation réversible de l'oxygène, en fonction de la pression partielle en oxygène du sang (EXO ou ENDO selon le niveau d'organisation considéré), par la myoglobine (monomère) à celui de l'hémoglobine (tétramère), **tout se passe comme si** la myoglobine fixait tout l'oxygène possible ou rien, presque indépendamment de la concentration en oxygène (situation qualitative), alors que la fixation par l'hémoglobine suit une courbe sigmoïde (fonctionnement coopératif plus évolué, mais pas forcément plus efficace, selon le contexte !) "représentable" en coordonnées "appropriées" par une droite (Bricage, 2007a & b).

Les lois qualitatives sont révélatrices de **l'existence de paramètres critiques**. Elles permettent une "**prédictibilité**" **locale ou globale**. **Une émergence peut advenir, dans certaines limites**. Mais, même si tous les degrés de libertés du système sont connus, compte tenu de l'emboîtement et de la juxtaposition des systèmes vivants, de leurs itérations (en "poupées gigognes") et de leurs bifurcations (en "arborescences" fractales), et des **co-rétro-interactions** (figure 1b) qui en résultent (**loi systémique constructale**), elles restent **imprédictives globalement**.

2. Cyclicité, itération et dérivabilité : somme_action & produit_action.

"Le tout est autre que la somme des parties..."

Comment faire pour modéliser des phénomènes périodiques, ondulatoires, pour lesquels il n'est pas possible d'utiliser une interpolation linéaire ? (Henry, 2005). Les variations cycliques des effectifs d'une population, de génération en génération (Krebs, 1985), ou sous l'effet d'une agression (relation prédateur-proie) suivent des courbes sinusoïdes dont l'amplitude de la période est inversement proportionnelle à la stabilité du phénomène (Krebs, 1985; Smith, 1986; Frontier & al. 2004). Leurs interactions sont-elles linéaires (Edelman & Gally, 2001) ?

9 **ARMSADA** Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages <http://www.armsada.eu>

Aussi bien chez les végétaux (Johnsson & al., 1976) que chez les animaux, l'existence de **boucles de rétroaction** (Bricage, 2007b) **entre niveaux d'organisation** (à l'intérieur d'un ENDOphysiotope) ou entre écoexotope et endophysiotope, ou à l'intérieur de l'écoEXOtope (**entre générations**, ou entre prédateurs et proies, par exemple), a donné lieu à une importante modélisation mathématiques (Johnsson & Karlsson, 1972), linéaire et non-linéaire¹⁰, voire "**chaotique**" (Collectif, 1995), "**entre ordre et désordre**" (Collectif, 2002).

Pourtant, dans toute situation expérimentale, pour obtenir des résultats reproductibles et permettant une prévision, il faut se placer dans des situations imposant un fonctionnement linéaire (Ilagan & al., 2010), et d'interprétations linéaires, comme avec la "technique du simplex"¹¹ (Bricage, 2008b). La **méthode du simplex**¹² permet de rechercher des états d'équilibre en situation d'interaction (compétition, prédation) entre espèces (Krebs, 1985).

Les **courbes de croissance, ou de survie, ou de fécondité (se survivre)**, représentatives du **fonctionnement de l'endophysiotope** d'une population, en fonction d'un paramètre de cet endophysiotope ou d'un paramètre de leur écoexotope de survie (Krebs, 1985), **même dans un système de représentation convenablement choisi (arithmétique ou géométrique) ne sont pas toujours des droites ou des segment de droites.**

2.1. Périodicité spatiale et périodicité temporelle du champ d'espace-temps-action.

Le cas le plus simple d'onde progressive périodique est une onde dite "monochromatique". Si l'on prend un "**cliché**" du champ d'espace-temps-action à un moment donné, on voit que les propriétés, de l'écoexotope ou de l'endophysiotope, varient de manière sinusoïdale **en fonction de la position**. On a donc une **périodicité spatiale**, la distance entre deux maxima (ou minima) est la **longueur d'onde** λ . Si l'on prend des photographies successives, on voit que ce "profil" se déplace à une vitesse nommée vitesse de phase. Si l'on se place à un endroit donné et que l'on relève l'intensité du phénomène **en fonction du temps**, on voit que cette intensité varie selon une loi, elle aussi sinusoïdale. On a donc une **périodicité temporelle**. Le temps qui s'écoule entre deux maxima (ou minima) est la période T, inverse de la fréquence de répétition du phénomène, qui exprime donc l'existence d'un **horloge biologique**, d'un calendrier (**une trajectoire temporelle de fonctionnement**), d'un "**vrai**" **temps interne, "propre" au système** (figures 2b & 3a).

L'étude de la dynamique d'un système périodique, voire chaotique, "bruité" (comme le sont les systèmes physico-chimiques), est plus "facile" **dans l'espace "mathématique" des phases** (Matassini, 2002). En effet, **un signal déterministe simple**, comme une série temporelle suivant une trajectoire sinusoïde, dans l'espace des phases est un cercle¹³, quel que soit le nombre ou le type d'horloges internes et le niveau d'organisation (Yang & al., 2010) :

le temps est "écrit" sur le cercle, « **le temps se construit en cheminant** » (Bricage, 1993b & 2005a).

2.2. Cyclicité : cercle et ellipse. Rythmes biologiques.

Au niveau du système solaire (niveau **i+3** par rapport à celui **i-1** de la cellule) (Bricage, 2009b), **la loi des aires**, la seconde loi de Kepler, énonce que les orbites des planètes sont **des ellipses** dont le soleil occupe un des foyers et que dans le mouvement d'une planète le rayon vecteur balaie des aires égales en des temps égaux, et qu'il existe donc, dans le stellaire solaire, à la fois, **une périodicité spatiale et une périodicité temporelle**, propres à l'organisation de l'endophysiotope de tout système stellaire, **un temps interne** (Vallée, 2002), **une horloge biologique** (Robert, 1997).

a) ellipses.

Si on suit, **simultanément, dans le même temps "arbitraire", "externe à l'organisme"**, les changements de la glycémie, de l'insulinémie et de la glucagonémie chez les mammifères, on observe des courbes dont les variations sont parallèles, pour la glycémie et l'insulinémie, et "anti-parallèles", opposées, pour la glycémie et la glucagonémie (Bricage, 2004). Si on s'affranchit du temps externe, **dans l'espace des phases** de l'insulinémie et de la glucagonémie, **la loi systémique constructale, représentative des co-inter-actions entre ce couple d'acteurs** régulateurs de la glycémie (l'insulinémie et la glucagonémie), est **une ellipse "orientée" dans un temps interne, propre à l'organisme** (Bricage, 2004). « **Le temps est construit par l'organisme et le temps construit l'organisme.** » (Bricage, 2005a).

10 En mathématiques, les problèmes de programmation linéaire sont des problèmes d'optimisation (Fouilhoux, 2008) où **la fonction objectif ET les contraintes sont TOUTES linéaires**. http://fr.wikipedia.org/wiki/Programmation_lin%C3%A9aire

11 **L'algorithme du simplexe est une technique** (algorithme de George Dantzig) pour les problèmes de programmation linéaire (Naddef & al., 2006). <http://fr.wikipedia.org/wiki/Simplex>

12 **La méthode du Simplexe** est couramment utilisée pour résoudre des problèmes de Programmation Linéaire. Tout se passe comme si les points remarquables d'un phénomène, dans un espace des phases 2D, étaient donnés par les points d'intersection de 2 droites (Bricage, 2008b). **Quelle que soit l'échelle dimensionnelle c'est la représentation linéaire la plus simple (figure 4a)** <http://mathworld.wolfram.com/Simplex.html>

13 Dans un plan muni d'un repère orthonormé, l'équation du cercle de centre (a,b) et de rayon r est : $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$. C'est une application du théorème de Pythagore sur le triangle rectangle formé par un point du cercle et sa projection sur deux rayons parallèles aux axes; l'équation du cercle unité est donc $x^2 + y^2 = 1$ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Cercle>.

Tout se passe comme si, la glycémie, l'insulinémie et la glucagonémie suivent **une horloge, de révolution "inscrite" dans la structure** fonctionnelle globale de l'endophysiotope de l'organisme, et prenant en compte les interactions locales entre les différents niveaux d'organisation (cellulaire *i-1*, moléculaire *i-2*) à l'intérieur de l'organisme (niveau *i*), et les interactions locales entre l'endophysiotope et l'écoexotope de l'organisme, et entre l'endophysiotope des cellules et leur écoexotope (qui est l'endophysiotope de l'organisme) (figure 3b).

Le comportement moteur (mouvement) des différentes étapes du geste de nage de la souris (Grondarda & al. 2005) dans une piscine à courant constant, montre, **dans un cycle** de nage (Ria & al., 1993), l'existence de quatre phases distinctes, de durées variables, pour les phases d'effort et les phases de latence, chez les animaux entraînés ou non. Les phases caractéristiques du geste, ainsi que ses adaptations induites par un entraînement à la nage forcée, sont **modélisables par des ellipses**, qui rendent compte parfaitement du fait que l'augmentation de la durée des périodes de récupération avec l'entraînement contribue à l'acquisition d'un travail moteur plus efficace rendant compte d'une amélioration de la performance. La souris utilise **"naturellement"**, **à l'intérieur d'un cycle** de nage, un mode de locomotion intermittente, associé à une amélioration des performances permettant une production d'énergie plus efficace, qui a été mis en évidence chez de nombreuses espèces animales, des amphibiens à l'homme.

b) cercles.

Un cercle a une courbure constante. Pour un courbe quelconque la courbure n'est pas constante, elle correspond en chaque point à la courbure du cercle qui se confond le mieux avec la courbe au voisinage (Bellaïche, 2006). **Une ellipse n'est qu'un cercle "régulièrement" déformé**. Ne peut-on pas, **dans l'espace des phases**, décomposer un phénomène biologique en phases circulaires successives, de la même façon que précédemment on a décomposé un phénomène en phases linéaires successives ?

b1. $ENDO_i = f(EXO_i)$, **temps interne ET temps externe**.

La transpiration de l'ENDOphysiotope de jeunes plants d'avoine obéit à **un rythme interne**, de périodicité mesurable, indépendant du temps externe. Mais qui peut être modifié par des acteurs externes de l'écoEXOtope, comme la quantité des sels de lithium (Brogardh & Johnsson, 1974) ou comme la quantité ou/et la qualité de la lumière (Brogardh & Johnsson, 1975). **Tout se passe comme si** l'horloge était "déformée" par des acteurs externes ou internes, gagnait ou perdait des graduations. Cette périodicité suit une loi sinusoïde (comme celle de la relation prédateurs-proies) dans un temps externe à l'organisme, mais **dans un temps interne à l'organisme, c'est un cercle** qui est parcouru (comme dans l'espace des phases de la glycémie, où c'est une ellipse) (figure 3a).

b2. $ENDO_i = f(ENDO_i)$ (dans l'espace des phases de l'endophysiotope).

Chez de nombreuses plantes, la régulation de la teneur en eau de l'endophysiotope aérien, foliaire, suit de même **des oscillations auto-entretenues**. Des bifurcations de rythme (Winfree, 1994), des changements discontinus, une rupture, de la valeur de la période, voire une arythmicité, peuvent être la conséquence de changements, continus ou brutaux de la teneur en eau de l'endophysiotope souterrain, racinaire, à la suite ou non de changement dans leur écoexotope (Prytz & al., 2003). Des ruptures antérieures peuvent provoquer ou empêcher des ruptures ultérieures, ou provoquer une "ré-initialisation" du système, **sans qu'il soit possible de le prévoir** (Johnsson & al., 1979). Les variations de l'évapotranspiration foliaire **peuvent être représentées par des modèles linéaires**. À l'aide de simulations, une LOI systémique constructale simple **de rétro-action interne** suffit **pour expliquer les résultats** expérimentaux non-linéaires, circulaires. Les oscillations de la transpiration de l'avoine présentent à la fois **un point d'équilibre stable et un point de rupture de singularité**, qui correspond au maintien de l'horloge ou au saut d'une horloge à une autre (**d'un cercle à un autre**, dans le même espace de phases). Ces points sont **des attracteurs** (figure 4b).

Le rythme circadien d'éclosion, des oeufs ou pupes, chez la drosophile, *Drosophila pseudoobscura*, et celui d'éclosion des fleurs, du mouvement des pétales, chez *Kalanchoe blossfeldiana* ressemblent à ceux de l'avoine.

b3. $EXO_i = f(ENDO_i)$, **temps de génération** (Bricage, 2009b).

La représentation sinusoïde de l'évolution, parallèle, **de génération en génération**, de l'effectif des populations de prédateurs et de proies, qui constituent la structure d'un écosystème, cède la place à **une représentation par cycles emboîtés dans l'espace des phases des densités** (représentation de Lotka-Volterra) (Krebs, 1985). Les trajectoires **juxtaposées** des dynamiques proies-prédateurs s'enroulent **autour d'un attracteur cyclique** (cercle ou ellipse ou point) lorsque les oscillations sont entretenues (Frontier & al., 2004).

b4. $EXO_i = f(EXO_i)$ (dans l'espace des phases de l'écoexotope).

La **capacité d'accueil de l'écoexotope de survie** peut être visualisée par des courbes représentatives des co-interactions entre 2 paramètres "acteurs" de l'écoexotope, entre le pH de l'eau et sa teneur en bicarbonates, pour les rotifères, entre le pH de l'eau et sa teneur en calcium disponible pour des espèces de Myriophylles (Krebs, 1985).

La distribution des points représentatifs des capacités d'accueil suit une figure polygonale qui souvent peut "circonscrire", ou être circonscrite suivant, **une ellipse**¹⁴, ou **un cercle**¹⁵, plus ou moins déformé(e)s (figure 3a).

Les climatogrammes sont **une représentation pseudo-cyclique**, dans l'espace des phases de l'écoexotopie, **de la relation** entre les températures et les précipitations mensuelles (Frontier & al., 2004). Un diagramme des réactions aux stimulations de l'ENDOphysiotope d'un organisme habitant de cet écoexotopie, peut souvent être superposé à ce même espace (Frontier & al., 2004) sous forme de **cycles emboîtés et juxtaposés**.

La **capacité d'accueil d'un écoexotopie** pour un prédateur peut être représentée, dans l'espace des phases, **à défaut de trouver une représentation linéaire**, par des "combinaisons" de cercles ou d'ellipses, représentatives de la relation entre la densité ou la taille de ses proies et leur localisation, altitudinale, latitudinale ou climatique (Krebs, 1985).

2.3. Constance des co-interactions, interférences et courbes des seuils :

de la somme_action (linéarité, additivité) au produit_action (hyperbole).

La **densité d'une population** animale (d'invertébrés aquatiques, d'invertébrés terrestres, d'oiseaux, de mammifères, de reptiles ou de poissons), dans un écosystème naturel, exprimée **en puissances de 10**, est inversement proportionnelle à la masse du corps des individus de chaque espèce, en puissances de 10 (Krebs, 1985).

Tout se passe comme si **logY+logX=K**. Comme si il y avait **une limite à la quantité globale**, $Y \times X = k$, de matière et d'énergie (et d'information ?), de structures, accumulable(s) en un même champ d'espace-temps-action.

"Le tout est le produit des parties."

a) $ENDO_i = f(ENDO_i)$ quel que soit le niveau d'organisation i .

Chez les plantes légumineuses inoculées par des souches de *Rhizobium*, la relation entre la dimension Y d'un nodule et le nombre X de ces nodules racinaires suit une **loi hyperbolique** $YX=k$ où la constante k dépend (de l'ENDOphysiotope) de l'espèce de légumineuse (Bricage, 2006b). La vitesse de la croissance en longueur X et la vitesse de la **croissance en masse** Y de cyanobactéries en culture sont **reliées par une loi de contrainte hyperbolique** $XY=k$ où k dépend de la **capacité d'accueil de l'écoexotopie** exprimée par **la qualité** (et non la quantité !) de l'azote disponible (Layzell & al., 1985).

Chez les mammifères, **la quantité de stimulus efficace, au-delà d'un seuil** (intensité minimale ou liminaire), d'un muscle par un courant continu, q, est proportionnelle au temps $q = a + b t$ (linéarité de la loi de l'excitation électrique). La loi des **quantités d'excitation** électrique (CAUSE), des nerfs et des muscles, relation entre la durée du passage et l'intensité nécessaire du courant pour obtenir une réponse (EFFET), **donnée par l'expérience, n'est pas une droite, mais une hyperbole** (Weiss, 1901). Chez les mammifères, **la courbe des seuils** (intensité i du stimulus en ordonnées, durée t du stimulus en abscisses), à l'origine des définitions des notions de rhéobase et de chronaxie, **q=it** est une hyperbole, **it=k**.

b) $EXO_i = f(EXO_i)$ quel que soit le niveau d'organisation i .

La courbe représentative de la **capacité innée de croissance** d'une population d'insectes parasites du grain de blé (1 point = 1 population) en **fonction de la capacité d'accueil** de leur écoEXOtope de survie, représentée par la relation entre la **température** (externe aux grains) et la **teneur en eau** (interne) des grains suit une hyperbole, "plus ou moins déformée", dont la position dépend de cette **capacité innée (déterminée génétiquement) d'être accueillie** (Krebs, 1985; Griffiths & al., 2001). La trajectoire d'un système prédateur/proie **tend vers une hyperbole** quand une proportion constante des proies bénéficie d'un refuge (Frontier & al., 2004).

14 Dans la vie courante, **l'ellipse** est la forme qu'on perçoit en regardant un cercle en perspective, ou **la figure formée par l'ombre d'un disque sur une surface plane** (figure 4b). On trouve, **en première approximation**, des ellipses dans les **trajectoires des corps célestes** (planètes, comètes ou satellites artificiels) en orbite autour d'une étoile ou d'une autre planète. Ainsi, la Terre parcourt-elle, en première approximation, une ellipse dont le Soleil est un foyer [http://fr.wikipedia.org/wiki/Ellipse_\(math%C3%A9matiques\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ellipse_(math%C3%A9matiques))

En mathématiques, une ellipse est, une courbe plane fermée **obtenue par la projection d'un cercle sur un plan** à condition que la direction de la projection ne soit pas parallèle au plan du cercle, **ou par l'intersection d'un cône droit avec un plan**. Il faut alors que le plan ne soit pas trop penché (que l'angle entre la normale au plan et l'axe du cône soit inférieur au complémentaire de l'angle du cône, angle entre l'axe de cône et une directrice). (L'ellipse est à la fois la section d'un cône et une courbe de Lissajous.) En géométrie, elle est **LE lieu des points dont la somme des distances à 2 points fixes, dits foyers, est constante** (sa construction est très simple). Une ellipse est une conique d'**excentricité strictement comprise entre 0 et 1**. <http://mathworld.wolfram.com/LissajousCurve.html> <http://mathworld.wolfram.com/Ellipse.html>

15 Un cercle est une courbe plane fermée constituée des **points situés à égale distance d'un point** nommé centre. La valeur de cette distance est appelée rayon du cercle. **Un cercle est un cas particulier d'ellipse**. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Cercle>

Le cercle est une ellipse dont les foyers sont confondus au centre du cercle. C'est une **conique dont l'excentricité vaut 0**.

Elle est obtenue par l'intersection avec un cône de révolution d'un **plan perpendiculaire à l'axe de révolution du cône** (section droite).

Dans le plan euclidien, il s'agit du "rond". Dans un plan non euclidien (distance non euclidienne), **la forme peut être plus complexe**.

<http://mathworld.wolfram.com/Circle.html>

c) $ENDO_i = f(EXO_i)$ quel que soit le niveau d'organisation i .

La quantité d'eau consommée par unité de poids (mobilisation de la matière et de l'énergie) en fonction de l'âge (physiologique) du porcelet obéit aussi à **une loi hyperbolique** (Aumaitre & al., 1964).

d) $EXO_i = f(EXO_i)$ quel que soit le niveau d'organisation i .

Fluage, densité, interactions, **les lois hyperboliques**¹⁶ sont banales en physique¹⁷ (Alonso & Finn, 1986).

e) Les co-interactions entre niveaux d'organisation ou entre générations.

La **densité d'une population** de spermatozoïdes, comme pour toute population, de cellules, d'organismes (Bricage, 1984b & c) ou d'espèces, est aussi **inversement proportionnelle** à la masse de chaque spermatozoïde, c'est **le produit (densité)x(masse)** qui est une **constante spécifique** (Bjork & Pitnick, 2006). Plus il y a de spermatozoïdes produits, plus ils sont petits. Chez les espèces isogames, les spermatozoïdes et les ovules sont de même taille et produits en quantités comparables. Chez les espèces anisogames, "habituellement" le sexe mâle se spécialise dans le très grand nombre de spermatozoïdes, de très petite taille, alors que le sexe femelle, à l'inverse, ne produit qu'un seul ovule géant. Tout se passe comme si le coût de production, pour l'organisme (niveau i), de ses gamètes (niveau $i-1$) était le même, obéissant à une loi hyperbolique "banale" (figure 4c) contrôlant le nombre potentiel d'individus de la génération future. La compétition pour la reproduction ne s'exerce plus alors qu'entre individus de sexe mâle (au niveau de l'organisme) et qu'entre gamètes mâles (au niveau cellulaire) "sous l'arbitrage" de l'organisme femelle (den Boer & al., 2010). De la même façon, à mesure qu'une cellule ou qu'une espèce se spécialise dans une potentialité, franchit une étape de développement, gagne de nouvelles compétences, elle en perd d'anciennes.

Tout ne peut être fait en même temps, ni au même endroit, il existe des limites spatiales, des limites temporelles et des limites matérielles et énergétiques d'action, à la fois **à la capacité d'accueil** de l'écoEXOtope et **à la capacité d'être accueilli** de l'ENDOphysiotope (figures 3 et 4) (Bricage, 2001a).

Ainsi, chez la souris, l'acquisition de la maturité sexuelle (ce qui est un avantage pour la survie de l'espèce) a pour "contrepartie" la diminution de la capacité d'apprentissage (ce qui est un inconvénient pour l'individu), de tâches facilement apprises avant (Shen & al., 2010). N'en est-il pas de même chez l'homme (Bricage, 2008a) ? Pourquoi, et en quoi, serait-il une exception ? « **Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients.** » (Bricage, 1998 & 2005c).

3. La topologie du champ du vivant : un mélange de contraintes quantitatives et qualitatives.

« **Les modèles sont valables par tranches** », donnant **des successions** de segments rectilignes de pentes différentes (Frontier & al., 2004) ou **des juxtapositions et emboîtements** de cycles (cercles ou ellipses) de diamètres différents. **Droites, cycles ou hyperboles constituent des lignes de niveaux** (Frontier & al., 2004) des inter-actions biologiques, entre l'écoexotope ou/et l'endophysiotope, projetées **dans un espace de phase à 2 dimensions**.

Ces objets géométriques se substituent à l'espace usuel, devenant ainsi le lieu, les géodésiques (Dal'Bo, 2007), d'une nouvelle géométrie fonctionnelle des interactions minimales (Sà Earp & Toubiana, 2009).

3.1. Les lois de co-relation sont représentables par **des courbes coniques**.

Quel que soit le niveau d'organisation (Bricage, 2009b) il est possible de trouver une représentation linéaire (droite ou segments de droites), circulaire (cercle plus ou moins déformé) ou hyperbolique, **représentative d'un déterminisme global et permettant une prévision locale** et même au niveau stellaire (Piau, 2004) où les relations entre énergie rayonnée et température de surface (droite), entre luminosité et indice de couleur (cercle) permettent de déterminer **l'âge "physiologique"** de l'endophysiotope (Bricage, 2009b) de l'étoile et ses propriétés fonctionnelles.

Toute équation du second degré peut être "vue" comme **un produit scalaire** (Lehning, 2005a) :

$$aX^2+2bXY+cY^2 = X(aX+bY)+Y(bX+cY) = K \text{ des vecteurs de coordonnées } (X,Y) \text{ et } (aX+bY, bX+cY).$$

L'ellipse est l'ensemble des points M dont **la somme** des distances à 2 points fixes, P et Q, est constante : $MP+MQ=K=a+b$. C'est la même chose pour **le cercle** de rayon r , $OM+OM=2r=K$ (P et Q étant confondus en O, $a=b=r$). L'équation de l'ellipse $(X/a)^2 + (Y/b)^2 = 1$ se réduit alors à celle du cercle $X^2+Y^2 = k^2 = r^2$

L'hyperbole est l'ensemble des points M dont **la différence** des distances à 2 points fixes, P et Q, est constante : $MP-MQ=K=a-b$ et telle que $X^2 - Y^2 = k^2$ ou $XY=K$. (La parabole $Y=X^2$ est un cas particulier, à la fois d'ellipse et de cercle, $MP=MQ$, par rapport à une droite directrice.)

16 [http://fr.wikipedia.org/wiki/Hyperbole_\(math%C3%A9matiques\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Hyperbole_(math%C3%A9matiques)) <http://mathworld.wolfram.com/RectangularHyperbola.html>

Une hyperbole est une figure géométrique de la **famille des coniques** caractérisée par une **excentricité supérieure à 1**. On l'obtient en prenant l'intersection d'un cône de révolution et d'un plan (avec un cône à 2 branches, l'hyperbole présente 2 branches disjointes) (figure 4b).

La courbe inverse de l'hyperbole est la lemniscate (Bricage, 1993a & 1997) <http://mathworld.wolfram.com/Lemniscate.html>

17 En physique, très souvent "**Le tout est le produit des parties**", exemple : la **loi de Mariotte** $PV=k$ où k dépend de la température.

3.2. Les aspects morphogénétiques et l'imprédictivité locale.

Au tennis, les coups et mouvements de la balle peuvent être expliqués à l'aide de "compositions" de **mouvements de translations et de rotations** (Durey & de Kermadec, 1984). En est-il de même pour les phénomènes biologiques ? **Comment le tout dépend-t-il des parties qui l'engendrent et le soutiennent ?**

3.2.a. Il s'agit d'une "métrique systématique constructive" des contraintes.

2 mouvements uniformes linéaires (suivant 2 espaces 1D en interaction) donnent ensemble une trajectoire courbe (dans 1 espace 2D). Avec des droites, on peut construire des surfaces, des hyperboloïdes de révolution (Lehning, 2006), *a fortiori* avec des cercles et des hyperboles on peut **construire des espace-temps-action** de dimensions supérieures (Brette, 1976). « **Si une propriété affine est vraie pour un objet, ou un ensemble d'objets, elle est vraie pour toute image de cet objet par un élément du groupe affine.** » (Lehning, 2004). **Une ellipse est l'image d'un cercle par une affinité.** Ce passage d'une propriété du cercle à une propriété de l'ellipse peut être généralisé à toutes les courbes coniques (Alonso & Finn, 1986). Les coniques sont engendrées par une droite assujettie à passer par un point fixe en s'appuyant constamment sur une courbe directrice (figure 4).

Une topologie est ainsi définie par **une forme de base** "conique" (le point, la droite, le cercle ou l'ellipse, l'hyperbole) et des opérations mathématiques (translation pour la droite, rotation pour le cercle) qui décrivent comment on reproduit cette forme de base (Luminet, 2002). Il y a une sorte de "rythme" dans son organisation, **des répétitions (par juxtapositions et emboîtements)** de structures fonctionnelles analogues, explicatives par des répétitions (par juxtapositions et emboîtements) de "modèles explicatifs fonctionnels". Les plus simples possibles sont la droite, qui peut exprimer le fait que le TOUT est la SOMME de ses parties (**additivité, $X+Y=k$**), le cercle (ou l'ellipse) qui peut exprimer le fait que le TOUT est A LA FOIS PLUS ET MOINS que la somme de ses parties (**$[X^2+Y^2]=k=[X+iY]x[X-iY]$**)¹⁸ et l'hyperbole qui peut exprimer le fait que le TOUT est le produit de ses parties (**$XY=k$**), **dans certaines limites**, d'espace OU de temps OU d'action (droite), dans certaines limites d'espace-temps-action (cercle ou ellipse), interdépendantes et co-construites (hyperbole). La notion d'espace-temps s'efface pour laisser la place à celle d'interactions, dans un champ d'espace-temps-action (figures 1 à 4).

« **Le fondement du vivant est un bouclage entre intérieur et extérieur ET à l'intérieur.** » Pierre Vendryés

« **La partie dépend du Tout qu'elle engendre et qui l'engendre.** » (Lorigny & al., 2008).

Au mieux, il est possible de connaître des états d'équilibre bruités, des attracteurs, dans l'espace (Bellaïche, 2008), ou dans l'action, ou dans le temps, **mais aucune prévision n'est possible** quant au "QUAND aura lieu le changement QUALITATIF possible ?", quant au "COMBIEN de temps prendra, ou durera, un changement QUANTITATIF ou QUALITATIF ?" Même si des COMMENT sont prédictibles¹⁹, **tôt ou tard, un phénomène nouveau**, émergent, (peut) arrive(r), et rien ne permet de pré-dire SI il aura lieu, et ni OÙ, ni QUAND il peut avoir lieu, même si un modèle de dynamique chaotique peut éventuellement rendre compte d'un OÙ ou d'un QUAND (voire d'un COMMENT) possibles, il reste impossible de pré-décrire le QUOI et encore moins (a priori) le POUR QUOI !

Pourquoi le déclenchement des "culbutes" (figure 1c) n'est-il pas aléatoire (Lorigny & al., 2008) ?

Comment représenter, dans le cadre d'une théorie de l'action, l'épistémopraxéologie (Vallée, 1995) du vivant ?

3.2.b. Est-ce lié à la différence d'échelle entre l'observateur, et ce qu'il observe, ET ce qui l'observe ?

Le champ magnétique terrestre, en un endroit, est fluctuant en direction et en intensité (Gallet & al., 2004). Sa cartographie, rapportée au nord géographique, suit **une trajectoire imprévisible**. Aucune loi de probabilité événementielle n'est possible *a priori*. Les systèmes vivants sont **prédictibles**²⁰ à diverses échelles de temps et d'espace (dans leur organisation spatiale ou temporelle), en utilisant les outils de la théorie du chaos²¹ par exemple (McRobie & Thompson, 1990), mais imprédictibles et imprédictibles²² quant à leur intégration évolutive. « **Le rêve qui consiste à lier le local au global n'a jamais été concrétisé dans aucune théorie physique.** » (Luminet, 2002).

18 $(X+Y)(X+Y)=X^2+Y^2+2XY$ est une ellipse, et $(X+Y)(X-Y)=X^2-Y^2$ l'hyperbole est le produit de la somme et de la différence

19 **prédictible** : qualité qui fait ranger un objet dans telle ou telle catégorie.

20 **prédictibles** : le principe fondamental de toute prédiction, c'est le déterminisme, c'est que "l'avenir est déterminé par le passé."

Si on veut prédire l'avenir, il faut observer le présent et connaître des lois qui déterminent l'avenir en fonction de son passé

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9diction>

21 La **théorie du chaos** traite des systèmes dynamiques rigoureusement déterministes, mais qui présentent un phénomène fondamental d'instabilité appelé « **sensibilité aux conditions initiales** » qui, modulant une propriété supplémentaire de récurrence, les rend **non prédictibles en pratique sur le « long » terme.** http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_du_chaos

22 « **Quelles que soient les causes de l'imprédictibilité du résultat d'un jeu de dés, le résultat d'un grand nombre de jets reste prédictible avec une marge d'erreur qui diminue avec ce nombre. De même le comportement de la cellule vivante est prédictible chaque fois qu'elle est soumise à des contraintes similaires, bien que les interactions entre les molécules individuelles qui la composent soient aléatoires et non prédictibles.** » (Paldi, 2010).

La difficulté de compréhension, ou d'explication, consiste aux bons choix tant de la représentation graphique que de l'échelle d'observation. « *La surface de la mer paraît lisse vue d'avion, ondulée vue d'un paquebot et chaotique vue à la nage... La mer qui paraît lisse vue d'avion pourrait s'insérer indifféremment dans plusieurs contextes globaux qui ne modifient pas ses propriétés (piscine géante, mer fermée, simulation).* » (Luminet, 2002). « *Entre Newton et Fresnel, pendant un siècle, la science de la lumière a stagné alors que les chercheurs disposaient déjà des faits expérimentaux. La diffraction avait été observée par Grimaldi et la double réfraction décrite par Huygens.* » (Bonnetoy, 1999). Pourquoi ?

« *C'est une question de temps et d'espace, de chronologie et de topographie.* » (Rybak, 1990).

3.3. Les aspects de solidarité d'échelle.

« *On a assisté à un véritable retournement épistémologique, la prise en compte indispensable et conjointe de plusieurs niveaux d'organisation sans qu'aucun d'eux ne soit plus fondamental que les autres et ne puisse fournir par déduction les propriétés des autres. Cette solidarité d'échelles du local et du global s'oppose à la confiance réductionniste antérieure.* » (Dahan Dalmedico, 2002).

La biologie ne peut plus se contenter de décrire, **qualitativement ET quantitativement**, un système vivant "multi-échelle" (le Tout) par ses composants "individualisés" (les parties), "isolés" dans des espaces d'interaction(s). Leur comportement est "par essence", collectif, organisé et intégré. Pourtant, **à toutes les échelles des niveaux d'organisation du vivant, on constate la possibilité de réduire les inter-actions (les liens de causalité, les corrélations) à des "trajectoires" géométriques "simples" (droite, ellipse, hyperbole) qui rendent compte des faits observés, localement OU globalement OU glocalement, "en première approximation" ²³ totalement : par interpolation et extrapolation, ces modèles permettent à la fois de "rendre compte" et de "pré-dire"** (figure 2).

La théorie du chaos se situe **dans un cadre déterministe** (Collectif, 1995; Collectif, 2002) !

Qu'apportent les "nouveaux" outils (fractales et auto-similarité, démarche multi-échelle, percolation) ?

a) Comment passer du local au global ?

L'hypothèse est la suivante : l'existence de réseaux impliqués dans des phénomènes de percolation (Bricage, 2006a & 2007a), et en changements permanents, **n'exclue pas des effets d'ordre et des invariants** (Bricage, 1998). Les types d'organisation, ou de mobilisation de la matière et de l'énergie, définissent les capacités (fonctionnelles et structurales) d'intégration et de réaction à des stimulations du vivant : flux tendus, apoptose et différenciation des "acteurs", semi-autonomie. Si on arrive à **définir un espace des phases** "approprié", cet espace des phases, **dont les dimensions sont les degrés de liberté des avatars des invariants du vivant**, permet de **définir une loi d'attraction** simple, linéaire ou cyclique, qui permet de pré-dire, à plus ou moins long terme, dans un espace plus ou moins grand, un état futur (un phénotype), **dans certaines limites** (en première approximation), même si **on ne peut savoir à la fois** où (dans quel espace ?), **OU** quand (dans combien de temps ?), **OU** sous quelle forme (niveau d'organisation ? **OU** type d'intégration ?) ce phénotype se réalisera. Certes, "tout interagit avec tout." et "une petite perturbation peut être amplifiée et conduire à une évolution imprévisible." (Collectif, 2002), mais **des "îlots d'ordre", "déterminables", existent ET ils n'interagissent pas entre eux n'importe comment, n'importe quand et n'importe où** (Bricage, 2001b & 2009b).

« *Tout est le fruit d'un ordre.* » (Leucippe).

« *Le désordre se transforme en ordre, tôt ou tard.* » (Jean Basile).

Même si les inter-actions ne sont pas prévisibles, elles sont **explicables, au moins a posteriori**, comme le résultat de l'ordre des choses. Elles peuvent être à la fois déterminées (dans un espace des phases) et imprévisibles (dans un autre). « *Aucune chose ne vient à l'existence par soi-même et sans cause.* » (Leucippe).

Il existe des champs d'espace-temps-actions "étagés", juxtaposés les uns aux autres et emboîtés les uns dans les autres (Bricage, 2001b), dans lesquels la même loi, qualitative ou quantitative, représentable par la même trajectoire, décrit (et prédit) le déroulement d'un même phénomène (Bricage, 2009b). Ces lois sont :

- la **loi systémique constructale**, loi qualitative (figure 1b),
- la **loi d'analogie invariante de jauge**, loi qualitative (Bricage, 1998, 2000a, 2002b & 2009b),
- les **lois d'homologie topologique invariante**, lois quantitatives (figure 3b).

Et, il existe une **harmonie**, qui est la manière d'enchaîner, de mettre en relation les champs (figure 4).

« *La philosophie est écrite dans ce livre gigantesque qui est continuellement ouvert à nos yeux (l'Univers), mais on ne peut le comprendre si d'abord on n'apprend pas à connaître les caractères dans lesquels il est écrit. Il est écrit en langage mathématique, et les caractères sont des figures géométriques sans lesquelles il est impossible d'y comprendre un mot.* » (Galilée).

« Expliquer, c'est transformer, grâce à une construction adéquate, un fait physique en un problème mathématique, puis utiliser pour sa résolution les résultats déjà établis par la science mathématique. » (Galilée).

La nature est **réductible ET systémique** "localement **OU** globalement **OU** glocalement",
... en "première approximation", mais, elle ne l'est pas "localement **ET** globalement **ET** glocalement".

b) Émergence et exaptation.

« Si l'évolution de la vie est autre chose qu'une série d'adaptations à des circonstances accidentelles, elle n'est pas davantage la réalisation d'un plan. » (Bergson, 1907).

Pourtant, la création du vivant n'est pas opposée à la contingence ou au hasard, qu'elle utilise (Desplan, 2009).

« La création n'est pas seulement "plus et mieux" que la réalisation d'un plan; elle est aussi "moins et pire"; elle est imparfaite. » (Worms, 2007), mais elle obéit à des règles, **des lois systémiques constructales** (Bricage, 2002a & 2006a), **contingentes** (Bricage, 1982a, 1998, 2000a & 2005c).

« Notre présence active interagit avec les éléments du réel, pour en choisir, en souligner, en corrélérer certains, mais pas d'autres, pour donner des noms, pas arbitraires car riches d'histoire et de sens, ... Notre action interpole les lignes manquantes, propose des liens par analogie, ... pour produire une nouvelle structure, réseau inexistant entre "les choses" du monde. » (Bailly & Longo, 2006), qui devient ainsi existant (Colonna, 2009).

« Les objets mathématiques sont co-constitués en même temps que l'intelligibilité même du monde. Ils ne sont pas arbitraires car ils sont enracinés dans les régularités du réel. Ce sont des invariants de l'espace et du temps. » (Bailly & Longo, 2006). **« Par les mathématiques nous organisons les liens causaux; elles rendent intelligibles et unifient certaines régularités phénoménales des systèmes dynamiques. »** (Bailly & Longo, 2006).

« Notre environnement, proche comme lointain, n'est pas aléatoire : des structures, des symétries, des invariances... dans le temps, dans l'espace », et dans l'action (Bricage 1982b, 1991b, 2000a & 2009b), **« sont identifiées. »** (Colonna, 2009). **« Les mathématiques sont un langage de compression d'observations. Elles sont relatives à nos structures cognitives, à notre évolution culturelle et à notre environnement de description de l'univers. »** (Colonna, 2009).

Une droite n'est qu'une "géodésique" (Lachièze-Rey, 2004) dans un espace à 2 dimensions, plan, non-courbe. La compréhension du fonctionnement des systèmes biologiques peut se fonder sur des représentations très simples, **linéaires ou coniques**, et des "combinaisons" de ces représentations, **à condition de choisir un espace-temps-action de représentation approprié** (Bricage, 2009b) et une combinaison **"adaptée" au niveau d'organisation (et d'intégration)** étudié. Tout se passe alors **comme si on pouvait "construire à la règle et au compas"** toutes les figures géométriques représentatives des phénomènes "topologiques" du vivant, la taxonomie de ces courbes (Berger, 2002) se "réduisant" à **des opérations de transformation à partir de morceaux de droites et d'ellipses** (de coniques, plus ou moins déformées). Cependant, "comme le réseau internet", tous les niveaux d'organisation du vivant sont **à la fois inter-connectés (juxtapositions) et intra-connectés (emboîtements) en réseaux qui se superposent, par juxtapositions et emboîtements, dans l'espace, dans le temps et dans l'action**. Des "cartes" partielles du vivant (linéaires, circulaires) sont disponibles, localement, glocalement ou globalement. Elles permettent des prédictions locales, **OU** glocales, **OU** globales, **mais PAS à la fois ... locales ET glocales ET globales**. Toutefois, comme pour le réseau des réseaux (internet), **« personne n'est en mesure de dire aujourd'hui à quel point ces cartes sont complètes, et comment notre façon d'explorer le réseau (du vivant) influence la vision qu'on en obtient. »** (Latapy, 2005). **« Ce qui est une question à la fois fondamentale et sans importance. »** (Delahaye, 2002).

« Un éclair et un chou-fleur ont quelque chose en commun. Leurs formes sont autosimilaires. Ces deux figures ont des parties qui, dûment agrandies, ressemblent au tout. Et c'est la même chose avec les parties des parties, par rapport à leurs propres parties. Ce sont des figures fractales: elles ont un motif se propageant à des échelles progressivement réduites (comme une branche donne le change en se faisant passer pour l'arbre tout entier). D'où l'on voit que former est une façon de croître, une façon d'emplir l'espace. » (Wagensberg, 1998).

On peut croire que toute prédiction prenant en compte tous les niveaux, **indépendamment ET simultanément**, est impossible car le vivant étant fractal, ergodique (Bricage, 2001b & 2009b), **« Les réponses se feront attendre éternellement parce que la réalité et la connaissance qu'il est possible d'en avoir sont de nature fractale. »**

« N'est-ce pas là le propre d'un objet fractal que de nous échapper toujours davantage : tout nouvel agrandissement de l'une de ses parties ne nous révèle-t-il pas un nouvel univers de formes et de détails ? » (Colonna, 2009). Cependant nous savons maintenant que l'Univers, bien que sa structure soit fractale (Bricage, 2009b), est fini, vers le bas et vers le haut, puisque sa courbe de croissance est une sigmoïde (Bricage, 2009b), **avec un seuil et un plateau**. Mais cette sigmoïde est **linéarisable par changement d'espace-temps-action** (Bricage, 2009b). Sa croissance est **semblable** à celle de la croissance d'une population de bactéries ou de cellules (Krebs, 1985).

La troisième loi de Kepler **quantifie la relation linéaire** entre la distance des orbites des planètes (l'**espace interne** au système) et leurs périodes (leurs temps internes, calendriers ou "**horloges**" internes). En utilisant une **échelle** log/log les caractéristiques de chaque planète s'ordonnent en une ligne droite de pente 3/2 (Lepage, 2005). Et **cette linéarité signe la présence d'un attracteur réel**, le soleil pour les planètes, ou Jupiter, pour les satellites galiléens (les lunes de Jupiter) qui obéissent à cette même loi. Et, ce n'est PAS une coïncidence...

L'Univers "tout entier" obéit lui-même à une loi "fractale" de même exposant 3/2 (Bricage, 2009b).

c) **épistémopraxéologie (Vallée, 1995) et gnoséologie (Bailly, 1991).**

Il n'y a pas de "contradiction" entre le déterminisme et l'irréductibilité ou entre la réductibilité et le chaos, car

- **Le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties** : 2 mouvements uniformes linéaires, déterminés, donnent ensemble 1 trajectoire courbe, qui peut être déterminée ou non (figure 3).

Des trajectoires linéaires ou circulaires peuvent être "engendrées" par des systèmes chaotiques, et, inversement, des "compositions" de trajectoires linéaires, **par juxtapositions et emboîtements**, par translations et rotations, peuvent "engendrer" des systèmes chaotiques (Zaslavsky, 1999).

- **A chaque fois qu'un progrès a été fait dans la description et la prévision** du fonctionnement de notre écoexotopie, **quelle que soit l'échelle** (écosystèmes, biosphère terrestre, système solaire, galaxie), ou de notre endophysiotopie, quelle que soit l'échelle (organisme, cellule, amas moléculaires), il a été la **conséquence d'une simplification** des représentations pré-existantes, **le plus souvent une linéarisation**. Ainsi est-on passé des épicycles de Ptolémée (combinaisons de trajectoires cycliques) à la droite de la **troisième loi de Kepler** (Lepage, 2005). Ainsi est apparue la **loi des sinus de Snell** relative à la propagation de la lumière, d'écoexotopie en écoexotopie, **en lignes droites** (Bonnefoy, 1999). « **Les grecs considéraient qu'un rayon lumineux prend le plus court chemin pour se rendre d'un point à un autre. C'est à partir de ce principe qu'ils avaient établi la loi de la réflexion.** » (Bonnefoy, 1999). « **... en passant d'un milieu transparent à un autre, le rayon lumineux change en général de direction ..., lorsqu'on plonge une règle droite dans l'eau, celle-ci apparaît brisée.** » (Bonnefoy, 1999). Toutes ces simplifications confirment le principe dit "du rasoir d'Occam"²⁴ (Wynn & Wiggins, 2001) **de la "nécessité" d'une interprétation la plus simple possible pour rendre compte de l'Univers, quelle que soit l'échelle** (Bricage, 2009b).

Les notions d'ordre et de désordre (Collectif, 2002), de linéarité, de corrélation et de cause à effet, sont étroitement liées à la question de l'échelle. « **La structure du milieu interstellaire est formée d'un écheveau de structures qui semblent se répéter de façon aléatoire à toutes les échelles. Cet aspect autosimilaire est très troublant : il n'est pas possible de déterminer la taille d'une structure uniquement par son aspect. Des zooms successifs redonnent sans cesse une image similaire, caractéristique d'un système dit fractal.** » (Combes, 2002). Mais, « **dans le désordre et le chaos apparents de sa morphologie, le milieu vérifie des lois précises, reliant notamment la masse des structures et leur taille. La masse M d'une structure est proportionnelle à une puissance D de sa taille R et l'on appelle D la dimension fractale du milieu.** » (Combes, 2002). « **Ces lois de puissance reflètent bien le caractère autosimilaire de la structure fractale, car elles n'ont pas d'échelle caractéristique : elles restent inchangées si l'on multiplie l'échelle par un facteur quelconque.** » (Combes, 2002). Cette loi de puissance, de proportionnalité, **linéaire** en coordonnées logarithmiques, est **indépendante de l'échelle**, elle **ne dépend que de la relation (de la co-inter-action)** entre l'endophysiotopie et l'écoexotopie, que du phénomène observé (de l'action, **homologue à toutes ses échelles locale, globale et globale**), indépendamment de l'espace (de l'échelle spatiale), et indépendamment du temps (de l'échelle temporelle) (Bricage, 2009b). « **Les fractales sont partout.** » (Sapoval, 2002), et la dimension fractale d'un objet mesure la façon dont il remplit son champ d'espace-temps-action (This, 2009) à son niveau d'organisation (Bricage, 2009b), **quel que soit le niveau d'organisation.**

L'Univers est fractal à toutes ses échelles, de dimension fractale **2,25** (Bricage, 2009b), il y existe des **lois systémiques constructales** (Bricage, 2007b), **qualitative et quantitatives**, indépendantes de l'échelle (Bricage, 2009b). En conséquence (figure 3) on peut définir **de façon invariante** des niveaux d'organisation (Bricage, 1991a, 2000a & 2003), entre lesquels **des relations d'invariance sont conservées** (Bricage, 2002b & 2009b).

- **Les mêmes lois s'y appliquent pour les mêmes interactions, indépendamment de l'échelle**

d) intégration : croissance et limites des flux, de matière, d'énergie, d'informations.

- **la densité** des individus Y (quel que soit le niveau d'organisation et d'intégration (Bricage, 2009b) est toujours inversement proportionnelle à leur masse X, elle suit **une loi hyperbolique $XY=k$** , ce qui exprime "simplement" (mais en tenant compte de la complexité, des liens !) que **la capacité d'accueil** de tout écoexotopie est limitée, **ET**

²⁴ "Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem" « **il ne faut pas multiplier les explications et les causes sans qu'on en ait une stricte nécessité.** » Guillaume d'Ockham ou d'Occam (1285 -1347) : http://fr.wikipedia.org/wiki/Guillaume_d'Ockham

que la **capacité d'être accueilli** de tout endophysiotope est limitée, ET

qu'ils sont **indissociables, dans certaines limites**, compatibles avec leurs survies réciproques.

C'est la notion d'**intégration** (Bricage, 1991a & 2000a) !

Le produit de leurs interactions, dans l'espace des phases de ces interactions, est constant. C'est aussi vrai pour les étoiles des galaxies (Combes, 2002) que pour les nodules des légumineuses (Bethlenfalvay & al., 1985).

C'est aussi, par le "**principe de simplicité**" (Berthoz, 2009)²⁵, ou du rasoir d'Occam (Wynn & Wiggins, 2001), ce qui exprime le **résultat de la violence de l'ago-anta-gonisme entre niveaux d'organisation** (Bricage, 2000b) :

- **le tout est le produit constant des interactions de ses parties $XY=k$.**

- la **croissance en nombre** obéit toujours à une même loi (qu'elle soit logistique, sigmoïde, exponentielle ...) qui **peut être représentée par une droite** (à condition de "trouver" le système de coordonnées, l'espace des phases, approprié !) ou par un segment de droite, **entre certaines limites** définies, liées aux interactions précédentes entre capacité d'accueil et capacité d'être accueilli. Dans certaines limites,

- **le tout est la somme de ses parties $X+Y = k$, MAIS**

- **le tout est, le plus souvent, à la fois plus et moins que la somme de ses parties $aX+bY=c$.**

e) organisation et émergence : inséparabilité de l'écoexotopie et de l'endophysiotopie.

- les lois de **similarité** ou de **convergence fonctionnelle** produisent souvent des résultats remarquablement simples (Sens & Charitat, 2003) et semblables. Un ordre non fractal peut apparaître dans les étapes stables de l'auto-organisation (Combes, 2002) par juxtaposition et emboîtements (Bricage, 2000a).

Mais, **tant que l'on considère les interactions locales**, au sein d'un niveau d'organisation, entre écoexotopie et endophysiotopie, **OU** à l'intérieur d'un endophysiotopie **OU** à l'intérieur d'un écoexotopie, **OU un phénomène globalement** (sans en dissocier les niveaux d'organisation et d'intégration), on doit pouvoir trouver un espace des phases approprié dans lequel les interactions sont représentables dans un plan (2D) par la **courbe d'intersection** de ce plan **avec un espace 3D conique** (Lehning, 2005a)²⁶ : **une droite** (ou un segment de droite), **un cercle ou une ellipse** (ou plusieurs), (tout ou partie d') **une hyperbole** (figure 4). **Ce n'est pas toujours facile !** La représentation linéaire, (de l'inverse de la vitesse en fonction de l'inverse de la concentration en substrat) de Lineweaver et Burk, des cinétiques enzymatiques (Lehninger, 1972), "maintenant banale", n'a pas été "trouvée d'emblée" ! On doit de même pouvoir trouver les **représentations simples** précédentes **dans l'étude des interactions locales** entre niveaux d'organisation adjacents (Bricage, 2001b & 2003).

Ce "**répertoire de formes simples**", par combinaison (juxtapositions et emboîtements) et transformation, permet d'engendrer des "formes complexes" (Lehning, 2005a). Mais, dès que l'on étudie simultanément les interactions entre **plus de 2** niveaux d'organisation adjacents **ou** entre des niveaux d'organisation **non-adjacents** ce n'est plus le cas. Pour "rendre compte" de la complexité, « **à la fois de nature multi-paramétrique, multi-niveaux et ago-antagoniste** » (Nunez, 2009), il faut savoir **la réduire à une simplicité**. Mais, il faut d'abord réaliser « **une analyse, "guidée par une approche globale systémique", qui permet de mieux comprendre l'histoire de la reliance.** » (Nunez, 2009) de la **contingence** entre les niveaux d'organisation en cause (Bricage, 1986, 1988b, 2001a & 2001b).

La première étape est donc toujours de définir les niveaux d'organisation en jeu (Bricage, 1991a & 2000a) par leur "**invariance de jauge**" (Bricage, 2002b & 2009b), puis, ensuite, tout se passe comme si, il ne s'agit plus "QUE" de géométrie projective (Rotgé, 2006), d'une projection dans un espace 2D, dans un espace euclidien, de champs d'espace-temps-action 3D en co-inter-actions (Bricage, 1993a & 1997). Et même si l'espace n'est pas euclidien ?

Tout se passe comme si, on cherchait à "réduire" l'approche du système à celle de son **développement limité d'ordre 1** (droite), compte tenu de sa variabilité, en "négligeant" le reste²⁷, négligeable au seul niveau d'organisation ou d'intégration considéré²⁸, ou à défaut à son développement limité d'ordre 2 (cercle, hyperbole).

25 **La simplicité (contraction de simplicité et complexité)** est l'art qui consiste non PAS à simplifier un "système complexe", mais plutôt **à rendre a priori simple un système complexe, qui ne peut pas être simplifié sous peine de ne pas remplir sa fonction**, à rendre simple les choses "compliquées" et à vulgariser le monde dans le but de **le mettre à la portée de tous** (Berthoz, 2009) :

"**une interface à la simplicité apparente pour rendre compte de fonctions "avancées" "cachées"**" (Bricage, 2006a).

26 **Cône qui est lui-même engendré par la rotation d'une droite autour d'un point fixe** (figure 4b) (Brette, 1976).

27 limites et **développement limité** http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_limit%C3%A9

En physique, un développement limité d'une fonction, au voisinage d'un point, est une **approximation polynomiale** de cette fonction en ce point, c'est-à-dire l'écriture de la fonction sous forme de **la somme d'une fonction polynôme et d'un reste** qui peut être négligé lorsque la variable est suffisamment proche du point. **En physique, il est fréquent de confondre la fonction avec son développement limité, à condition que l'erreur (c'est-à-dire le reste) ainsi faite soit inférieure à l'erreur autorisée.** Si on se contente d'un **développement d'ordre 1**, on parle d'approximation linéaire. <http://lumimath.univ-mrs.fr/~jlm/cours/deugsm/node19.html>

28 Pour **résoudre un problème complexe**, on le découpe en plusieurs autres moins complexes pour nous permettre des les

Des règles globales, adaptées à des actions locales, permettent **une forme de hasard déterministe qui rend les systèmes vivants performants dans certaines limites**²⁹ (Desplan, 2009).

« **Les qualités et les propriétés des parties suffisent, par le biais des combinaisons, à engendrer des qualités nouvelles, "émergentes"... d'un nouveau Tout, et il n'est nul besoin, pour les expliquer, de les supposer déjà données dans les éléments du Tout.** » Lucrèce (Gigandet & Pautrat, 2007).

« **C'est "l'intelligible imprévisibilité de la complexité" qui d'un ordre ancien ou d'un désordre apparent permet de faire apparaître un nouvel ordre émergent.** » Paul Valéry. (figure 4a)

« **L'essentiel est de rendre correctes les désignations.** » Confucius. (figure 1)

Conclusion

« **Des êtres vivants aux étoiles et galaxies, TOUS les objets de l'Univers naissent, vivent et meurent.** »
Sous l'immense variété des formes se cache une similitude de mécanismes (Bricage, 2009b).

• **Les Lois systémiques d'individuation et d'évolution du vivant.**

Une méta-analyse, à l'aide de nouveaux concepts <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130218> a permis des prédictions appliquées (vaccins curatifs anti-SIDA & anti-cancer <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00352578/fr>, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226/fr>) et de mettre en évidence

LES LOIS SYSTÉMIQUES DE L'ÉVOLUTION DU VIVANT (Bricage, 2009b)

<http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylogtagmotaphologie.pdf> :

- LOI D'INVARIANCE DE JAUGE (**écoexotope, endophysiotope, capacités fonctionnelles**),
- LOI D'ÉMERGENCE CONSTITUTIVE (**niveaux d'organisation, échelles d'emboîtements hiérarchiques**),
- LOI SYSTÉMIQUE ERGODIQUE D'INDIVIDUATION (**linéarité et principe de moindre action**),
 ET D'ÉLAN VITAL (**non-linéarité et principe d'émergence**),
- LOI SYSTÉMIQUE CONSTRUCTALE (**global, local, glocal, capacité d'accueil, capacité d'être accueilli**),
- LOI SYSTÉMIQUE DE CAUSALITÉ ONTOGÉNIQUE (**tableau de la classification périodique du vivant**).

Un **langage unificateur** est susceptible d'expliquer la réalité de l'Univers, quelle que soit l'échelle d'observation (<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/fr>) : le langage mathématiques.

« **Dans toutes les activités humaines, scientifiques ou sociales, nous sommes à la fois émerveillés et écrasés par la complexité. D'où l'élaboration de "théories de la complexité" et de multiples tentatives qui conduisent, autant dans l'étude du vivant que dans celle de la vie sociale, à une caricature. Or, la biologie, la physiologie, et les neurosciences ont établi l'existence de processus élégants, rapides, efficaces pour l'interaction du vivant avec le monde. Ces processus ne sont pas "simples" mais élaborent des "solutions", des comportements rapides, fiables, qui tiennent compte de l'expérience passée et qui anticipent sur les conséquences futures de l'action. Ils sont simples, ... comme le fil d'Ariane ! Ces solutions exigent parfois un "détour", elles ont un prix, mais donnent l'apparence d'une grande facilité. Cette "simplicité" est l'une des propriétés les plus originales du vivant.** », « **Les "détours" des processus simples correspondent à cette inventivité du cerveau et de l'esprit humain qui crée des mondes "possibles".** » (Berthoz, 2009). **Il n'y a qu'un monde, il n'a qu'une histoire, mais différentes histoires sont possibles, "selon celui qui raconte".**

ET, même pour analyser des résultats de modélisation fractale il faut recourir à des représentations graphiques plus simples : **droite, hyperbole** ! (Frankhauser, 1997).

« **La langue mathématique est faite de symboles qui ne sont jamais équivoques.** » (Rybak, 1990).

Jusqu'à l'énoncé par Kepler de sa troisième loi, **linéaire**, le système des épicycles de Ptolémée permettait d'expliquer le mouvement des planètes par une composition de mouvements **circulaires** simples (Ruelle, 1995).

appréhender plus simplement un a un. Pour cela on occulte les autres problèmes le temps d'en régler au moins un.

C'est simplement du "bon sens" appliqué. La complexité vient de la surcharge de notre esprit à appréhender un problème.

... « **Ce qui est complexe pour chacun d'entre nous peut être simple pour d'autres** » (Berthoz, 2009).

29 « **L'existence manifeste de bornes de variation dans le sensible, impose l'idée d'une limitation parallèle dans l'ordre des causes, c'est-à-dire dans la variété des figures...** », « **Toute combinaison n'est pas possible ...**

Différence et limite doivent être conçues de manière connexe. » Lucrèce (Gigandet & Pautrat, 2007) (figure 3d).

• **La simplification est un progrès dans la compréhension, et dans l'énoncé, de la complexité !**

Les mouvements des galaxies, mouvements externes dans l'Univers, et mouvements internes de leurs étoiles, quelle que soit leur complexité (rosaces, spirales) sont modélisables à l'aide de trajectoires simples³⁰, selon des cercles ou des ellipses, de **co-rotation**, et des droites, de **co-translation** (Combes, 2005). Une galaxie a **“un mouvement d'ensemble, comme celui d'une fleur qui s'ouvre”**, un amas de galaxies se déforme **“globalement, comme une amibe”**, et l'Univers est **en mouvement et en croissance**, comme tout être vivant (Bricage, 2009b).

• **La systémique du simplexe pour faire face à la complexité.**

« **L'approche biosystémique, à la fois, décompose la complexité en unités plus simples (systémique descendante “top-down”) ET la reconstruit à partir de l'ordonnement d'éléments simples (systémique ascendante “down-top”).** » (Bricage, 2009b). Ce qui permet d'exploiter des données hétérogènes **en leur “imaginant” une structure locale, globale et globale**. C'est finalement un problème d'analyse combinatoire... “questionnée et raisonnée”. Comment **trouver la plus simple représentation** (courbe conique : point, droite, cercle, ellipse, hyperbole), **le plus court chemin explicatif** (co-relation, lien de cause à effet, “liance”), **de la plus grande complexité possible du système étudié** (champs d'espace-temps-action, juxtaposés les uns aux autres et emboîtés les uns dans les autres, dans le temps, dans l'espace et dans l'action) ? (figure 4).

« **Une théorie est d'autant plus compréhensive que ses prémisses sont simples, que le nombre d'éléments différents qu'elle met en relation est grand, et que son domaine d'application est étendu.** » (Einstein, 1980 In Paquet, 2004). « **“Tout était déjà dit il y a 30 ans.”...** » (Bricage, 2009a).

L'épistémologie de la connaissance scientifique indique que **tout se passe comme si** il existait “un attracteur étrange” (un point ?, une droite ?, un cercle ?, une ellipse ?, une hyperbole ?) autour duquel “tourne” la connaissance pour revenir toujours vers les mêmes concepts explicatifs, les plus simples possibles (le point, la droite, le cercle, l'ellipse, l'hyperbole). **Est-ce un hasard**³¹ si toutes ces courbes sont des coniques ?

Ou est-ce une particularité de l'esprit humain de privilégier des lieux géométriques explicatifs, des points structuraux, **des “attracteurs cognitifs”**, sur lesquels et avec lesquels, le cerveau classe, organise et hiérarchise (Delahaye & Gauvrit, 2006), dans son efficacité **de recherche de régularités et de singularités** (Bailly, 1991) ? Dans tous les domaines de la connaissance (Bricage, 2007c & d), en biologie comme en physique (Bricage, 2009b) ou en “écologie économique” (Feng, 2002), quand il s'agit de quantifier **l'empreinte écologique humaine** actuelle (Haberl & al., 2001) et de “prévoir” les **limites d'un futur humain possible** (White, 2007), **c'est le modèle linéaire** (Bricage, 2008a) qui est le plus explicite (Wackernagel & al. 2002) et le plus efficace, localement ou globalement, pour estimer les **limites de la capacité d'accueil de notre écoexotopie de survie** (Paquet, 2004).

Et, il est urgent, si ce n'est déjà trop tard, de **changer notre capacité d'y être accueilli** (Bricage, 2009a).

« **La mathématisation descriptive de la matière vivante a échoué jusqu'à présent. Une cellule vivante n'est représentative de ce qu'elle est que parce qu'elle a une obligation structurelle correspondant à une obligation fonctionnelle... contingente.** » (Rybak, 1990). Certes, mais...

Pourtant l'Univers, à tous ses niveaux d'organisation, possède les mêmes caractéristiques invariantes (Bricage, 1991a) et la prise en compte de cette **invariance de jauge** (Bricage, 2002b) permet de définir un espace-temps-action dans lequel l'Univers est un système vivant en croissance (Bricage, 2009b) possédant globalement la même invariance de jauge que tous ses niveaux d'organisation : la partie dépend du tout qui l'engendre et la maintient localement, et, **réciroquement**, le tout est engendré par les parties qui le maintiennent et l'engendent localement et globalement (Bailly, 1991; Lorigny & al., 2008), le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties (figure 3).

C'est une question de chronologie, dans l'espace, interne ou externe, et dans la co-inter-action, **ou/et de topographie**, dans le temps, interne ou externe, et dans la co-inter-action, **ou de choix d'une co-inter-action** dans l'espace et dans le temps, internes ou externes. Cette chronologie, cette topographie ou ces co-inter-actions peuvent être **décrites, en première approximation**, par une représentation mathématique simple (point, droite, cercle, ellipse, hyperbole) permettant, grâce à cette **sémiologie graphique** (Bertin, 1967) une prévision, **dans certaines limites**.

30 Des ondes parcourent le disque galactique. Une étoile se déplace le long d'une trajectoire elliptique **locale** qui elle-même “est déplacée” par le mouvement **global** d'ensemble de toutes les trajectoires dans le tout (la galaxie). « **Une onde barrée apparaît quand les orbites s'alignent... Une onde spirale apparaît lorsque les orbites se déplacent de concert tout en étant décalées.** » (Combes, 2005).

31 « **Hasard et nécessité...**, ce double ressort fait l'originalité de la théorie épicurienne : **le produit des rencontres hasardeuses “qui constituent”, après d'innombrables “tentatives” vaines, la nécessité qui préside aux arrangements en faveur d'une répétition à l'infini ... du tout à la partie et de la partie au tout** » (Gigandet & Pautrat, 2007).

« **C'est dans la profondeur infinie du temps, après des échecs innombrables, que s'opèrent les combinaisons fécondes.** »

« **Seules importent les causes des phénomènes constatables.** » (Gigandet & Pautrat, 2007).

Tout système vivant est capable de percevoir un changement dans son écoexotope ou dans son endophysiotope et de réagir en conséquence. « *La considération d'un système dynamique capable de percevoir, de décider et d'agir, implique un "opérateur d'observation" suivi par un "opérateur de décision" ou leur produit ou "opérateur pragmatique".* » (Vallée, 1995). Au moins 1 opérateur d'observation permet au système d'observer l'état dans lequel se trouvent son ÉcoExoTope et son EndoPhysioTope. Au moins 1 opérateur de décision lui permet de choisir l'action à entreprendre. Ensemble ils forment un seul opérateur, dit "pragmatique". « *Toute décision est influencée par l'observation des faits présents, mais également par les perceptions passées du système. Dans l'observation faite à un instant donné, les traces des observations passées sont aussi présentes.* » (Vallée, 1995). Au cours du temps, ces processus se succèdent en boucle (Bricage, 2007b). C'est une situation d'épistémopraxéologie, la connaissance (épistémé) résulte de l'observation et de l'action (praxis) avec un "transfert inverse" des structures observationnelles et décisionnelles sur ce qui est perçu (Vallée, 1995).

• **Les mathématiques, une aide à la connaissance de ce qui peut être compris dans l'univers.**

L'opérateur d'observation est un opérateur, au sens mathématique du terme, exprimant comment une entité est perçue par un sens d'un être conscient ou, métaphoriquement, par un instrument accomplissant une mesure pour lui. Le cas le plus simple est fourni par les opérateurs d'observation linéaires (Vallée, 1995).

La représentation linéaire est en quelque sorte "la distance minimale entre les deux champs d'espace-temps-action", la plus petite des valeurs propres d'un opérateur épistémopraxéologique convenable (figure 4).

Les niveaux de régulation étant juxtaposés et emboîtés (Bricage, 2001b & 2002b), les structures fonctionnelles étant multi-agents et multi-niveaux, 1 seule altération d'un seul gène peut avoir 2 effets, par exemple sur le pancréas exocrine et sur le pancréas endocrine (Ræder & al., 2006). Ce qui importe ce n'est pas la mise en évidence d'un phénomène de régulation au cours du temps (Dyachok & al., 2006), mais la mise en évidence d'un chemin temporel obligatoire (Bricage, 1993a & 1997), d'une horloge interne (Bricage, 2007b), et qu'une action unique, en un espace unique, quelle que soit l'échelle (Bricage, 2009b), obéit toujours au même type de loi "mathématique".

C'est une épistémopraxéologie (Vallée, 1995), systémique ET réductionniste à la fois, du plus simple ("en première approximation") ET de la moindre action ("faire simple pour éviter de faire compliqué"). Même si la méthode du plus simple n'est pas toujours valide..., car un système peut être simple pour un individu et complexe pour un autre.

La complexité d'un système dépend des capacités de l'observateur. Tôt ou tard, il faut pouvoir "réunir" des résultats, nécessairement fragmentaires, SOIT dans une démarche réductionniste "la plus holiste possible", SOIT dans une démarche holiste "la moins réductionniste possible", mais conceptuellement opératoire(s). ET, sans réduire le vivant, quel que soit son niveau d'organisation, a une machine ou un objet (Burgat & al., 2010).

bibliographie

- Alonso M. & E.J. Finn (1986) Physique générale. 2. Champs et ondes. InterEditions, Paris, 678 p.
- Aumaitre A. & al. (1964) Le besoin en eau du porcelet : étude de la consommation d'eau avant le sevrage. Ann. Zootech. 13(2): 183-198.
- Bailly F. (1991) L'anneau des disciplines. Enquêtes sur quelques concepts théoriques et gnoséologiques. Rev. internat. systémique 5(3): 235-399.
- Bailly F. & G. Longo (2006) Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant. Hermann, Paris, 284 p.
- Bair J. (2005) Des sigmoïdes en chimie. Tangente Sup 28: 14-16.
- Bellaïche A. (2006) Histoires de courbes. Tangente 109: 16.
- Bellaïche A. (2008) Un mathématicien indien prix Abel 2007. Tangente 121: 36-37.
- Bergé P. & Y. Pomeau (1995) Préface. In Le chaos. Pour La Science Dossier HS, p. 4-5.
- Berger M. (2002) La taxonomie des courbes. Pour La Science 297: 56-63.
- Bergson H. (1907) L'évolution créatrice. 214 p. ebook <http://www.ebooks-gratuit.org/livres/pdf/bergson>
- Bernard-Weil E. (2002) Stratégies paradoxales en Bio-Médecine et Sciences Humaines. L'Harmattan, Paris, 383 p.
- Bertin J. (1967) Sémiologie Graphique. Les Diagrammes - Les Réseaux - Les Cartes. Mouton & Gauthier-Villars, Paris, 431 p.
- Berthoz A. (2009) La simplicité. Odile Jacob, Paris, 220 p.

- Bethlenfalvay G.J. & al. (1985) Glycine-Glomus-Rhizobium Symbiosis. II. Antagonistic effects between mycorrhizal colonization and nodulation. Plant Physiology 79: 1054-1058.
- BioTechniques Editors (2009) When less is more. BioTechniques 47(6): 995.
- Bjork A. & S. Pitnick (2006) Intensity of sexual selection along the anisogamy-isogamy continuum. Nature 441: 742-745.
- Björnsson B. & A. Steinarsson (2002) The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. fisheries & aquatic sciences 59(3): 494-502.
- Blondel J. (1969) Synécologie des passereaux résidents et migrants dans le midi méditerranéen français. Delachaux & Niestle, Genève, 239p.
- Blondel J. (1990) Biogéographie : approche écologique et évolutive Dunod, Paris, 320 p.
- Bonnefoy P. (1999) Avec Huygens, rendons la lumière moins obscure. Fusion 78: 53-62.
- Bounhoure J.-P. (2005) Gériatrie. 5/ L'insuffisance cardiaque du sujet âgé. Actualités Innovations Médecine 102: 41-45.
- Brette J. (sous la dir. de) (1976) Courbes mathématiques. Rev. Palais de la Découverte n° spécial 8, 167 p.
- Bricage P. (1976) 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. A.A.S.N.S. 55: 17-41.
- Bricage P. (1979) Recherche d'agents léprostatiques ou léprototoxiques. I. Etude de l'influence de la 6-mercaptopurine et de la 5-fluoro-uracile sur le développement in vitro de Mycobactéries d'origine lépreuse. Ann. C. R. B. L. 1: 13-20. (Recherche de marqueurs métaboliques de résistance à la lèpre. Table ronde "Culture du bacille de Hansen", 1er Coll. Internat. Léprologues langue française Dakar, Sénégal.)
- Bricage P. (1980) Étude des phénotypes pigmentaires du bissap, *Hibiscus sabdariffa* L., Malvacées. I. Biométrie de la productivité. Bull. IFAN A 42: 440-480.
- Bricage P. (1982a) Caractéristiques fonctionnelles et rythmes circadiens des activités peroxydasiques des feuilles d'une plante à métabolisme acide crassulacéen. *Pedilanthus tithymaloides* L. *variegatus*, Euphorbiaceae. 1er Coll. International "Rythmes biologiques", Seillac, France, Bull. G.E.R.B. 1 p.
- Bricage P. (1982b) Pigmentation and soluble peroxidase isozyme patterns of leaves of *Pedilanthus tithymaloides* L. *variegatus* as a result of daily temperature differences. Plant Physiology 69: 668-671.
- Bricage P. (1982c) Ajustements et changements des rythmes d'activités en fonction des changements journaliers des paramètres stationnels: activités peroxydasiques des feuilles d'une plante à métabolisme acide crassulacéen in vitro et in situ. Coll. National centenaire des ENS, Paris, France, 1 p.
- Bricage P. (1983) Changements journaliers des rythmes métaboliques et des paramètres stationnels dans les feuilles d'une plante à métabolisme acide crassulacéen, *Pedilanthus tithymaloides* L. *variegatus*, Euphorbiaceae. Bull. G.E.R.B. 14: 30.
- Bricage P. (1984a) *Lathyrus macrorhizus*: influence des facteurs stationnels sur la floraison in situ. Can. J. Bot. 62: 241-245.
- Bricage P. (1984b) Biologie des populations de maïs: influence de la présence d'une pigmentation anthocyanique sur la productivité en grains et le choix de la densité culturale. 1er Coll. National "Entreprendre au Pays", Institut d'Études Régionales, Pau, France 11 p.
- Bricage P. (1984c) 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.
- Bricage P. (1985) Multiple molecular steps and pathways of in situ anthocyanin biosynthesis in *Lathyrus macrorhizus* Wimm. I. The leaf steps and pathways. p. 106-107.,
 II. The glycosylation-acylation network. p. 108-111.,
 III. The end-product population pattern. p. 112-126.
1rst International Coll. Lathyrus, Chemical aspects, IBEAS, Pau, France.
- Bricage P. (1986) Isoperoxidasés, marqueurs de changements et de changements physiologiques, 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. p. 261-265. Molecular & Physiological Aspects of Plant Peroxidases Genève.
- Bricage P. (1988a) The isoperoxidase pattern changes and the pigment changes of *Pedilanthus tithymaloides* L. *variegatus* calli as a result of sucrose concentration and phytohormone content of the culture medium and daily temperature differences. Plant Science 55: 169-173.

- Bricage P. (1988b) Action des micro-ondes (fréquences, intensités, durées) sur les systèmes biologiques: quels effets et quand ? **1er Congrès International Société de Chimie Biologique "Systèmes BioEnergétiques, Structure, Contrôle et Evolution"**, Bombannes, France, 10 p.
- Bricage P. (1991a) Les Caractéristiques des Organismes Vivants. Fac. Sci. Univ. Pau, 44 p.
- Bricage P. (1991b) Évaluation des interactions entre la 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.
- Bricage P. (1993a) Are the lunar, radiative and position, cycles responsible for the entrainment of the periodic awakenings of the man night sleep ? *In* Biological Rhythms : from cell to man. Polytechnica, Paris, p. 183-190.
- Bricage P. (1993b) Le syndrome du jet-lag, une perturbation des éveils nocturnes, sous la dépendance de cycles lunaires ? **1er Coll. International "Activités physiques et situations extrêmes"**, École Inter-Armées des Sports, Fontainebleau, France, 12 p.
- Bricage P. (1997) Influence de la lune sur les rythmes biologiques? Bull. Soc. Astronomie Pyr. Occ. 116: 71-75.
- Bricage P. (1998) La Survie des Systèmes Vivants. Atelier fondateur de MCX20 "Prendre soin de l'homme", Centre Hospitalier Général, Pau, France, 3 p.
- Bricage P. (2000a) La Survie des Organismes Vivants. Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Fac. Médecine, Paris, 44 p. <http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>
- Bricage P. (2000b) La nature de la violence dans la nature : Déterminismes écologique, physiologique et génétique de l'adaptation aux changements aux différents niveaux d'organisation des systèmes végétaux. La Violence, Colloque AFSCET Andé, 7 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbviolW98.pdf>
- Bricage P. (2000c) Systèmes biologiques : le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ? "La décision systémique : du biologique au social." Atelier AFSCET, Paris, Institut International d'Administration Publique, 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf>
- Bricage P. (2001a) La nature de la décision dans la nature ? Systèmes biologiques: production, consommation, croissance et survie. Quelles règles ? Quels degrés d'exigence ? Quels bilans ? "La décision systémique : du biologique au social." Colloque AFSCET, Andé, 16 p. <http://www.afscet.asso.fr/Decision.pdf>
- Bricage P. (2001b) Pour survivre et se survivre, la vie est d'abord un flux, ergodique, fractal et contingent, vers des macro-états organisés de micro-états, à la suite de brisures de symétrie. Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Paris, Institut International d'Administration Publique, 11 p. <http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>
- Bricage P. (2002a) Héritage génétique, héritage épigénétique et héritage environnemental: de la bactérie à l'homme, le transformisme, une systémique du vivant "Évolution du vivant et du social : Analogies et différences." Colloque AFSCET Andé, 20 p. <http://www.afscet.asso.fr/heritage.pdf>
- Bricage P. (2002b) The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems **UES 5th European Systems Science Congress**, Hersonissos, Creta, Greece, **Res. Systemica** 2: 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf>
- Bricage P. (2003) Organisation, intégration et espace-temps des systèmes vivants "Intégration du vivant et du social : Analogies et différences." Colloque AFSCET Andé, 31 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde03.pdf>
- Bricage P. (2004) La gouvernance du vivant : les acteurs et les systèmes. "La gouvernance." Colloque AFSCET Andé, 26 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde04GV.pdf>
- Bricage P. (2005a) The Modelling of the Time Modularity of the Living Systems : the Time Delay, the Time Duration, the Time Lag, and the Rhythms. La Modélisation de la Modularité Temporelle du Vivant : Le Temps est à la fois Plus et Moins que la Somme de ses Parties. **UES 6th European Systems Science Congress**, Paris, France, **Res. Systemica** 5: 11 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage2.pdf>
- Bricage P. (2005b) The Cell originated through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Associations for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and of Disadvantages, between the Partners, with a Benefit only for their Wholeness. **UES 6th European Systems Science Congress**, Paris, France, **Res. Systemica** 5: 11 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf>
- Bricage P. (2005c) La durabilité contractuelle du vivant. Seules perdurent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés. Anthropo-politique et gouvernance des systèmes complexes territoriaux, Presses de l'Université des Sciences Sociales de Toulouse, p. 111-117. <http://www.afscet.asso.fr/PBtlseMCX33.pdf>
- Bricage P. (2006a) Danger des représentations non-systémiques.
1. Pouvoir de prédiction des représentations systémiques en Sciences de la Vie. "Les représentations au crible de l'approche systémique." **Journées annuelles AFSCET, Andé**, 39 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde06txt.pdf>

2. MODÉLISATION : figures et références par mots clés. 21 p.

<http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/bibliographie/pbAnde06fig.pdf>

Bricage P. (2006b) *Les systèmes vivants. IV. Survivre et Se Survivre : "manger & être mangé". IV.1. Les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés. Physiologie du développement végétal, L3_SDV (S5), TBCL22U, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 97 p.*

Bricage P. (2007a) Comment les systèmes biologiques mettent-ils en place (team building) des organisations, juxtaposées et imbriquées en réseaux (networks), "groupwares" robustes et durables ? Quels sont les facteurs limitants de ces processus ? *"Intelligence des Systèmes et action collective" Journées annuelles AFSCET, Andé, 42 p.*

<http://www.afscet.asso.fr/Ande07pb.pdf>

Bricage P. (2007b) Les boucles "constructales" en sciences de la vie : l'intelligence est-elle dans les boucles ? *Intelligence des Systèmes et action collective. Journées annuelles AFSCET, Andé, table ronde "L'intelligence des boucles", 6 p.* <http://minilien.com/?ZLmLWlrhgf>

Bricage P. (2007c) Gouvernance et pédagogie: Analogie entre un système éducatif et un système biologique. *Gouvernance & Pédagogie, AFSCET, Pau, p. 50-1 à 50-15.* <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00130212>

Bricage P. (2007d) La systémique : une nouvelle gouvernance du savoir ? & une nouvelle pédagogie de l'apprentissage ?, *Système & Accompagnement, AFSCET, Pau, p. 148-1 à 148-4.* *ibid*

Bricage P. (2008a) La démarche scientifique expérimentale, un langage "système" : mise en évidence d'une phase critique d'apprentissage. *"Système et langage." Journées annuelles AFSCET, Andé, 30 p.*

<http://www.afscet.asso.fr/Ande08/pbAnde08ExpSci.pdf>

Bricage P. (2008b) 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 7th European Systems Science Congress, Lisboa, Portugal, Res. Systemica 6: 22 p.*

<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Lisboa08/bricageCuration.pdf>

Bricage P. (2009a) Les conditions d'intégration de l'humanité au sein de la nature terrestre. The Forgotten Messages of Ecology and Governance. *"Essai de lecture systémique de la crise mondiale." Journées annuelles AFSCET, Andé, 20 p.* <http://www.afscet.asso.fr/crise/pbcrise.pdf>

Bricage P. (2009b) L'évolution "créatrice" : métamorphoses et "phylotagmotaphologie" du vivant. L'évolution du Vivant a une direction. Comment est-elle orientée ? *Colloque http://www.teilhards.org "150 ans après Darwin, 70 ans après Teilhard : Lire l'évolution." Centre de Sèvres, Paris, 109 p.* <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/fr>

<http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylotagmotaphologie.pdf>

Bricage P. & al. (1989) Évaluation des cortèges des Lépidoptères défoliateurs d'un bois de feuillus (bois de Pau). *1er Coll. "Entomologie" Pays Basque (France & Espagne), Bayonne, France, Ikartzaleak 13: 5-26.*

Bricage P. (sous la dir. de) & al. (2007) *Système & Accompagnement, AFSCET, Pau, 155 p.*

<http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00130212>

Brogardh T. & A. Johnsson (1974) Effect of lithium on stomatal regulation. *Zeitschr. f. Naturforsch. 29: 298-300.*

Brogardh T. & A. Johnsson (1975) Regulation of transpiration in Avena. Responses to white light steps. *Physiologia Plantarum 35: 115-125.*

Brookes T. & J. Dickman (2005) Quel temps fera-t-il ? *National Geographic 69: 84-103.* (prévisions météo : du chaos du ciel au bulletin météo. p. 92-93., prévisions immédiates. p. 94-103.)

Burgat F. (sous la dir. de) & al. (2010) *Penser le comportement animal. Maison des Sciences de l'Homme & Quae, Paris, 412 p.*

Busser É. (2005) Interpolation, extrapolation, une simplicité linéaire. *Tangente 107: 38-39.*

Cazenave A. (2006) Pourquoi la mer monte. *Tangente 108: 10-11.*

Cazenave A. & E. Berthier (2010) La montée des océans : jusqu'où ? *Pour La Science 388: 20-27.*

Cheylan G. (1984a) Les mammifères des îles provençales. *Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros, 10 : 13-25.*

Cheylan G. (1984b) The mammalia of Provence and West Mediterranean islands: an exemple of non equilibrium insular fauna. *Revue d'écologie 39(1): 37-54.*

Cohen G. (2005) Vous avez dit « affine » ? *Tangente 107: 28-29.*

Collectif (1995) *Le chaos. Pour La Science Dossier HS, 130 p.*

Collectif (2002) *Ordre & désordre. La Recherche HS 9, 114 p.*

Colonna J.-F. (2009) La nature profonde des mathématiques. *Tangente HS n° 38, Mathématiques & philosophie, p. 10-13.*

- Combes F. (2002) La gravité crée un ordre fractal dans l'Univers. p. 44-47. *In* Ordre & désordre. La Recherche HS 9, 114 p.
- Combes F. (2005) Des vagues dans la mare galactique. Pour La Science 337: 42-48.
- Dahan Dalmedico A. (2002) La théorie du chaos, une révolution ? p. 96-100. *In* Ordre & désordre. La Recherche HS 9, 114 p.
- Dal'Bo F. (2007) Trajectoires géodésiques et horocycliques. EDP Sciences (Coll. Savoirs actuels), Paris, 163 p.
- Delahaye J.-P. (1995) Le complexe surgit-il du simple ? p. 30-34, *In* Le chaos. Pour La Science Dossier HS, 130 p.
- Delahaye J.-P. (2002) Le monde mathématique existe-t-il ? Pour La Science 301: 98-102.
- Delahaye J.-P. & N. Gauvrit (2006) Le hasard géométrique n'existe pas ! Pour La Science 341: 90-95.
- Demarly Y. (1981) Voies nouvelles en amélioration des plantes. *In* Les bases scientifiques de l'amélioration des ressources alimentaires (Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences). Chapitre 1. Production végétale., Rev. Palais de la Découverte, n° spécial 21, 352 p.
- den Boer S.P.A. & al. (2010) Seminal Fluid Mediates Ejaculate Competition in Social Insects. Science 327(5972): 1506-1509.
- Desplan Cl. (2009) Les sens au gré du hasard. Pour La Science 385: 96-101.
- Duarte-Ramos H. (2008) Hard & Soft Systems Intentionality. **UES 7th European Systems Science Congress**, Lisboa, Portugal, **Res. Systemica** 6: 10 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Lisboa08/duarteramosL.pdf>
- Durey A. & G. de Kermadec (1984) Tous les coups du tennis et leurs effets. Science et vie 147: 45-69.
- Dyachok O. & al. (2006) cAMP oscillations restrict protein kinase A redistribution in insulin-secreting cells. Biochemical Society Transactions 34: 498-501.
- Edelman G.E. & J.A. Gally (2001) Degeneracy and complexity in biological systems. Proceedings of the National Academy of Sciences 98(24): 13763-13768.
- Ferng J.J. (2002) Toward a scenario analysis framework for energy footprints. Ecological Economics 40: 53-69.
- Fouilhoux P. (2008) L'optimisation combinatoire. Pour La Science 369: 50-56.
- Franck A. (1851) La pensée de la totalité. Dictionnaire des Sciences Philosophiques Hachette, Paris, p. 738.
- Frankhauser P. (1997) L'approche fractale. Un nouvel outil de réflexion dans l'analyse spatiale des agglomérations urbaines. population 52(4): 1005-1040.
- Frontier S. & al. (2004) Écosystèmes. Structure, Fonctionnement, Évolution Dunod, Paris, 549 p.
- Gallet Y. & al. (2004) Le champ magnétique de nos ancêtres. Le temps des datations. Pour La Science HS 42: 104-105.
- Gigandet A. & B. Pautrat (2007) Lucrèce. De rerum natura. De la nature des choses. Poche (Classiques), Paris, n° 4677, 697 p.
- Godin Ch. (1998) La totalité. 1. De l'imaginaire au symbolique. *In* Encyclopédie philosophique en 8 volumes, Champ Vallon Editions, Seyssel, 959 p.
- Griffiths A.J.F. & al. (2001) Analyse Génétique Moderne. DeBoeck Université, Bruxelles, 676 p.
- Grondarda C. & al. (2005) Réponses biologiques à l'entraînement : données de cinéradiographie. Science & Sports 20(4): 232-234.
- Haberl H. & al. (2001) How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of times : the case of Austria 1926-1995. Ecological Economics 38: 25-45.
- Henry V. (2005) Modélisation des phénomènes périodiques. Tangente Sup 28: 18-19.
- Ilagan R.M. & al. (2010) Linear measurement of cell contraction in a capillary collagen gel system. BioTechniques 48(2): 153-155.
- Johnsson A. & H.G. Karlsson (1972) A feedback model for biological rhythms. I. Mathematical description and basic properties of the model. J. Theor. Biol. 36, 153-174.
- Johnsson A. & al. (1979) Oscillatory Transpiration of Avena Plants: Perturbation Experiments Provide Evidence for a Stable Point of Singularity. Physiologia Plantarum 45(4): 393-398.
- Johnsson M. & al. (1976) Rapid, blue light induced transpiration response restricted to plants with grasslike stomata. Physiologia Plantarum 36, 229-232.
- Kato M. & al. (2007) Effect of herbal medicine Juzentaihoto on hepatic and intestinal heat shock gene expression requires intestinal microflora in mouse. World J. Gastroenterol. 13(16): 2289-2297.
- Krebs Ch.J. (1985) Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Harper & Row, New York, 800 p.

- Lachière-Rey M. (2004) L'âge de l'Univers. Le temps des datations. Pour La Science HS 42: 7-11.
- Largeault J. (1988) Épistémologie. Pour La Science 129: 111.
- Latapy M. (2005) L'inextricable simplicité de l'Internet. Tangente Sup 28: 24-27.
- Layzell D.B. & al. (1985) Effect of N source on the steady state growth and N assimilation of P-limited *Anabaena flos-aquae*. Plant Physiology 78: 739-745.
- Lehning H. (2004) Transports de groupe en géométrie. Tangente 96: 32-35.
- Lehning H. (2005a) Les formes du second degré. Tangente 106: 22-26.
- Lehning H. (2005b) Linéarité et interpolation. Tangente Sup 28: 6-7.
- Lehning H. (2006) Des droites pour construire des surfaces. Tangente 109: 12-13.
- Lehninger A.L. (1972) Biochimie. Flammarion (Médecine, Sciences), Paris, 834 p.
- Lepage C. (2005) Johannes Kepler et la course des planètes. Cosinus 59: 26-31.
- Lopez Ph. (2004) Les rouages grippés de l'horloge du vivant. Pour La Science Dossier 42: 34-38.
- Lorigny J., R. Vallée & G. Maugé (2008) Pierre Vendryès, la vie d'un chercheur remarquable, une oeuvre majeure pour la science systémique de l'autonomie humaine. **UES 7th European Systems Science Congress**, Lisboa, Portugal, **Res. Systemica** 6: 10 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Lisboa08/vendryesWS1.pdf>
- Luminet J.-P. (2002) L'Univers est-il fini ? La Recherche 358: 77-80.
- Masson Cl. & al. (1978) Le comportement animal. Science et Vie HS n° 125, 164 p.
- Matassini L. (2002) Vocalises chaotiques. Pour La Science 301: 76-82.
- McRobie F.A. & J.M.T. Thompson (1990) Chaos, catastrophes & engineering. New Scientist 126(1270): 41-46.
- Naddef D. & al. (2006) Le simplexe : une approche géométrique de la programmation linéaire. Tangente Sup 111: 10-12.
- Narlikar J. (1991) What if the big bang didn't happen ? New Scientist 129(1669): 48-51.
- Nunez E.A. (2009) Quelques exemples montrant qu'une analyse, guidée par une approche globale systémique, permet de mieux comprendre l'histoire de la perte de reliance entre mon cerveau et mon corps à la suite d'un accident vasculaire cérébral. **Assemblée Générale AFSCET, Paris**, 1 p. <http://www.afscet.asso.fr/Archives/nunezCANov09.gif>
- Octavia G. (2006) La modélisation du climat. Tangente 108: 8-9.
- Paldi A. (2010) Déterminisme ou prédictibilité. La Recherche 437: 6.
- Paliwal R.L. & al. (2002) Le maïs en zones tropicales : amélioration et production. Technology & Engineering n°38, Collection FAO Production végétale et protection des plantes. Rome, 382 p.
- Paquet G. (2004) Nicholas Georgescu-Roegen (1906-1994). La décroissance. Entropie-Écologie-Économie. (1979, 1995). Les classiques des sciences sociales, Université du Québec à Chicoutimi, 253 p.
- Parès Y. & P. Bricage (1977) Étude du pouvoir antibiotique de bromures de phosphonium sur l'espèce mycobactérienne nouvelle régulièrement isolée des organismes lépreux et sur quelques autres mycobactéries. Comparaison avec les antilépreux classiques. p. 485-494.
- 1rst International Congress IMPHOS, Institut Mondial du PHOSphore, Rabat, Maroc.**
- Piau L. (2004) La datation des étoiles. Le temps des datations. Pour La Science HS 42: 19-21.
- Prytz G. & al. (2003) Self-Sustained Oscillations in Plant Water Regulation: Induction of Bifurcations and Anomalous Rhythmicity. New Phytologist 158(2): 259-267.
- Quinio Benamo M. (2006) Probabilités et statistiques aujourd'hui. Pourquoi faire ? Comment faire ? L'Harmattan, Paris, 276 p.
- Raeder H. & al. (2006) Mutations in the CEL VNTR cause a syndrome of diabetes and pancreatic exocrine dysfunction. Nature Genetics 38: 54-62.
- Raven P.H. & al. (2007) Biologie. De Boeck, Bruxelles, Paris, 1250 p.
- Ria B., Bouvard M. & Bricage P. (1993) La vitesse instantanée: un critère individuel d'évaluation des techniques de nage. Science & Sports 8: 9-16.
- Robert L. (1997) Les horloges biologiques. Flammarion Sciences (Champs), Paris, 289 p.
- Rotgé J.-F. (2006) La géométrie projective. Tangente 110: 26-29.
- Ruelle D. (1995) Où le chaos intervient-il ? p. 6-13. **In** Le chaos. Pour La Science Dossier HS, 130 p.
- Rybak B. (1990) L'identité humaine. (Collection surfaces) Jean-Michel Place, Paris, 101 p.
- Sà Earp R. & E. Toubiana (2009) Introduction à la Géométrie Hyperbolique et aux surfaces de Riemann Cassini (Collection : Enseignement des mathématiques), Paris, 364 p.
- Sapoval B. (2002) L'universalité des fractales. Pour La Science 300: 130-133.

- Sens P. & Th. Charitat (2003) Le deuil de chaque feuille. *La Recherche* 360: 103.
- Shen H. & al. (2010) A Critical role for $\alpha 4\beta\delta$ GABA_A receptors in Shaping Learning deficits at Puberty in Mice. *Science* 327(5972): 1515-1518.
- Silina A. V. (1983) Influence of the temperature on the linear growth of *Patinopecten yessoensis*. *Èkologiâ* 5: 86-89.
- Smith R.L. (1986) *Elements of Ecology*. Harper & Row, New York, 677 p.
- Stephen D. & J.D. Lockie (1969) *L'équilibre dans la nature*. Flammarion, Paris, 128 p.
- Szalay F. S. (editor) (1975) *Approaches to primate paleobiology* 325 p., Karger AG, Bâle, New York.
- This H. (2009) Fractales et spaghettis. *Pour La Science* 384: 99.
- Vague J. & al. (1974) Les diverses formes de l'obésité. *Triangle* XIV(4): 289-302.
- Valéry P. (1988) *Cahiers. Tome 1 (1894-1914)*. Gallimard, Paris, 382 p.
- Vallée R.³² (1995) *Cognition et système. Essai d'épistémo-praxéologie* L'Interdisciplinaire, Lyon-Limonest.
- Vallée R. (2002) Temps et systèmes. **UES 5th European Systems Science Congress**, Hersonissos, Creta, Greece, **Res. Systemica** 2: 7 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Vallee.pdf>
- Voiblet C. & al. (2001) Identification of symbiosis-regulated genes in *Eucalyptus globulus*-*Pisolithus tinctorius* ectomycorrhiza by differential hybridization of arrayed cDNAs. *The Plant Journal* 25: 181-191.
- Wackernagel M. & al. (2002) Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy. *P.N.A.S. USA* 14: 9266-9271.
- Wagensberg J. (1998) Le plaisir fractal. *La Recherche* 313: 127.
- Weiss G. (1901) A propos de l'excitation électrique des nerfs et des muscles. *C. R. Soc. Biol.* LIX: 126-128.
- White T. (2007) Sharing Ressources. The Global Distribution of the Ecological Footprint. *Ecological Economics* 64: 402-410.
- Winfrey A.T. (1994) *Les Horloges de la vie: Les mathématiques des rythmes biologiques*. Pour la Science (L'Univers des sciences), Paris, 187 p.
- Wilson E.J. & al. (1986) Effects of oxytocin and vasopressin on the preadipocyte 3T3-F442A cell line. *Biochem. Cell Biol.* 65: 211-218.
- Worms F. (2007) Bergson contre le créationnisme. *La Recherche* 412: 112.
- Wynn Ch. M. & A. W. Wiggins (2001) Le rasoir d'Occam. p. 21. & 158. *In* *Intuitions géniales. Le top 5 des meilleures idées scientifiques*. De Boeck Université, Paris, Bruxelles, 218 p.
- Yang Q. & al. (2010) Circadian Gating of the Cell Cycle Revealed in Single Cyanobacterial Cells. *Science* 327(5972): 1522-1526.
- Zaslavsky G.M. (1999) Chaotic Dynamics and The Origin of Statistical Laws. *Physics Today* 52(8): 39-45.

modélisation : sites web

- biosystémique** <http://fr.wikipedia.org/wiki/Biosyst%C3%A9mique>
- sigmoïde** [http://fr.wikipedia.org/wiki/Sigmo%C3%AFde_\(math%C3%A9matiques\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sigmo%C3%AFde_(math%C3%A9matiques))
- sinusoïde** <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sinuso%C3%AFde>
- logarithmes** <http://fr.wikipedia.org/wiki/Logarithme>

organismes et phénomènes biologiques : sites web

- blé** <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%A9>(2010)
- vigne** <http://www.food-info.net/fr/products/wine/grape.htm>(2010)

Ce texte est disponible sous [licence Creative Commons paternité partage à l'identique tant pour la présentation, le texte ou les graphiques](#) ce **sous réserve d'indiquer la source du document**

Bricage P. (2010) Bilan épistémologique de la modélisation systémique de l'espace-temps-action du vivant : co-déterminisme global, prédictibilité locale et imprédictivité glocale. *Vers une nouvelle systémique*. Andé. Journées annuelles AFSCET, 34 p. <http://www.afscet.asso.fr/Ande10/pbETA vivant10.pdf>

Figure 1. L'organisation fonctionnelle du vivant : écoexotope et endophysiotope. local et global : **l'espace des phases.**

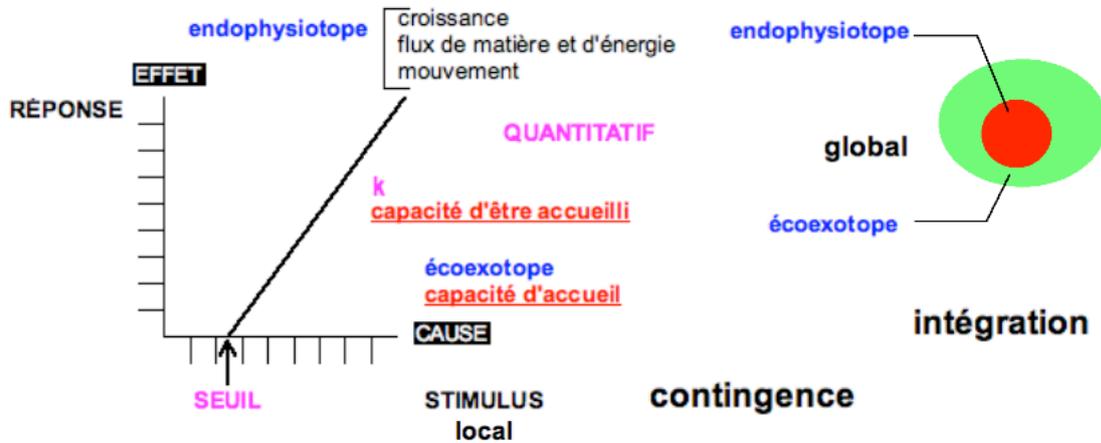


Figure 1a. Liens de cause à effet, facteurs influençant et facteurs contrôlant, co-relation :

INTÉGRATION et RÉPONSES AUX STIMULATIONS. (Bricage 1980, 1982c, 1991a, 2000a & 2002a)

Tout **endophysiotope** présente une **organisation**, spatialement et temporellement, il est inséparable d'un **écoexotope** de survie (**intégration**) qui présente de même une organisation. Tout **STIMULUS**, qui a pour origine un **flux de matière, d'énergie, d'information(s)** provenant de l'écoexotope, s'il est perçu, déclenche une **RÉPONSE** à cette stimulation. Une réponse linéaire, un **EFFET QUANTITATIF k**, est une "mesure" de la **capacité d'être accueilli** de l'endophysiotope associé à cet écoexotope, qui lui fournit une **capacité d'accueil** (Bricage, 1988a).

Tout "tope" (Bricage, 2002a) est défini par son **champ d'espace-temps-action(s)** (Bricage, 2002b & 2009b).

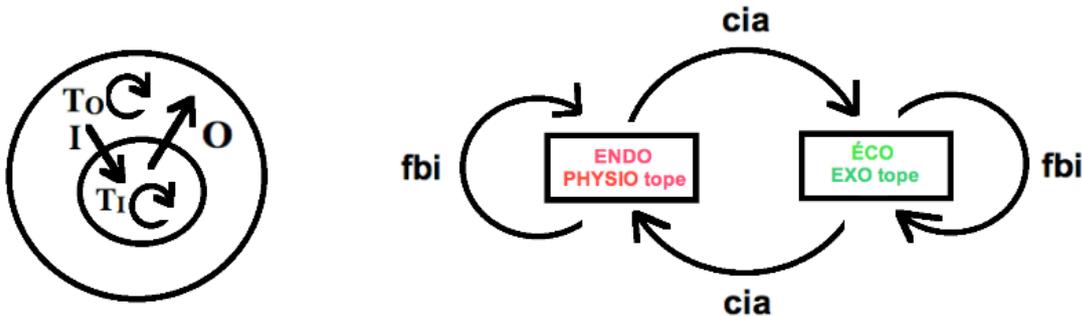


Figure 1b. Liens de cause à effet, facteurs influençant et facteurs contrôlant :

ORGANISATION (spatiale et temporelle) et flux (**MOBILISATION** de la MATIÈRE, de l'ÉNERGIE, de l'information)

- **flux**, si on se place du "point de vue local" de l'endophysiotope (Bricage, 2003) : entrants I (INputs), sortants O (OUTputs), internes T_i et externes T_o , propres à chaque champ d'espace-temps-action (THROUGHputs),

- **actions modificatrices**, si on se place du "point de vue global" du système : **fbi feed-backs** intra (internes à l'endophysiotope ENDO ou à l'écoexotope EXO), **cia contrôles des inter-actions** (de l'un sur l'autre).

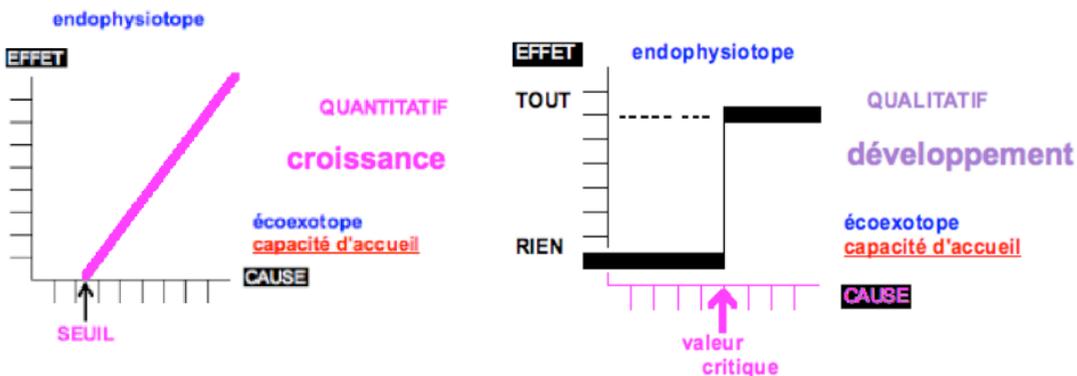


Figure 1c. Liens de cause à effet : linéarité, quantitative et qualitative, et "criticité" (Bailly, 1991).

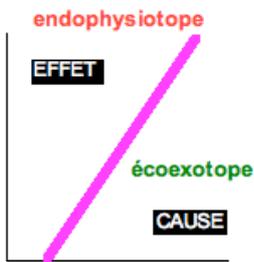
Influence de la capacité d'accueil de l'écoexotope de survie sur la croissance ou le développement de l'endophysiotope accueilli.

Par définition, la **croissance**, à partir d'un **SEUIL (valeur critique du paramètre influençant)** est **accumulation** (pente ascendante) et la **dé-croissance** (Parès & Bricage, 1977; Bricage, 1979) est **dés-accumulation** (si la pente est descendante). Par définition, le **développement est acquisition** de capacité(s) nouvelle(s) qui n'exista(en)t pas avant (du RIEN au TOUT), ou/et disparition de capacité(s) ancienne(s) qui n'existe(nt) plus (du TOUT au RIEN), une **valeur critique du paramètre contrôlant** déclenchant la "bascule qualitative" (Bricage, 1988b).

indépendamment du temps et de l'espace

Quelques exemples x est associé(e) à la cause et y à l'effet,

il n'y a pas nécessairement un lien, direct ou indirect, de cause à effet, mais il y a **toujours, une co-inter-relati**



durée d'action d'une température

Patinopecten vessoensis

croissance de la coquille

Silina (1983)

somme des températures

de raisin <http://www.food-info.net/fr/products/wine/grape.htm> (2010)
de maïs Paliwal & al. (2002)

croissance du grain

organisation temporelle (phyllotherme)

du blé <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%A9> (2010)

écart thermique journalier

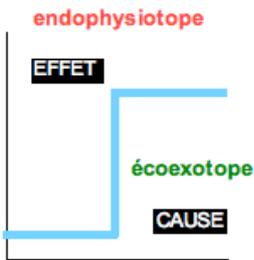
Pedilanthus tithymaloides

synthèse anthocyanique

Bricage (1982)

CAUSE

EFFET



somme des températures

du blé <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%A9> (2010)

néo-intégration germination du grain
néo-organisation spatio-temporelle levée

écart thermique journalier

Lathyrus macrorhizus

induction néo-synthèse anthocyanique
Bricage (1985)

Pedilanthus tithymaloides

induction néo-synthèse peroxydasique
Bricage (1986)

<http://www.univ-pau.fr/~bricage/peoxydases.html>

Figure 1d. La linéarisation est toujours possible localement OU globalement OU glocalement (Bricage, 2009b).

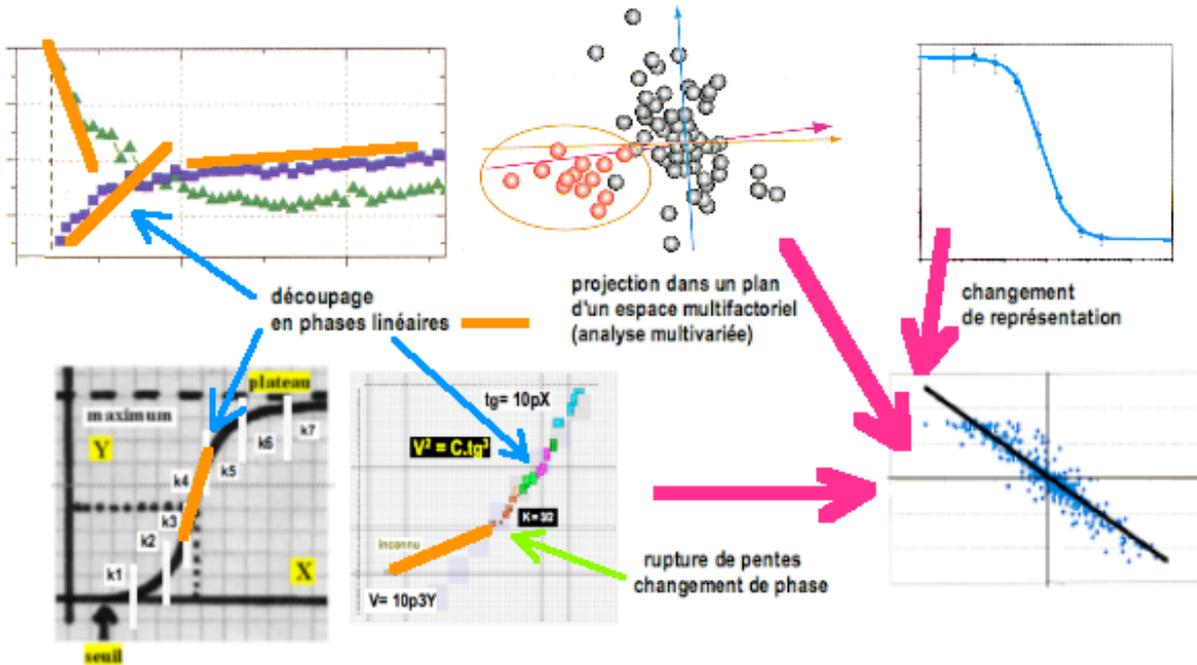


Figure 1e. **Le champ d'espace-temps-action du vivant**

« Tout existant possède un référentiel et quelque chose d'affine qu s'y organise. Dans la mesure où non seulement le biotope intérieur es considéré mais encore le biotope extérieur, c'est un système dynamique qu prend ses sources en deux lieux. » (Rybak, 1990).

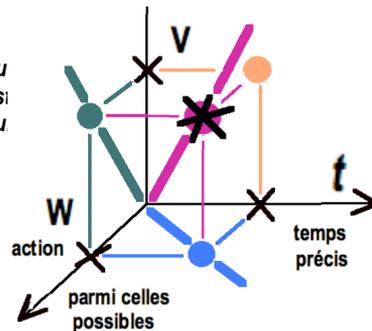
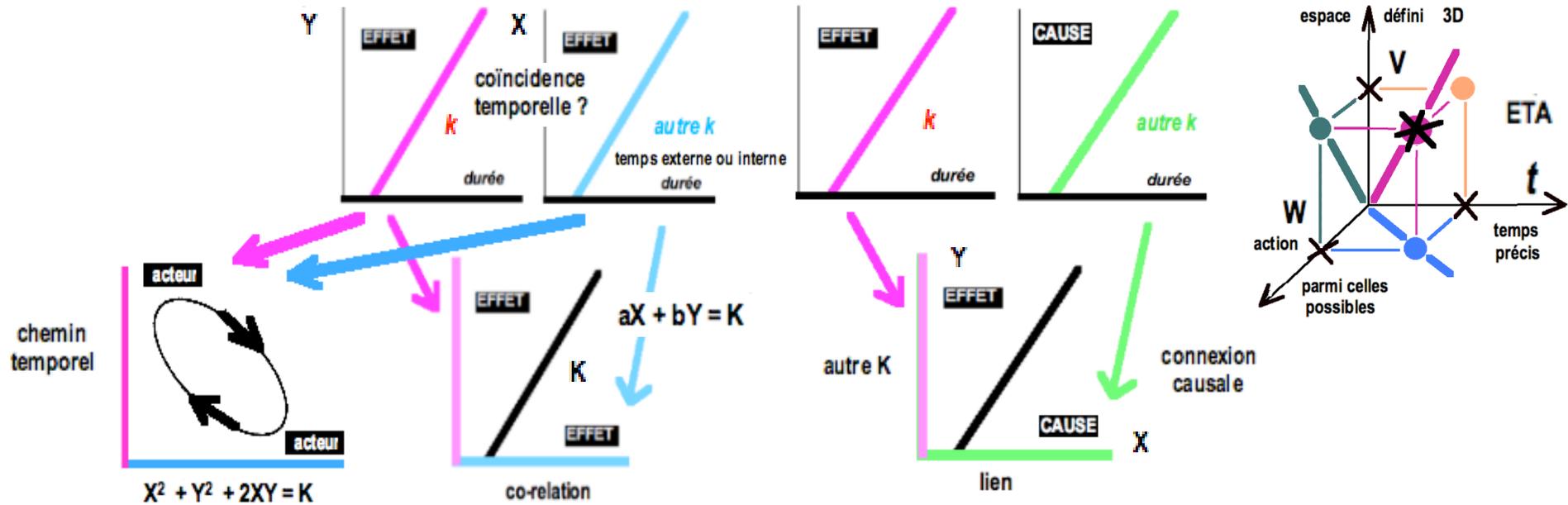


Figure 2. L'organisation temporelle, structurale et fonctionnelle, du vivant.

Figure 2a. La construction de l'espace des phases impose une simplification locale (Bricage, 1982c) OU globale (Bricage, 1984b) OU glocale (Bricage 1982a).



Si le temps n'est pas un paramètre interne au système, s'il n'est pas une horloge biologique, il doit être "éliminé" pour **co-construire l'espace des phases**, pour mettre en évidence **une simultanéité** de lien (lien de cause à effet) ou de corrélation (co-relation, relation co-construite, entre effets) (Bricage 1988a), au sein d'un espace-temps-action **ETA** (figure 3) ou entre ETA (figure 4).

Les niveaux de régulation étant juxtaposés et emboîtés (Bricage, 2001b, 2002b), **les structures fonctionnelles étant multi-agents et multi-niveaux...** 1 seule altération d'un seul gène peut avoir 2 effets, par exemple sur le pancréas exocrine et sur le pancréas endocrine (Ræder & al., 2006). Ce qui importe ce n'est pas la mise en évidence d'un phénomène de régulation au cours du temps (Dyachok & al., 2006), mais la mise en évidence d'un **chemin temporel obligatoire** (Bricage, 1997), d'une **horloge interne** (Bricage, 1993b, 2005a & 2007b).

En raison de l'emboîtement et de la juxtaposition (Bricage, 2001b), le **temps interne** d'un organisme est le **temps externe** de ses cellules qui ont elles-mêmes des temps internes différents de celui de l'organisme et différents d'un type de cellule à un autre. **Pour faire la distinction entre connexion(s) causale(s) et "coïncidence(s) temporelle(s)", il faut éliminer le temps externe au profit du temps interne, il faut tracer les trajectoires temporelles au sein de l'espace-temps-action du système (écoexotopie ET endophysiotopie) étudié** (figures 3a & 4a).

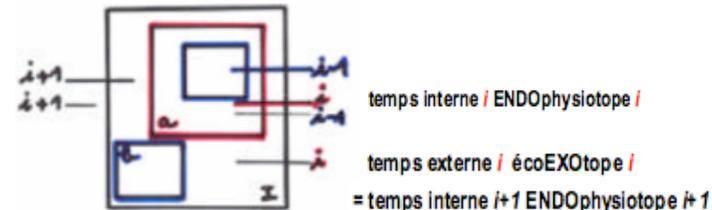


Figure 2b. Le temps interne (Vallée, 1995 & 2002) est co-construit, en cheminant, localement ET globalement ET glocalement.

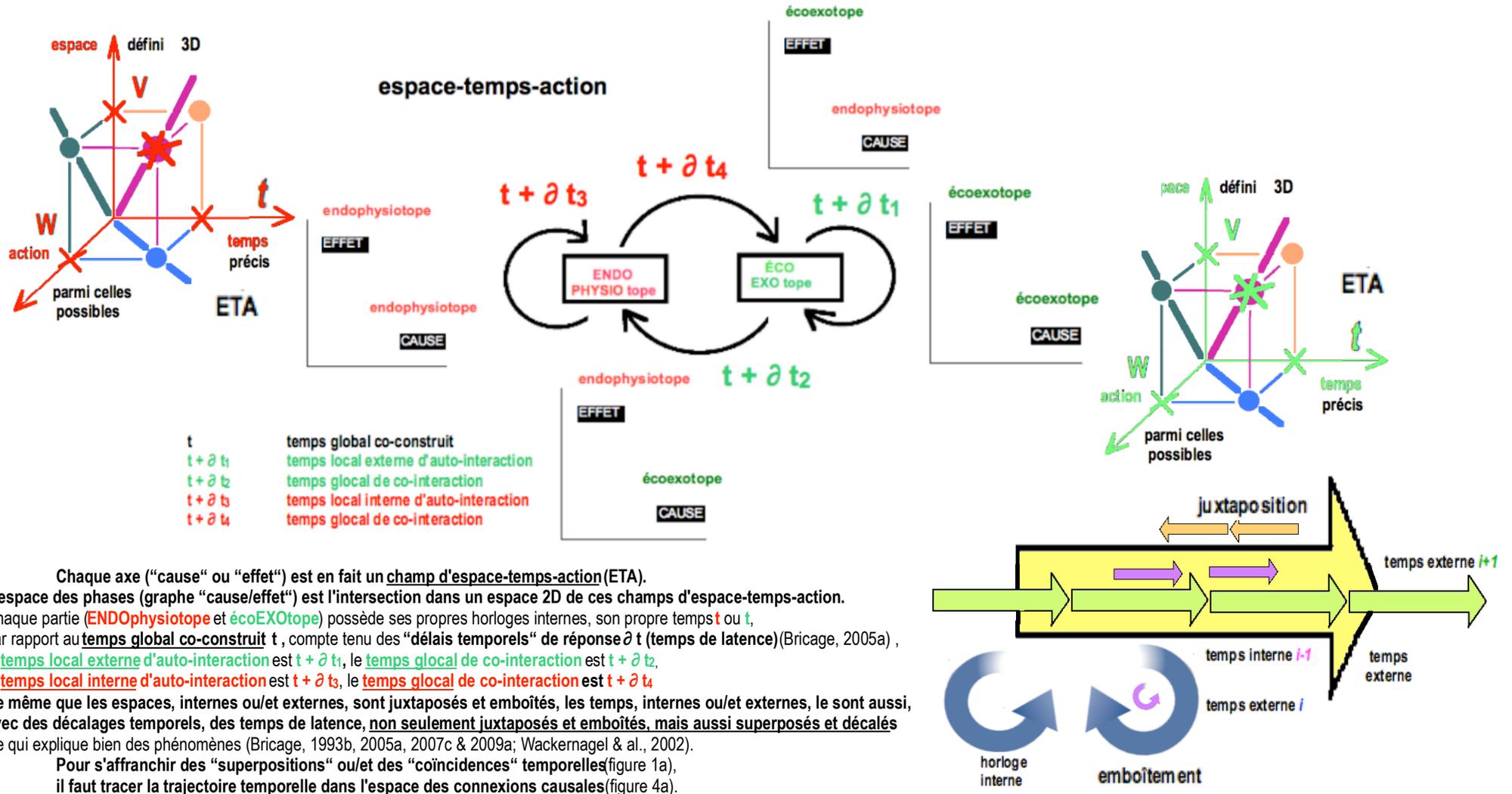
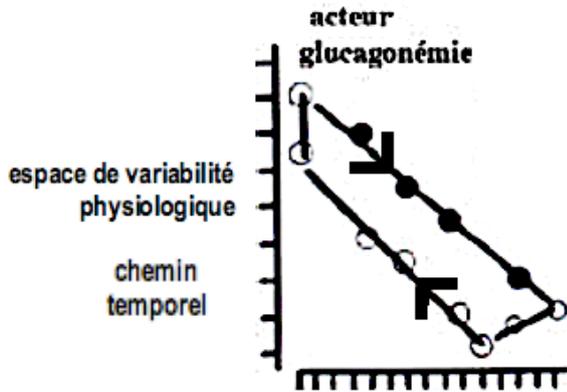


Figure 3. Le tout est à la fois plus et moins que la somme des parties.

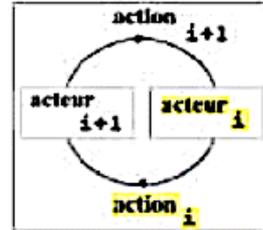
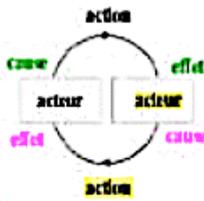
3a. Cycles de co-inter-action : cercle ou ellipse, "cyclicité".

Loi systémique constructale : boucle de causalité et temps interne, ENDO=f(ENDO).

Loi systémique constructale
à 1 couple d'acteurs "indicateurs"



1 couple d'acteurs

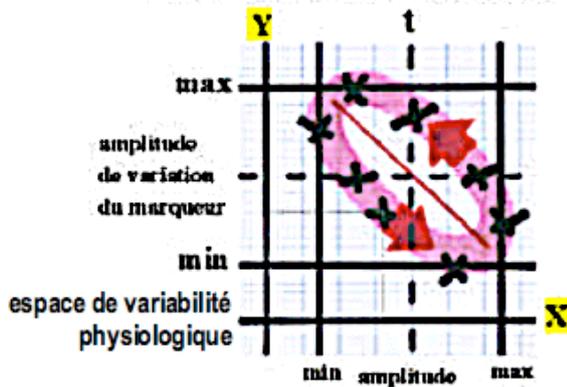


acteur
insuliniémie

Loi systémique constructale

(exemple de la régulation de la glycémie)
d'après Bricage P. (2004) figure 18, p. 23/26

La gouvernance du vivant : les acteurs et les systèmes.
<http://www.afscet.asso.fr/pbAnde04GV.pdf>



chemin
temporel

boucle de causalité circulaire

Dans un espace-temps-action à 2 acteurs
elle est représentable par un anneau ellipsoïdal.

d'après Bricage P. (2006a) Les représentations au crible de l'approche systémique.

MODÉLISATION (figures et références par mots clés) figure 11, p. 14/21.

<http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/bibliographie/pbAnde06fig.pdf>

3b. Champs d'espace-temps-actions.

Loi systémique constructale : emboîtements et juxtaposition, inséparabilité et intrication.

Langage systémique constructal
à n couples d'acteurs "imbriqués"
INTÉGRATION

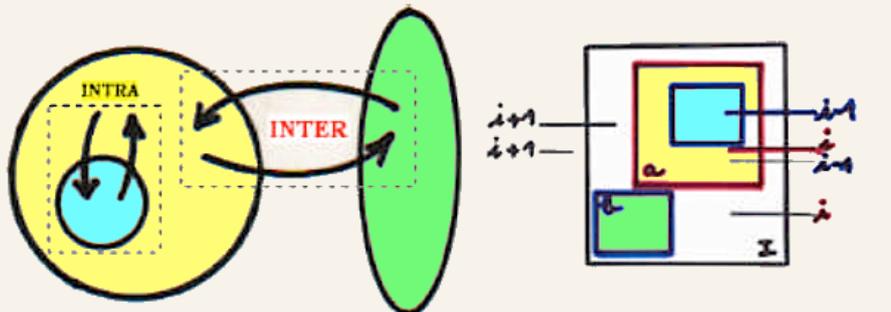
espace-temps-action d'interactions

En l'absence de "consensus" externe (INTER), c'est toujours l'interne (INTRA) qui l'emporte,

(le modèle du lichen)

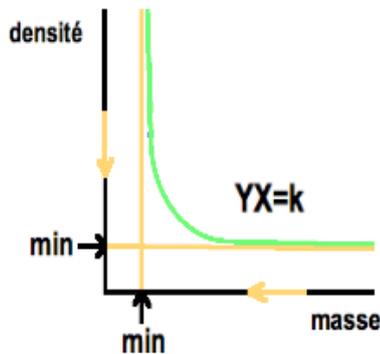
d'après Bricage P. (2006a) figure 7, p. 8/21

pouvoir de prédiction des représentations systémiques



quel que soit le niveau d'organisation i.

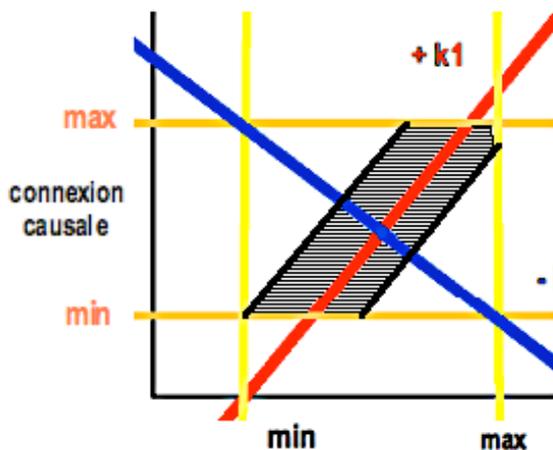
3c. Le tout est le produit des parties (hyperbole).



exemples :
 - Y densité d'une population, X masse d'un individu (relation entre **croissance en masse X** et **croissance en nombre Y**),
 - Y intensité, X durée d'un stimulus (externe ou interne) : **k seuil** (la courbe est le lieu de "bascule" : avant/après).

après seuil
 avant
 min : paramètre asymptotique

3d. Quelle que soit la trajectoire, elle est définie par ses limites.



min : valeur minimale (limite inférieure),
 max : valeur maximale (limite supérieure),
 Tout espace vivant (écoexotope ou endophysiotope),
 toute durée biologique (définie par référence à une horloge, interne ou externe), toute co-inter-action sont "bornés".

en hachuré les limites de variabilité physiologique dans l'ETA.

3e. Le TOUT et les PARTIES : "le tout est à la fois plus et moins que la somme de ses parties"

droite

$Y = K$ ou $X = K'$ indépendance des parties et du tout

$Y = kX$ le TOUT est limité par les parties, qui sont un **facteur limitant** du TOUT

$X = kY$ ou les parties sont limitées par le TOUT, **facteur limitant** des parties :

la capacité d'accueil est limitée par la capacité d'être accueilli et réciproquement,
 la capacité d'être accueilli est limitée par la capacité d'accueil.

$aX + bY = K$ parfois « Le tout est plus grand que la somme des parties. » (Confucius),

mais il peut aussi être la somme de ses parties $X+Y = K$

et parfois... il est plus petit, mais, le plus souvent "il est différent" !

Figure 4. Recherche du champ d'interactions le plus simple.

4c. Le Tout est à la fois plus et moins que le produit des parties : somme_action & produit_action.

Les représentations graphiques les plus simples sont toujours des coniques ou un assemblage de coniques.

De même que la trajectoire "usuelle" d'un mobile, dans un champ de pesanteur, est une ellipse, ou une hyperbole, de même, la trajectoire "usuelle" (l'histoire) d'un système vivant dans son champ d'espace-temps-action est une conique.

cercle $X^2 + Y^2 = K$

hyperbole $YX = K$

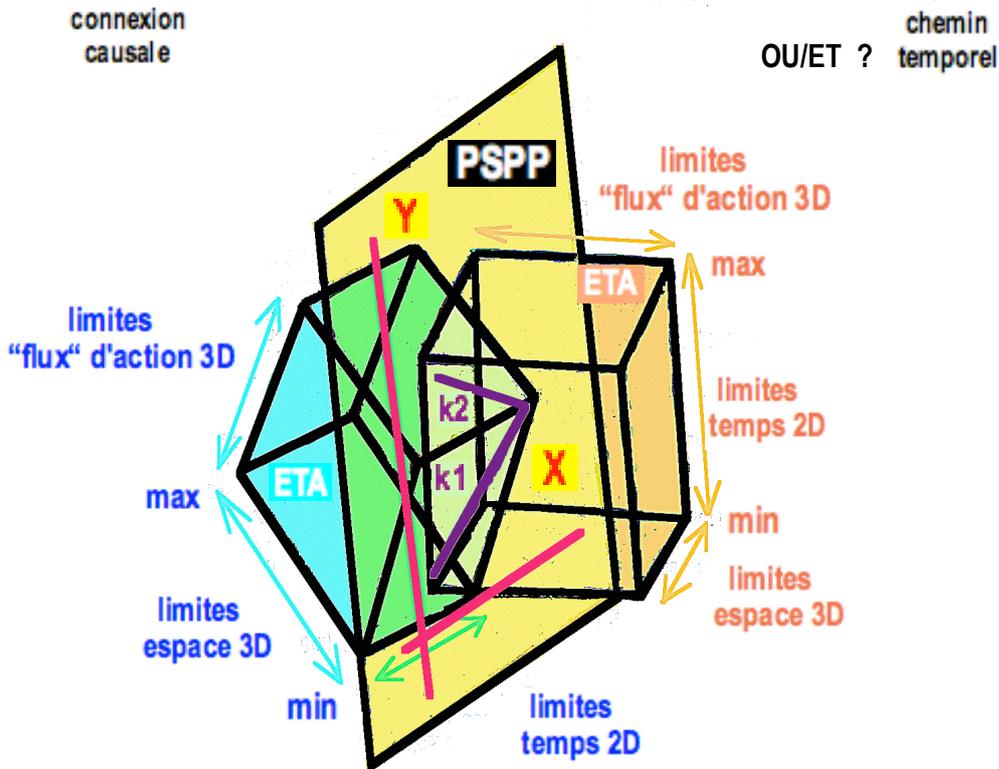
le TOUT est le produit des parties

(capacité d'accueil)x(capacité d'être accueilli) = K

$X^2 - Y^2 = (X+Y)(X-Y) = K$ le TOUT est le produit à la fois de la somme et de la différence des parties

ellipse $X^2 + Y^2 + 2XY = K = (X+Y)(X+Y)$ le TOUT est le produit carré de la somme des parties.

4a. Détermination du plan le plus simple de la trajectoire (géodésique ou horocyclique) (Dal'Bo, 2007).



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

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

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

4b. Ces représentations graphiques les plus simples sont toujours des coniques.

La trajectoire (point, droite ou segments de droites, cercle ou ellipse, ou assemblages de cercles ou d'ellipses, hyperbole) représentative du phénomène dans le PSPP, n'est pas une figure de l'espace usuel (2D), elle se substitue à lui, devenant ainsi le lieu d'une nouvelle géométrie de la représentation minimale du phénomène (Sà Earp & Toubiana, 2009).

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

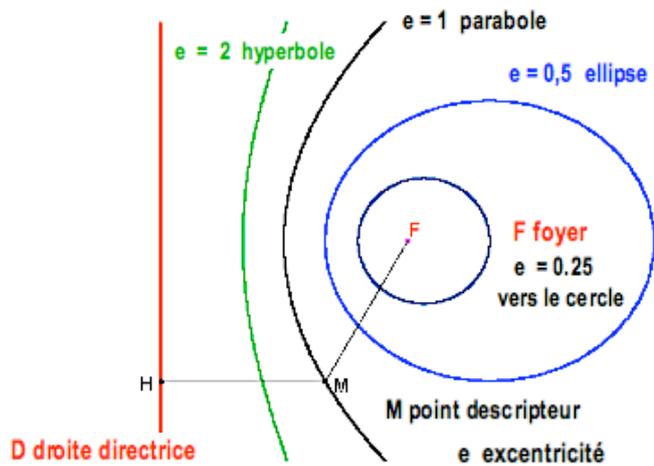
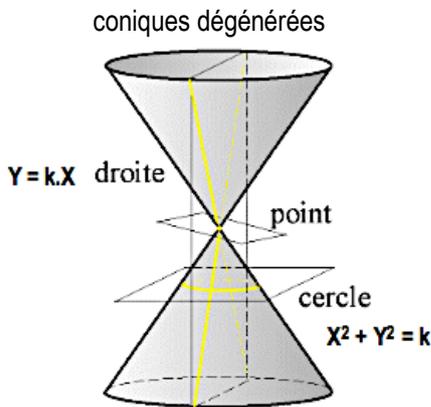
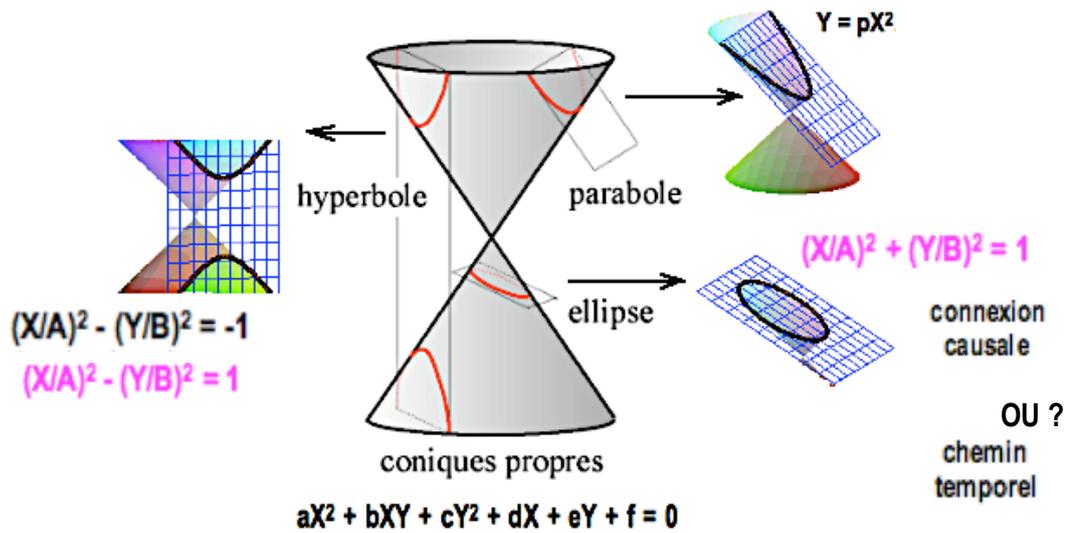
En géométrie analytique affine, ce sont des courbes planes algébriques du second ordre, dont les coordonnées cartésiennes X et Y des points sont solution de l'équation $aX^2 + bXY + cY^2 + dX + eY + f = 0$ (avec 1 au moins des 3 coefficients a, b ou c non nul, pour que, quel que soit le repère utilisé,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

Il est intéressant de chercher le repère dans lequel l'expression de l'équation est la plus simple.

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

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

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



Si les coefficients a et c sont tous les deux non nuls, une translation suivant l'axe des X annule d , et une translation suivant les Y annule e . L'équation se réduit donc à $aX^2 + cY^2 = -f$. Si a et c sont de même signe, si f est lui aussi du même signe, il n'y a pas de courbe correspondante. Si f est nul, la courbe se réduit à un point, si f est de signe opposé nous obtenons l'équation cartésienne réduite d'une ellipse $(X/A)^2 + (Y/B)^2 = 1$ (ou d'un cercle $X^2 + Y^2 = k$).

Dans un plan muni d'un repère orthonormé, l'équation du cercle de centre (a,b) et de rayon r est : $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$ c'est une application du théorème de Pythagore sur le triangle rectangle formé par un point du cercle et sa projection sur deux rayons parallèles aux axes; l'équation du cercle unité est donc $x^2 + y^2 = 1$.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Cercle>.

Si a et c sont de signes opposés, si f est nul, la courbe se réduit à 2 droites sécantes, si f est du signe de a , nous obtenons l'équation cartésienne réduite d'une hyperbole $(X/A)^2 - (Y/B)^2 = -1$, si f est du signe de c , nous obtenons l'autre équation cartésienne réduite d'une hyperbole $(X/A)^2 - (Y/B)^2 = 1$.

<http://mathworld.wolfram.com/RectangularHyperbola.html>

Même les trajectoires en apparence chaotique, tôt ou tard s'inscrivent, autour d'un, ou dans un attracteur, qui est une conique ou une composition de coniques : des ellipses pour la lemniscate (Bricage, 1993a & b), un point ou des cercles, juxtaposés (Bricage, 1988b), ou emboîtés pour la spirale (Bricage, 1997). <http://mathworld.wolfram.com/Circle.html>

courbes planes algébriques du second ordre
coordonnées cartésiennes X et Y des points
solution de l'équation $aX^2 + bXY + cY^2 + dX + eY + f = 0$

réduite à $X^2 = p$ ou $Y^2 = q$ 2 droites parallèles
réduite à $Y = pX^2$ ou $X = qY^2$ 1 parabole

réduite à $aX^2 + cY^2 = -f$

a, c et f de même signe, pas de courbe

f nul, 1 point,

f de signe opposé, 1 ellipse $(X/A)^2 + (Y/B)^2 = 1$

a et c de signes opposés,

f nul, 2 droites sécantes

f du signe de a , 1 hyperbole $(X/A)^2 - (Y/B)^2 = -1$

f du signe de c , l'autre hyperbole $(X/A)^2 - (Y/B)^2 = 1$

**Epistemology and praxeology³³ outcome of the systemic modelling
of the space-time-action field of the living systems.**

**How all is about global co-determinism, local predictability and glocal impredicativity.
A systemic approach of the systemic laws which rule the "living" Livings.**

Pierre BRICAGE
biosystemic

Faculty of Sciences & Techniques, *University of Pau & Pays de l'Adour UPPA*, 64000 Pau, France
associate general secretary of **AFSCET** *The French Association of Systemic & Cybernetic Sciences*
managing editor of *Res-Systemica*, the "On Line" review of *The European Union of Systemic EUS/UES*
member of **IASCYS** *The International Academy of Systemic & Cybernetic Sciences*
a body of **IFSR** *The International Federation of System Research*

bricagepierre@gmail.com
<http://web.univ-pau.fr/~bricage/>

Summary

The huge diversity of living forms hides a **similarity of mechanisms**.

Thanks to the help of new concepts (<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00130218>) which had resulted to applied predictions such as curative vaccines (anti-HIV curative vaccine <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00352578/fr> & anti-cancer curative vaccine <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00351226/fr>), a meta-analysis has allowed to highlight some systemic laws which rule the evolution of the living (<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/fr>).

What are the essential "*minimum representations*" <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde06txt.pdf> (Bricage, 2006a) to describe **the invariance**, the consistencies or unevenness of the living world (Bricage, 1991a), both in regarding its space (Bricage, 2001b) and its time arrangements (Bricage, 2005a & 2009b), as well as its functional processes (Bricage, 2002b) and evolution (Bricage, 2005b), **at the local, the global and the glocal scales** ? (figures 1 & 2)

What about the "necessary and sufficient" **measure and construction tools** or principles ?

How can interactions **between** the various levels of organisation (Bricage, 2009b), **and within** a same level of organisation, be considered ? How to highlight and conceptualise (Vallée, 1995) the fact that usually **"the Whole is both more and less than the sum of its parts"** (Bricage, 2001a & b) ?

How to run **to simplicity from complexity** (Duarte-Ramos, 2008; Berthoz, 2009) ?

Key words : capacity "to be hosted" & hosting capacity, ecoexotope, encasement, endophysiotope, ergodicity (<http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>), fractal, gauge invariance : the functional capacities of life (<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf>), global, glocal, logistic growth, interactive-space-time field, iteration, juxtaposition (<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf>), local modelling, organisation, scaling (<http://www.armsada.eu/pb/bernardins/phylogtagmotaphologie.pdf>), systemic constructal law, summation.

ShareAlike

Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivs
License
AFSCET

33 key words définition In : **epistemology** (Largeault, 1988), **epistemo-praxeology** (Vallée, 1995).

