

# Les boucles "constructales" en sciences de la vie : l'intelligence est-elle dans les boucles ?

par Pierre BRICAGE  
[pierre.bricage@univ-pau.fr](mailto:pierre.bricage@univ-pau.fr)

L'espèce humaine, comme toute espèce animale, est conditionnée par la nature, mais elle clame qu'elle possède une particularité plus développée, voire unique, et liée à la culture : l'intelligence.  
**Qu'est-ce que l'intelligence ?**

## 1. Il ne suffit pas que l'intelligence émerge... encore faut-il qu'elle se conserve !

Tout système vivant est une unité indissociable d'espace, de temps et d'action (Bricage 2001a).  
Est-ce que l'intelligence d'un système ce n'est pas de "**réaliser la bonne action**, pour trouver la bonne information, **au bon endroit au bon moment**" ? (Bricage 2005e)

Est-ce que l'intelligence n'est-elle pas permise par l'existence, à la fois, d'une organisation modulaire et de possibilités d'expression de choix qui permettent l'expression contingente d'une "praxis"<sup>1</sup> **en adéquation** avec l'environnement naturel & culturel (*nature & nurture*<sup>2</sup>) de survie (*l'Umwelt* subjectif<sup>3</sup> de Von Uexküll<sup>4</sup>) ?

Tout comportement de tout système vivant (Bricage 2000a) est "**à la fois plus et moins**" que la somme des potentialités et des interactions (Bricage 2002b) entre *nature & culture*.<sup>5</sup> "Entre le génétique, le cérébral, le social, le culturel et l'éco-systémique", la particularité de l'espèce humaine est qu'elle est la seule de sa biosphère à avoir (pu ?) développer et à (peut être ?) pouvoir maîtriser tous ces aspects de son Umwelt. Elle peut donc jouer le rôle d'un **acteur clé-de-voûte** (Bricage 2003) permettant par sa survie celles des autres espèces avec lesquelles elle partage le même Umwelt.

Comme tout système vivant, l'espèce humaine et les civilisations humaines sont mortelles !

Survivre et se survivre c'est d'abord connaître **les limites et les limitations** de son écoexotopie (tope: espace, exo : externe, éco : d'habitation, "l'umwelt" structural & fonctionnel) de survie et aussi **les limites et les limitations** de son endophysiotopie (tope : espace, endo : interne, physio : de fonctionnement, "l'innerwelt" structural & fonctionnel (Bricage 2001b, 2002a)).

**"Le sage est celui qui connaît ses limites."** (Bricage 2000c)

## 2. La (bio-)logique des boucles du vivant "vivant".

Tout système vivant, quel que soit son niveau d'organisation (Bricage 2002b, 2005b), est formé de compartiments **juxtaposés les uns aux autres et emboîtés les uns dans les autres**, c'est une endosyncénose (ceno : association, assemblée, d'acteurs; syn : "soudés", en un système unique; endo : dont l'imbrication est constitutive de leur organisation interne) (Bricage 2005a). Ces compartiments, ces modules, forment un réseau fonctionnel d'interrelations en boucles (Bricage 2004).

**"L'homme n'est pas une exception."** (Bricage 2001c)

Peut-on pour autant parler d'intelligence au niveau métabolique ? Pourtant l'homme est toujours incapable de produire la diversité des composés métaboliques naturels.

<sup>1</sup> Vallée R. (1994) Perception, decision and action. Biological Systems n° 2, p. 43-53.

Vallée R. (1995) Cognition et Système : Essai d'Epistémopraxéologie. L'Interdisciplinaire, Lyon-Limonest, 140 p.  
<http://www.chryzode.org/francais/rvallee.htm>

<sup>2</sup> *Nature versus nurture*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Nature\\_vs\\_nurture](http://en.wikipedia.org/wiki/Nature_vs_nurture)

<sup>3</sup> Von Uexküll J. (1909) Umwelt und Innenwelt der Tiere. Springer Verlag, Berlin, 261 p.

<sup>4</sup> Jakob Von Uexküll, mort en 1944, fondateur, en 1926, de l'**Institut für Umweltforschung** de l'Université de Hamburg, fut editor-in-chief of the European biological journal Zeitschrift für Biologie, il est aussi un des auteurs de la notion d'**enzyme**. <http://www.zbi.ee/~uexkull/cv.htm>

<sup>5</sup> Descola Ph. (2006) Par-delà nature et culture. Gallimard, Paris, 628 p.

Les messages de l'intelligence ne se propagent que si un ensemble de boucles de rétro-action, négatives et positives, et en interaction, permettent la mise en sommeil des voies de la douleur. De même que "ventre affamé n'a point d'oreille", "cerveau trop douloureux n'a point d'intelligence".

**Les "bonnes" boucles sont le préalable à l'intelligence !**

Au sein du cerveau, c'est un ensemble de boucles de rétroaction **imbriquées** (juxtaposées et emboîtées) qui indiquent, à chaque instant, en chaque lieu, et dans chaque action, l'état physique et psychique de l'individu.<sup>6</sup> **"Les boucles sont dans l'intelligence."**

Le cerveau lui-même est formé de la juxtaposition et de l'emboîtement de cerveaux plus anciens, **modules** qui se répartissent les tâches en boucles de rétro-action et dont les interrelations structurales et fonctionnelles sont modelées<sup>7</sup> par des boucles de rétro-action hormonales.

**"Les boucles contrôlent, dans l'espace et dans le temps, à la fois les structures fonctionnelles et la structuration fonctionnelle de l'intelligence."**

Conformément aux observations de la systémique dite **ago-antagoniste**<sup>8</sup>, une boucle de rétroaction peut fonctionner selon plusieurs modes différents. Au-delà du fonctionnement en **boucles de stabilisation** (qui se renforcent mutuellement pour maintenir l'ordre spatial et temporel des structures et des actions) ou en **boucles de divergence** (qui permettent la disparition ou l'accumulation, dans un espace donné à un moment donné, d'une action ou d'un acteur), c'est le fonctionnement en **boucles ago-antagonistes** qui permet l'émergence de nouveautés (Bricage 2005d).

L'intelligence est une multiplicité spatio-temporelle transformante et en transformation.

### 3. Le suivi circulaire des interactions entre acteurs.

Il n'est plus possible de ne représenter le fonctionnement ou l'évolution d'un système vivant (Bricage 2006a) que par des suivis temporels ou par de simples relations linéaires de cause(s) à effet(s), ce "suivi linéaire" faisant souvent fi des interactions entre des systèmes de niveaux d'organisation différents (Bricage 2004) et de **l'ergodicité**<sup>9</sup> du vivant (Bricage 2001b).

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

L'intelligence du vivant est **à la fois "chemin faisant"** (Bricage 2005d) et **"faisant chemin"** (Bricage 2005e). L'homme n'est pas une exception, son "intelligence pragmatique" émerge des interactions du "Je" (ego), du jeu (le flou, le "lubrifiant", l'usure) et des jeux (les activités "ludiques") (Bricage 2006c). Ce "modèle lacanien" permet de mettre en évidence le caractère **à la fois déterminé et libre** de la dynamique des interactions sociales. L'acteur est perçu comme tributaire d'un champ de contraintes qui vient limiter plus ou moins fortement "sa marge de Je", "sa marge de jeu", et "sa marge de jeu(x)", mais il n'est jamais déterminé mécaniquement par ce champ car il dispose toujours d'une **capacité d'accueil** et d'une **capacité d'être accueilli** (Bricage 2003) susceptibles de faire émerger de la nouveauté, car **"le tout"** des Je, jeu et jeu(x) est **à la fois plus et moins que la somme des parties**.

<sup>6</sup> Salomon L. & J.-P. Tassin (2006) Le circuit de la récompense. Pour La Science n° 342, p. 49.

<sup>7</sup> Kingsley C. & K. Lambert (2006) Des hormones qui remodelent le cerveau. Pour La Science n° 340, p. 84.

<sup>8</sup> Bernard-Weil E. (1988) Précis de Systémique Ago-Antagoniste : introduction aux stratégies bilatérales. L'Interdisciplinaire, Limonest, 176 p.

<sup>9</sup> Le terme **ergodicité** (Bricage 2001b) a été choisi pour indiquer que l'espace d'états des systèmes vivants est muni d'une **loi de probabilité constructale invariante** : tout système vivant présente 7 caractéristiques fonctionnelles "structurantes" **mutuellement nécessaires et suffisantes** (Bricage 2000a), ce quel que soit le niveau d'organisation considéré (micro-état, méso-état, macro-état). Cette "solidarité d'invariance", quelle que soit l'échelle, fait que tout système vivant est donc **fractal** (Bernard-Weil, 1988) **à la fois dans le temps** (Vallée 1991) **et dans l'espace**, et l'on passe d'un état à un autre "adjacent" (Bricage 2002b), soit "bottom to up", soit "top to down", par brisure de symétrie.

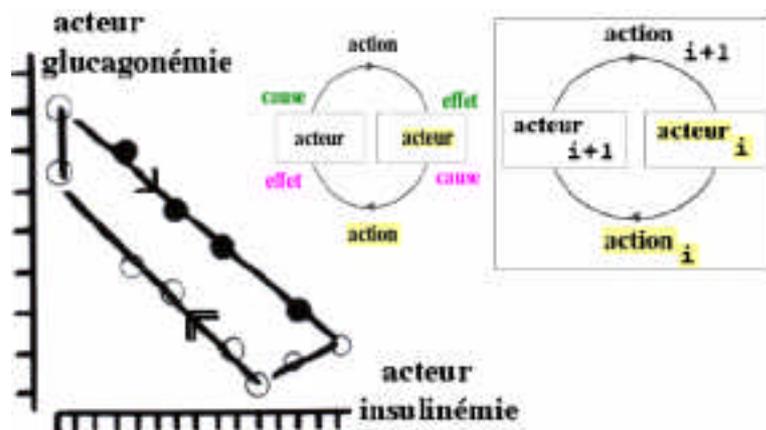
L'action d'un acteur détermine l'action d'un autre<sup>10</sup> et réciproquement (**figure 1**). Et suivant l'espace d'action (figure 2), les moments et les circonstances, l'influence joue plus fortement dans un sens ou dans un autre. Il n'y a pas une variable motrice (une cause) et une variable conduite (un effet), mais des interactions entre causes. La boucle est en perpétuelle évolution entre les causes et effets, indissociables, car chaque nouvel effet devient une nouvelle cause. Et les causes sont à la fois plus et moins que des causes et des effets.

Cette boucle de **causalité circulaire** (figure 1) est une **Loi systémique constructale** (Bricage 2007). Dans un **espace-temps-action** à 2 acteurs (Bricage 2005e) elle est représentable par un anneau ellipsoïdal, avec 3 acteurs elle devient un tore (Bricage 2006a).

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

FIGURE 1

(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>

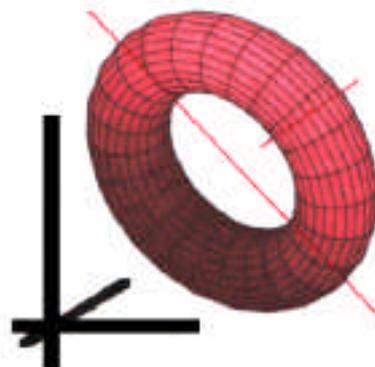
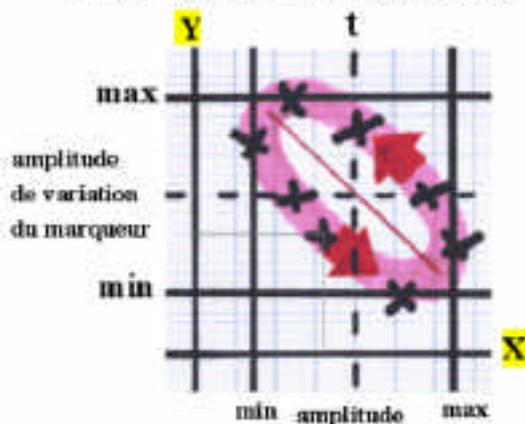


1 couple d'acteurs

Loi systémique constructale à 1 triplet d'acteurs

à l'intérieur (intra) d'un niveau d'organisation (2D)

entre (inter) 2 niveaux d'organisation adjacents (3D)



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>

Toute **boucle de perception-action** fonctionne conformément à la description qui en fut donnée par Von Uexküll en 1909 ("*le cercle fonctionnel*") qui montre comment le sujet et l'objet (les 2 acteurs) s'ajustent en permanence l'un à l'autre<sup>11</sup> et dont l'analyse est généralisable à l'ensemble de **l'évolution des systèmes capables de survivre et de se survivre** (Bricage 2002a).

<sup>10</sup> Newman M. & al. (2006) *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton Science, 592 p.

<sup>11</sup> Von Uexküll J. & H. Girardet (2005) *Shaping Our Future*. Green Books, London, 96 p.

Ce "langage des boucles" systémiques constructales est "doublement articulé"<sup>12</sup> :

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

- il fonctionne à la fois en **semi-autonomie (grâce à l'ergodicité)** et en **subsidiarité** (en l'absence d'accord externe c'est toujours le partenaire interne qui l'emporte)<sup>13</sup> (**figure 2**), et il y a rétrogression face à l'agression (Bricage 2000b).

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

**INTÉGRATION**

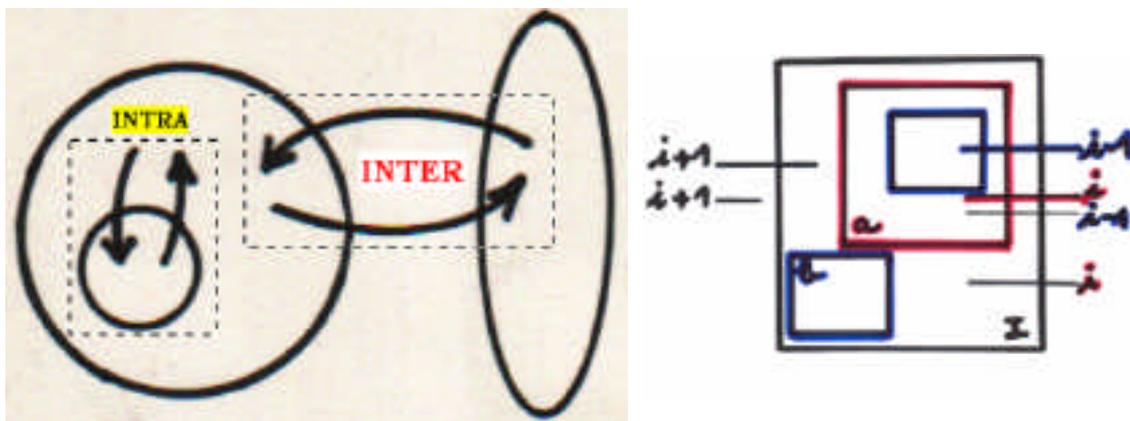
**espace-temps-action d'interactions**

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

**FIGURE 2**

(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.

### **Questions :**

L'intelligence du vivant n'a qu'un but "survivre pour se survivre" : perpétuer (éventuellement en l'améliorant ?) la forme de vie reçue. N'en est-il pas de même pour l'intelligence sociétale ?

La lecture "intelligente" des archives du vivant indique que, quel que soit le niveau d'organisation, "l'intelligence des boucles" obéit à **un principe immuable** : **survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients** (Bricage 1998), car, jamais<sup>14</sup> il n'y a d'avantages sans inconvénients !

En conséquence, ce principe moteur fait que l'évolution du vivant (Bricage 2002a), aboutit toujours, tôt ou tard (Bricage 2005c), à **la mise en place d'associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés** (Bricage 2001d), "relecture" et extension de la notion de **symbiose** (Bricage 2006a, 2006b) donnée par Paul Portier en 1918<sup>15</sup> (Sapp 1994).

L'homme peut-il être une exception ? (Bricage 2005f)

<sup>12</sup> Martinet A. (1965) La double articulation. Paris, P.U.F., p. 2.

<sup>13</sup> C'est la base du phénomène d'apoptose "qui sculpte le vivant" : La mort de la mitochondrie déclenche la mort de la cellule eucaryote (Bricage 2005b). Pour qu'un partenariat soit durable, il faut qu'il soit soutenable et soutenu par chaque partenaire (Bricage 2000c), si le partenaire interne "flançe" l'ensemble s'écroule !

"Pour que l'un survive, il faut d'abord que l'autre survive, **et réciproquement**". (Bricage 1998)

<sup>14</sup> Wynn Ch.M. & A.W. Wiggins (2001) **Avantages et inconvénients : le duo indissociable**. Figure 8-5 **Le cycle vicieux énergie-pollution**. In Le top 5 des meilleures idées scientifiques. Intuitions géniales. Des idées scientifiques qui nous aident à concevoir un monde nouveau. Évaluation des avantages et des inconvénients d'un procédé. Chapitre 8, p. 150. De Boeck Université, Paris, Bruxelles.

<sup>15</sup> Portier P. (1918) Les Symbiotes, Masson, Paris.

Quelles boucles (Bernard-Weil 2003a) lui permettront de prendre conscience d'une vision d'ensemble de la nature<sup>16</sup> et de la nature de "sa place systémique", "une espèce clé-de-voûte" dont la survie dépend de celles des autres espèces de sa biosphère **et réciproquement** ? (Bricage 2002c)  
Sinon...<sup>17</sup>

### Références

- Bernard-Weil E. (1988) Précis de Systémique Aqo-Antagoniste : introduction aux stratégies bilatérales. L'Interdisciplinaire, Limonest, 176 p.
- Bernard-Weil E. (2003a) Régulation de l'évolution de systèmes du vivant du point de vue de la théorie de la viabilité. Stratégies paradoxales en biomédecine et sciences humaines, vol 5, n° 3, p. 9-23.
- Bernard-Weil E. (2003b) Stratégies paradoxales en bio-médecine et sciences humaines. L'Harmattan, Paris, 383 p.
- Bricage P. (1998) La Survie des Systèmes Vivants. Atelier MCX20 "Prendre soin de l'homme", Centre Hospitalier Général de Pau, 19 oct. 1998, 3 p.
- Bricage P. (2000a) La Survie des Organismes Vivants. Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Fac. Médecine, Paris, 4 fév. 2000, 44 p.  
<http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>
- Bricage P. (2000b) La nature de la violence dans la nature : déterminismes écophysiologique et génétique de l'adaptation aux changements dans les écosystèmes végétaux. La Violence. Colloque AFSCET Andé, 18-19 mars 2000, 7 p. <http://www.afscet.asso.fr/ViolencePB.html>
- Bricage P. (2000c) Systèmes biologiques : le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ? La décision systémique : du biologique au social. Atelier AFSCET, Paris, Institut International d'Administration Publique, 25 nov. 2000, 6 p.  
<http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf>
- Bricage P. (2001a) La nature de la décision dans la nature ? Systèmes biologiques : production, consommation, croissance et survie. Quelles règles ? Quels degrés d'exigence ? Quels bilans ? La décision systémique : du biologique au social. Colloque AFSCET, Andé, 19-20 mai 2001, 16 p.  
<http://www.afscet.asso.fr/Decision.pdf>
- Bricage P. (2001b) Pour survivre et se survivre, la vie est d'abord un flux, ergodique, fractal et contingent, vers des macro-états organisés de micro-états, à la suite de brisures de symétrie. Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Paris, Institut International d'Administration Publique, 11 p.  
<http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>
- Bricage P. (2001c) Du biologique au social ? Un exemple d'intégration : les associations à avantages et inconvénients partagés. En quoi un organisme est-il une association ? En quoi une association est-elle un organisme ? 24 novembre 2001, Biarritz, Carrefour des Associations, centenaire Associations loi 1901 : associations du champ social : instruments des politiques publiques et acteurs de transformation. 18 p.
- Bricage P. (2001d) A new evolutionary paradigm : the Associations for the Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages., In The creation of a sustainable society depends on Innovative Systems Thinking. 100th Anniversary of Karl Ludwig Von Bertalanffy's International Conference on Systems Thinking "Unity through Diversity", Vienna, 1 p.
- 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. 5<sup>th</sup> European Systems Science Congress 16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> Oct. 2002, Hersonissos, Crete, Greece, Res. Systemica n° 2, 6 p.  
<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf>
- Bricage P. (2002c) Only sustainable development can ensure both care of the environment and intra-generational equity. In 2.5. Environmental care, intra-generational equity, inter-generational justice, good governance leading to solidarity and equity. Global Ethics for a Humane World, 1 p.

<sup>16</sup> Esfeld M. (2006) Philosophie des Sciences. Une introduction. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 306 p.

<sup>17</sup> Paccalet Y. (2006) L'humanité disparaîtra, bon débarras. Arthaud, Paris, 197 p.

**Journées annuelles AFSCET, Intelligence des systèmes & action collective, Andé, 2 & 3 juin 2007**  
**table ronde "l'intelligence des boucles"**

Bricage P. (2003) Organisation, intégration et espace-temps des systèmes vivants. *Intégration du vivant et du social : Analogies et différences*. Colloque AFSCET Andé, 17-18 juin 2003, 31 p.

<http://www.afscet.asso.fr/pbAnde03.pdf>

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

Bricage P. (2005a) Le langage du vivant : plurilinguisme, transfrontaliérité et associativité. 9 p. *Congrès national ANLEA*, Université de Pau et des Pays de l'Adour.

<http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/ANLEA05PauPB.pdf>

Bricage P. (2005b) The Cell originated through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Associations for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and of Disadvantages, between the Partners, with a Benefit only for their Wholeness. 6<sup>th</sup> European Systems Science Congress, Paris, *workshop 1 Ago-Antagonism*, 10 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage3.pdf>, with supplementary data :

Bricage P. (2005c) Les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés. L'origine endosyncénétique de la cellule : avantages et inconvénients partagés entre partenaires indissociables et bénéfice global pour le nouveau tout émergeant. 55 p.

<http://minilien.com/?AhsGujV2gC> & <http://minilien.com/?MKOkk2v5Nv>

Bricage P. (2005d) The Metamorphoses of the Living Systems : The Associations for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages. Proceedings of the 6<sup>th</sup> European Systems Science Congress, Sept. 2005, Paris *Res-Systemica*, n° 5, 12 p.

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

Bricage P. (2005e) The Modelling of the Time Modularity of the Living Systems : the Time Delay, the Time Duration, the Time Lag, and the Rhythms. Proceedings of the 6<sup>th</sup> European Systems Science Congress, September 2005, Paris, *Res-Systemica*, n° 5, 10 p.

<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Paris05/bricage2.pdf>

Bricage P. (2005f) 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.

Bricage P. (2006a) Danger des représentations non-systémiques & pouvoir de prédiction des représentations systémiques en Sciences de la Vie. Colloque AFSCET Les représentations au crible de l'approche systémique. Andé, 39 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde06txt.pdf>

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

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

Bricage P. (2006b) Unity through production, consumption, growth and surviving : the symbiosis, a "unity through diversity" partnership of mutual sharing of profits and of injuries. 7 p.

<http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/bibliographie/pbAnde06symbiosis.pdf>

Bricage P. (2006c) La systémique : nouvelle gouvernance du savoir et nouvelle pédagogie de l'apprentissage. *Pédagogie de la Gouvernance & Gouvernance de la Pédagogie* Journées AFSCET, 21 octobre 2006, Faculté des Sciences, Université de Pau, p. 148-1 à 148-4. In *"Systémique & Accompagnement"*, 155 p., (2007), Bricage P. (coord.) & al., archives ouvertes du CNRS, en Sciences Humaines & Sociales

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

Bricage P. (2007) 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 ? Journées annuelles AFSCET, *Intelligence des systèmes & action collective*, Andé, 2 & 3 juin 2007, 42 p.

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

Sapp J. (1994) *Evolution by Association. A History of Symbiosis*. Oxford University Press, New York, 255 p.

Vallée R. (1991) Perception, memorisation and multidimensional time. *Kybernetes* vol 20, n° 6, p. 14-27.

Vallée R. (1994) Perception, decision and action. *Biological Systems* n° 2, p. 43-53.

Vallée R. (1995) *Cognition et Système : Essai d'Epistémopraxéologie*. L'Interdisciplinaire, Lyon-Limonest, 140 p. <http://www.chryzode.org/francais/rvallee.htm>

Vallée R. (2003) History of Cybernetics. EOLSS *On-line Encyclopedia of Life Support Systems*

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

Lien de téléchargement de ce document <http://minilien.com/?ZLmLWlrhgf> (licence creative commons)