

# ***Bilan et perspective pour la systémique***



## ***D'où venons nous, où allons nous ?***

***Réunion du 8 Avril 2013***

***Jacques Printz, Professeur Émérite du Cnam***

# Plan

- **Réflexions critiques – Risques**
- **Exigences pédagogiques**
- **Questions toujours en suspend**
- **Événements marquants**
- **Le méta modèle, centre et principe organisateur des systèmes**
  - Réguler, mesurer, surveiller
  - Amplifier
  - Réparer
- **Énergétique des systèmes**
  - Transduction
- **Limites et limitations**
- **Bilan provisoire**

## Réflexions ...

↪ **Constat** : Depuis la crise financière de 2008, le mot **systemique** est associé à celui de **crise**, si bien que tout le monde parle désormais de

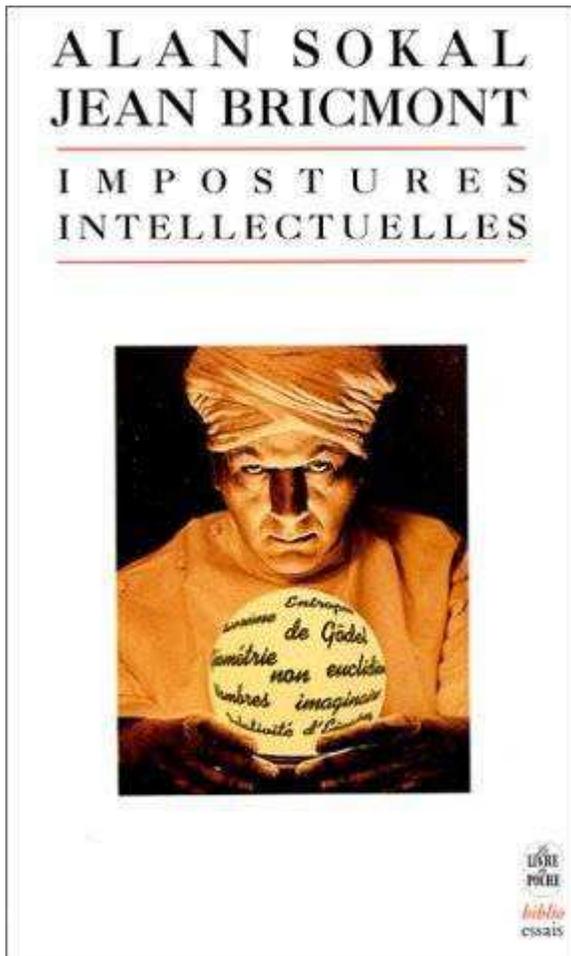
« **crise systemique** »

↪ **Interrogation** : Au-delà du contre sens flagrant, qu'en est-il de la **systemique** du point de vue du « **bien commun** » ?

→ Ce qui s'est écrit sur la **systemique** ces dernières années, permet-il à « *l'homme du monde* », ou au *gentleman*, à *l'ingénieur*, aux *décideurs*, de **comprendre** ce qui s'est réellement passé en 2008, Ou encore à Fukushima Daishi, Ou pourquoi notre système de santé reste ingérable ??? Ou ...

# Risques ...

## ↪ **Sombrer dans le jargon et ne faire que de la combinatoire de mots creux**



Nous avons un « devoir d'explications » crédibles pour que la systémique puisse reconquérir un statut un peu plus scientifique, en évitant le piège du « transverse » qui comprend tout mais ne sait/fait rien.

→ Être un outil d'analyse sérieux, ou disparaître, tel est l'enjeu !!!

Parler à tout bout de champ, de complexité, d'émergence, de chaos, ... sans donner un sens précis à ce qui est réellement signifié fait courir un grand risque de perte de crédibilité à toute l'approche systémique.

→ Nous devons « nettoyer » le discours !!!

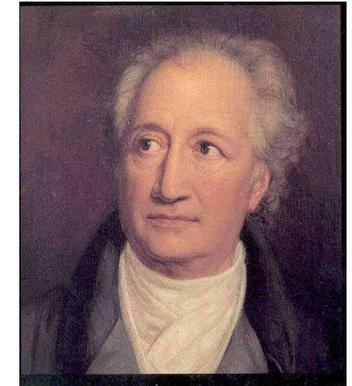
La systémique doit nous aider à comprendre le monde dans lequel nous vivons et à adopter des comportements mieux appropriés. La systémique doit fonctionner comme une « *Grammaire de la nature* », pour paraphraser le titre d'un ouvrage du mathématicien J-M.Souriau.

# **Pacte avec le Diable ... Faust, J.W. von Goethe**

↪ **Ou vouloir la sortir de son domaine de validité**



Faust dans son cabinet d'alchimie, Rembrandt



Drum hab'ich mich der Magie ergeben,

...

Dass ich erkenne, was die Welt  
Im innersten zusammenhält,  
Schau' alle Wirkenskraft und Samen,  
Und tu' nicht mehr in Worten kramen.

Traduction, Gérard de Nerval :

Il ne me reste désormais qu'à me jeter dans la magie.

...

si enfin je pouvais connaître tout ce que le monde cache  
en lui-même, et, sans m'attacher davantage à des *mots*  
*inutiles*[\*], voir ce que la nature contient de secrète  
énergie et de semences éternelles !

## **Exigences pédagogiques ...**

- ↪ **Pour avoir un vrai sens, et être autre chose qu'une combinatoire de mots, la systémique doit permettre, a minima :**
- **De découvrir ce qu'il faut comprendre, vraiment, en éliminant les bruits de fond parasites, et en identifiant le *noyau dur*, caché, de la notion intuitive de système**
  - **D'exprimer ce qui a été compris, de façon convaincante pour obtenir l'assentiment du plus grand nombre d'acteurs**

↪ **Peut-on aller au-delà du simple constat : « *Partout, autour de nous, des systèmes !* » de L.Bertalanffy ?**

# Questions toujours en suspend ...

- ↪ **C'est QUOI un système ? Faut-il revisiter la notion même de système à la lueur des connaissances acquises ces 20-30 dernières années ? Ou ce que n'est pas ...**
- ↪ **Peut-on enseigner la systémique : quel est son contenu réel, au delà des opinions légitimes de chacun ?**
- ↪ **Doit-on enseigner la systémique : à qui ?**
- ↪ **Quand faut-il l'enseigner : en formation initiale ? Lycées, collèges, Universités ? Formation « tout au long de la vie » ? ... Ou sont les formateurs, qui les forment ?**
- ↪ **Où, dans quelles circonstances, faut-il l'enseigner : soit des situations réelles vécues / concrètes [les crises] ? Soit des études de cas ± fictives ?**

# **Synthèse des événements marquants**

↪ **Compréhension des crises**

↪ **Compréhension de l'information – Les TIC**

↪ **Compréhension des systèmes et de leur organisation – Interopérabilité – Ingénierie**

✓ Contraintes internes et externes

✓ Systèmes d'information

↪ **Compréhension de la complexité**

↪ **Compréhension des systèmes biologiques**

✓ On peut commencer à interagir - Percolation

# **Le méta modèle Centre et principe organisateur des systèmes**

- ↪ **Tout système a une *finalité* → Pourquoi est-il là, hic & nunc / maintenant et pas hier ? quel est son but ?**
- ↪ **De part son existence même, tout système introduit une dichotomie **DEDANS** ↔ **DEHORS** → le **SOI** et le **NON SOI** – **C'est une dualité fondamentale****
- ↪ **Pour interagir avec le **DEHORS**, via les flux d'échanges, afin de croître, et maintenir ses invariants structurels internes, **le méta modèle du système doit disposer d'un modèle abstrait de son environnement** → **Surveiller, s'adapter, évoluer** → **Qu'est ce qui est « **Bon / Avantageux** » et/ou « **Dangereux / Désavantageux** » pour lui-même ?****
- ↪ **Pour **exister**, tout système doit d'abord **être construit** → **Qui est l'architecte ? Quelle ingénierie ?****

# La distribution de l'énergie en Europe

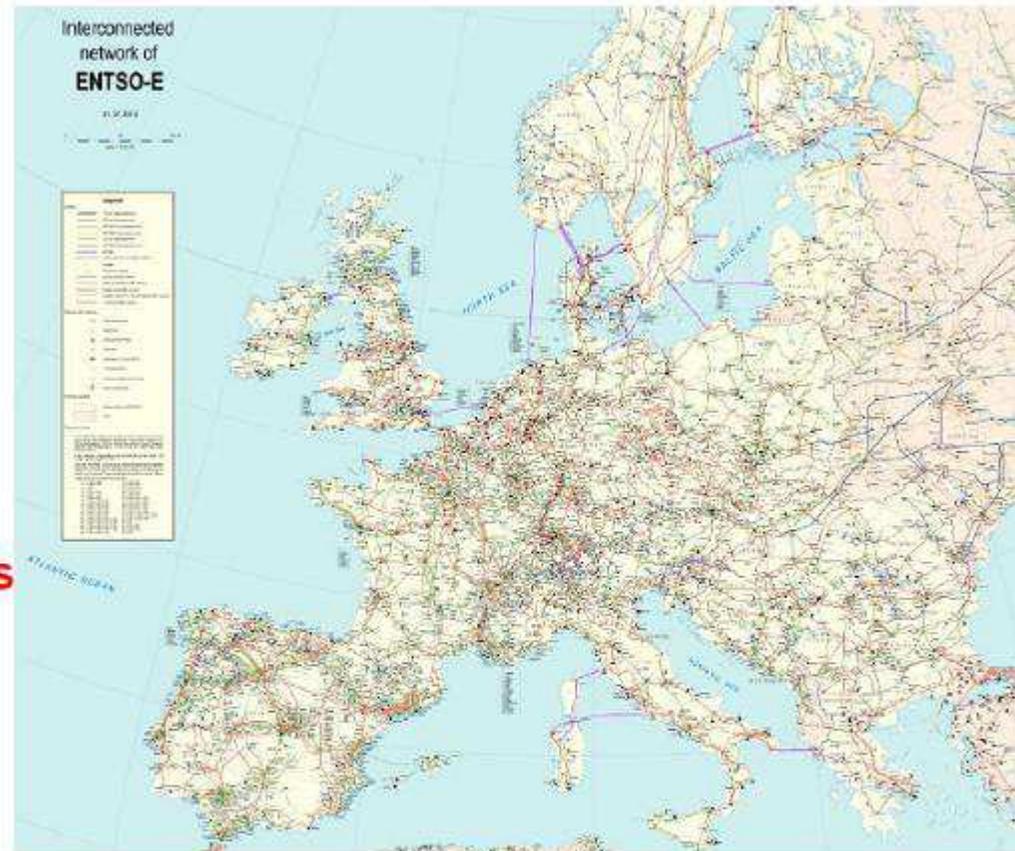
Complexity in size: the continental European grid case

## Main backbone of the European Power Grid (EHV)

- 10 000 electrical nodes
- 15 000 lines
- 2 500 transformers
- 3 000 generators
- 5 000 loads

## Problem size for steady state analysis

- 20 000 state variables
- 64 500 constraints
- 6 000 continuous parameters
- 10 500 discrete parameters



To assess the basic steady state robustness of the continental European Power System to a fault on any single electric line means to compute and analyze  **$300 \times 10^6$  variables**

# Le scénario Fukushima

les systèmes de **gestion des crises** → catastrophes naturelles, industrielles, économiques, humanitaires, ... , émeutes, attentats, guerres, ... Etc. ... Etc.

Sources documentaires :

- projet EC *GMES* (<http://www.gmes.info/> )
- LB 2008 *Défense et sécurité* (<http://www.livreblancdefenseetsecurite.gouv.fr/> ), etc.)



Un tremblement de terre de puissance 8,9 sur l'échelle de Richter, 11/03/2011, 5h46mn



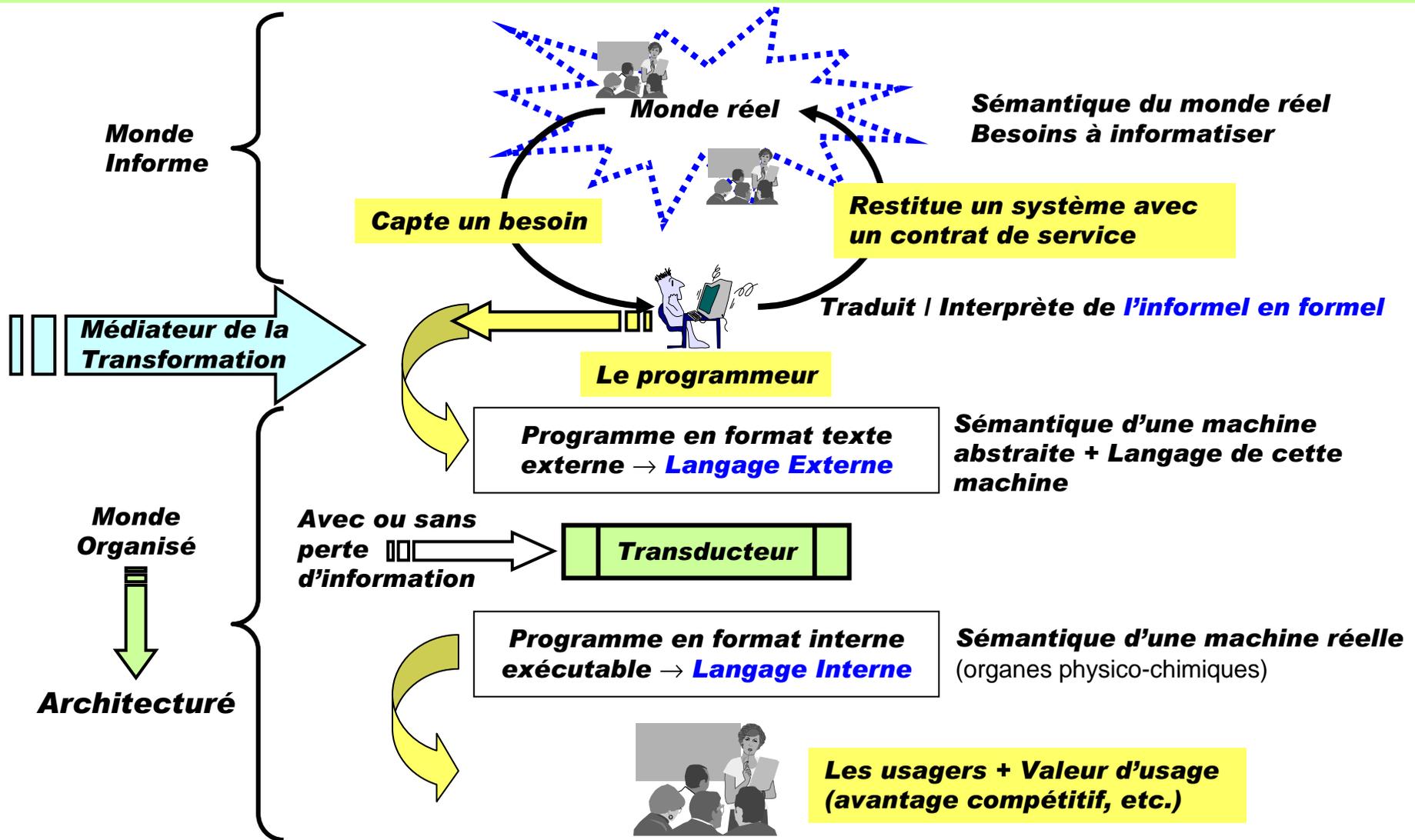
Suivi d'un tsunami, 51mn plus tard avec des vagues de 25-30 mètres, sur un front de 300 km



3 réacteurs de la centrale explosent, du 12 au 15/03, suite à la décomposition de la vapeur d'eau  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ , qui libère de l'hydrogène hautement explosif à température normale

Quelles aides peuvent apporter la systémique et les systèmes d'information pour gérer les conséquences d'un tel événement ?

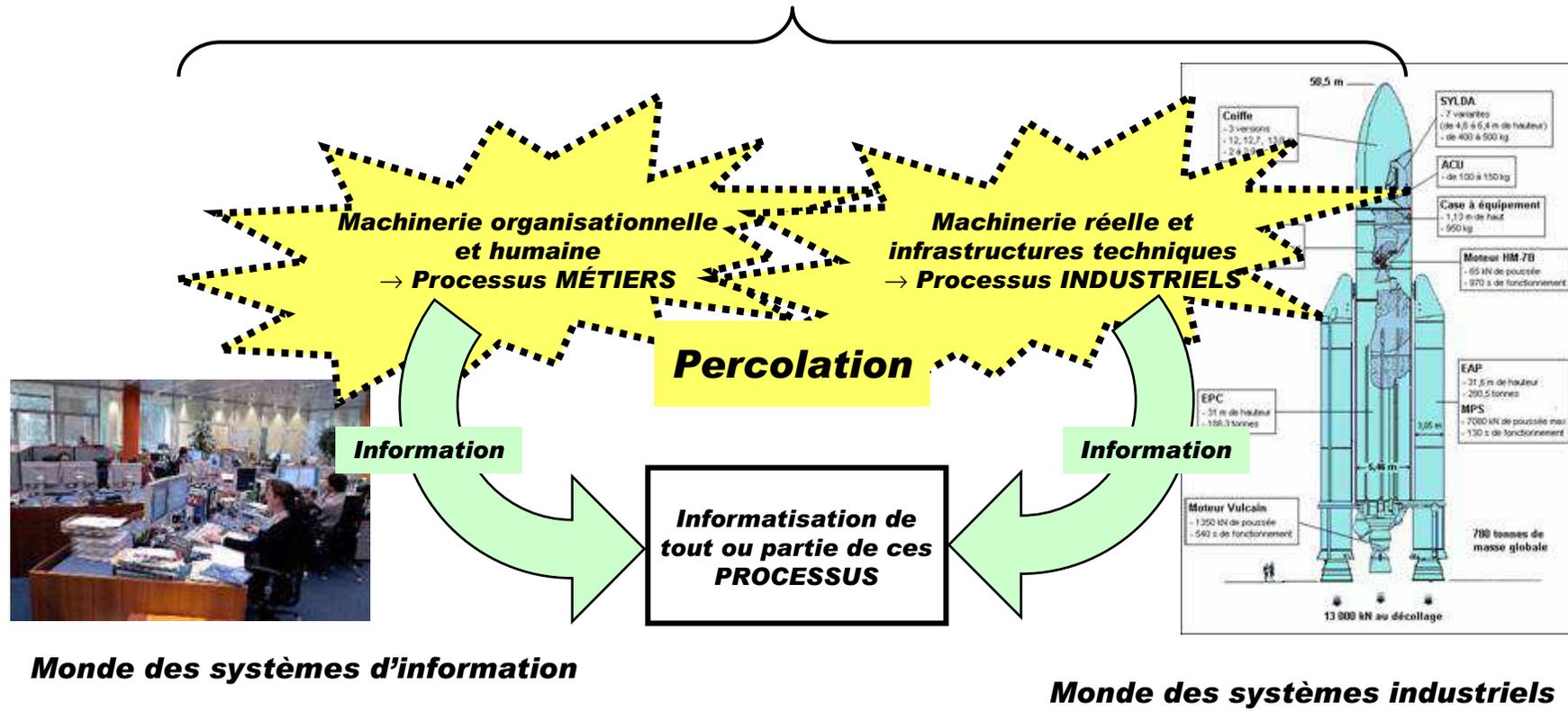
# Capter, organiser, traduire et interpréter la complexité du monde réel



# Ingénierie des Systèmes

→ Pour tous les systèmes : même combat !!!

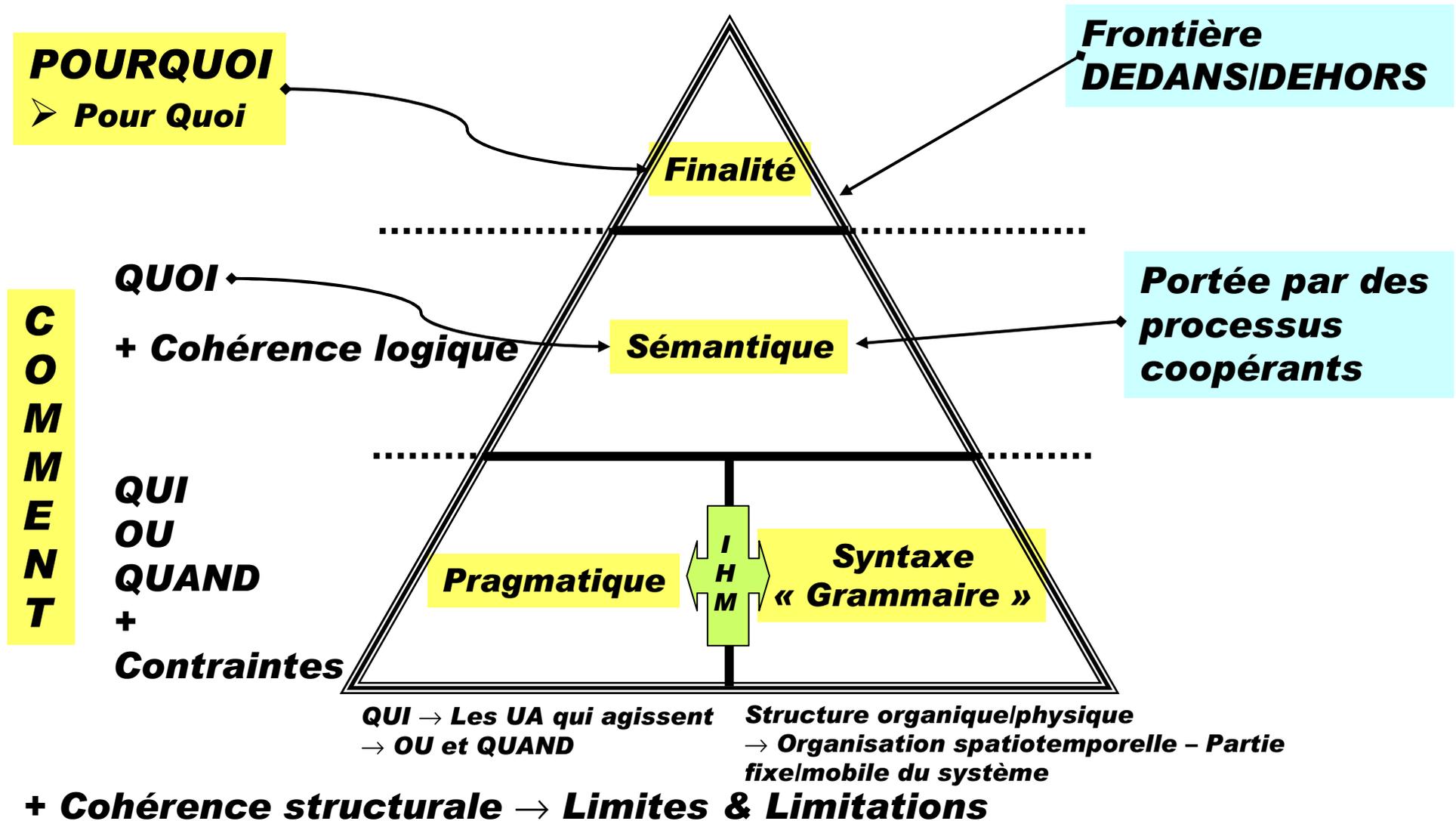
## Partout des processus



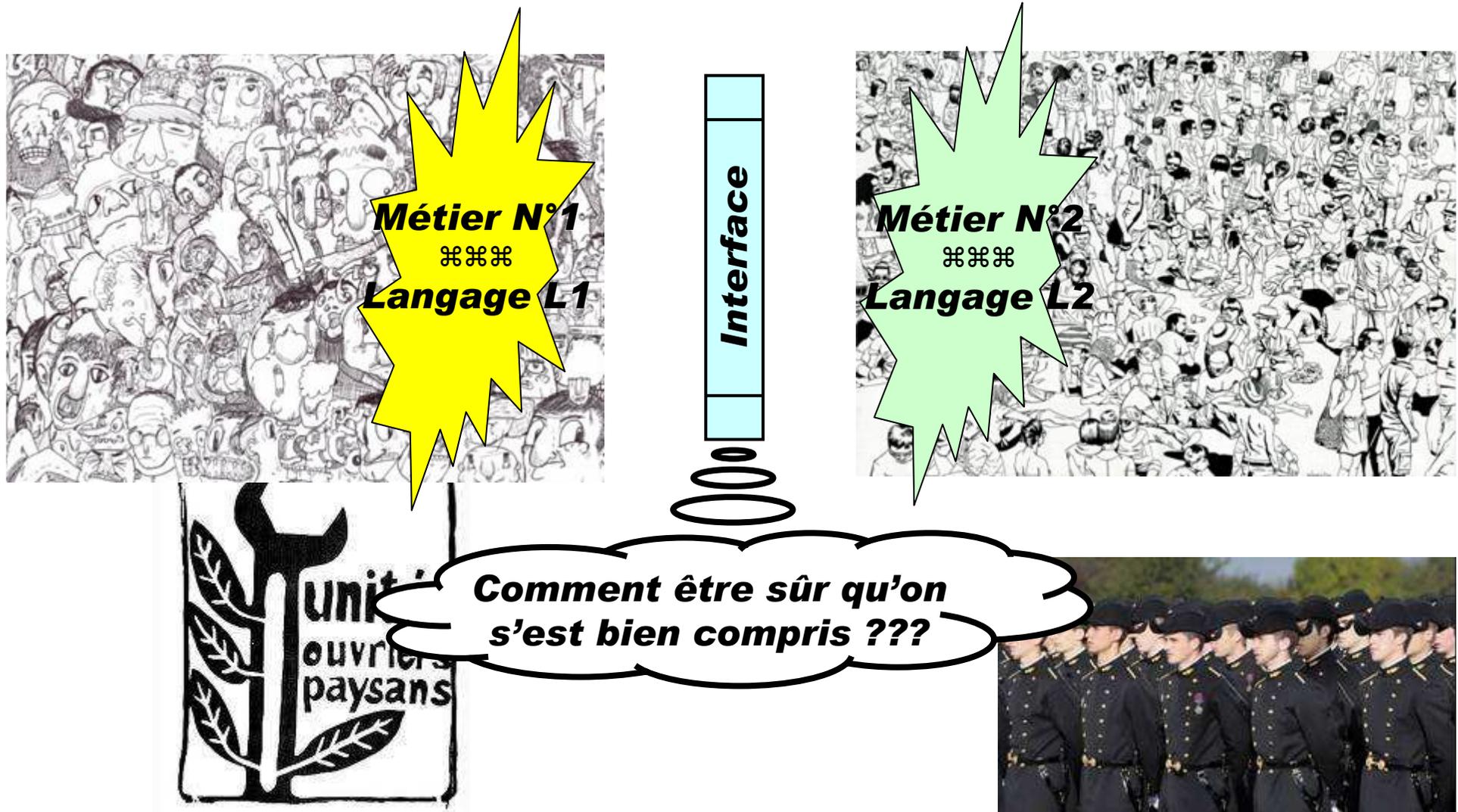
## Systemes intégrés et Systemes de systemes

→ L'état de l'art : les systemes C4ISTAR

# Tout système subsume un langage, donc aussi une machine d'interprétation

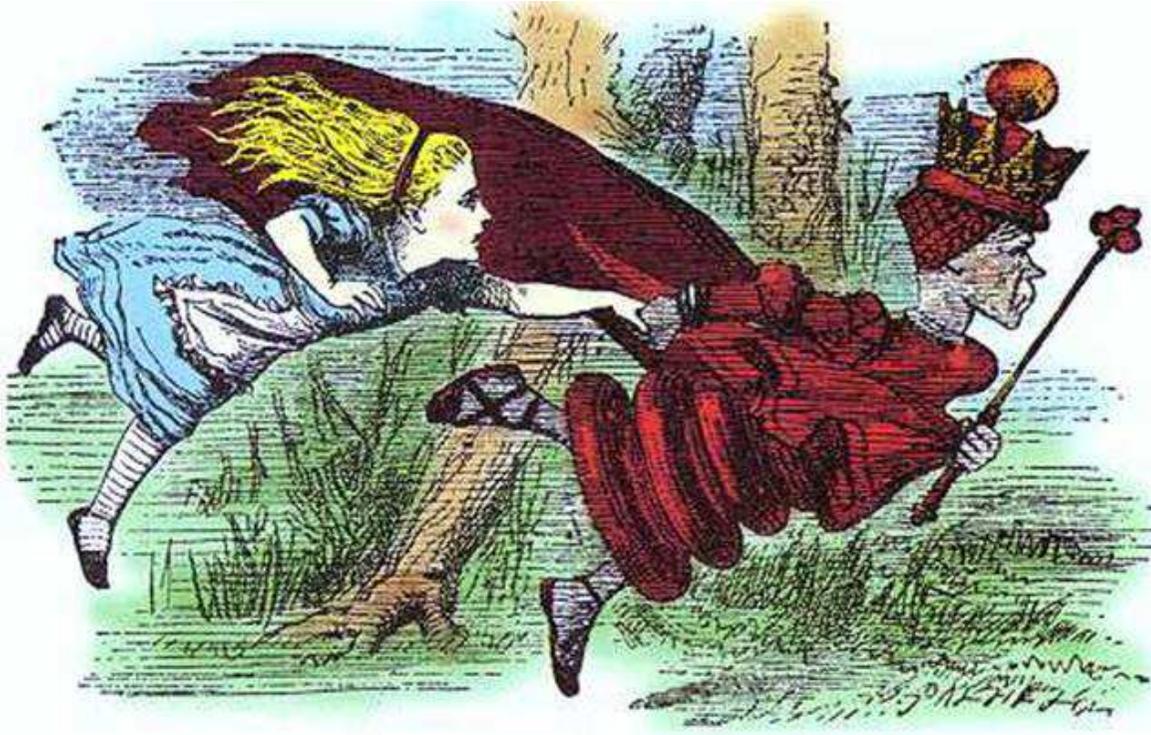


# Interopérer pour agir et coopérer



# Alignement stratégique → Réguler | .1

↪ **Tout bouge** → **Métaphore de la Reine Rouge**



**Adaptation du système** ←  
→ **Une autre dynamique**

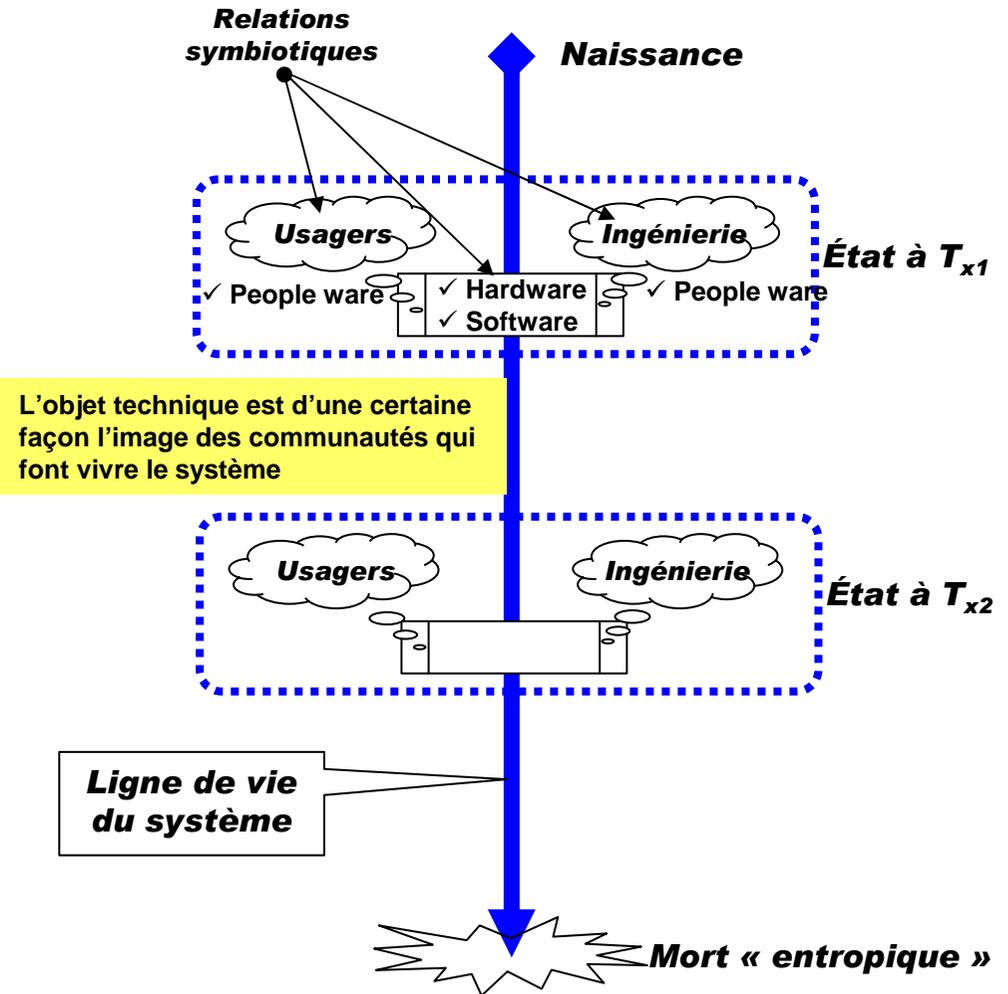
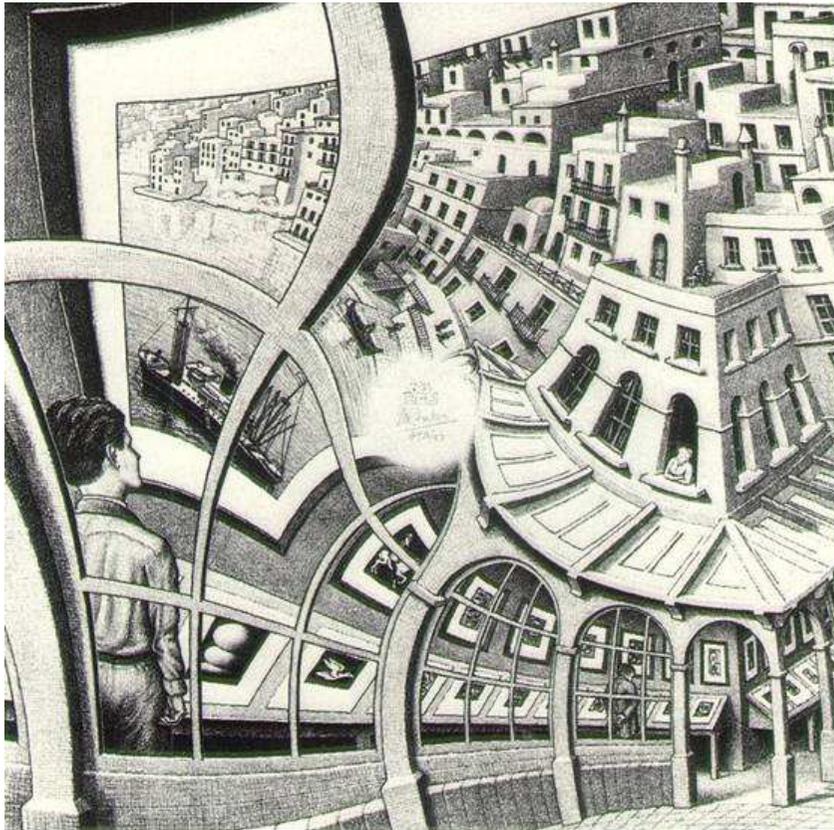
**réduire les écarts**  
**Asservissements**

**Il y a toujours un temps de latence** entre l'évolution de l'environnement et l'adaptation des systèmes

→ **Le système doit être doté d'une capacité adaptative : réorganisation des éléments, taille du « grain », « interactivité, acquisition de nouveaux éléments, retrait de certains éléments, ...** ⇒  **dans tous les cas, modification du méta modèle**

# 1.2 → Ligne de vie

↪ **Difficulté : Un système est à la fois sujet et objet**



→ La « ligne » est un « fleuve » [Dedans] dans un « paysage » [Dehors]

# Un monde de tourbillons ...

→ **Impossible de comprendre ce qui se passe quand on est ...**

Ce qui est perçu dépend de l'échelle, c'est-à-dire des interactions avec l'observateur [ce qui nécessite un échange d'énergie] – Le mouvement général, la marée, est un **signal faible** par rapport aux tourbillons engendrés



# Les complexités et ...

**Nous devons considérer *TROIS* complexités :**

↪ **Complexité de l'objet technique appelé *SYSTEME*,  
résultat de l'ingénierie**

↪ **Complexité de l'ingénierie**

↪ **Complexité des usages ⇒ Donc de la dynamique**

**→ Bien noter l'aspect symbiotique de l'association  
de ces 3 complexités dans tout système**

✓ Cf. la notion [P.Bricage] de « Association pour le partage réciproque entre partenaires et mutuel avec le tout, d'avantages et de désavantages »

✓ Cf. l'article *Symbiose* du *Dictionnaire du Darwinisme et de l'évolution*, P.Tort

# **Les complexités et ... les contraintes**

**Nous devons considérer *TROIS familles de contraintes* associées aux 3 complexités :**

↪ **Contraintes de l'ingénierie projet**

✓ Cf. Les cycles d'ingénierie système

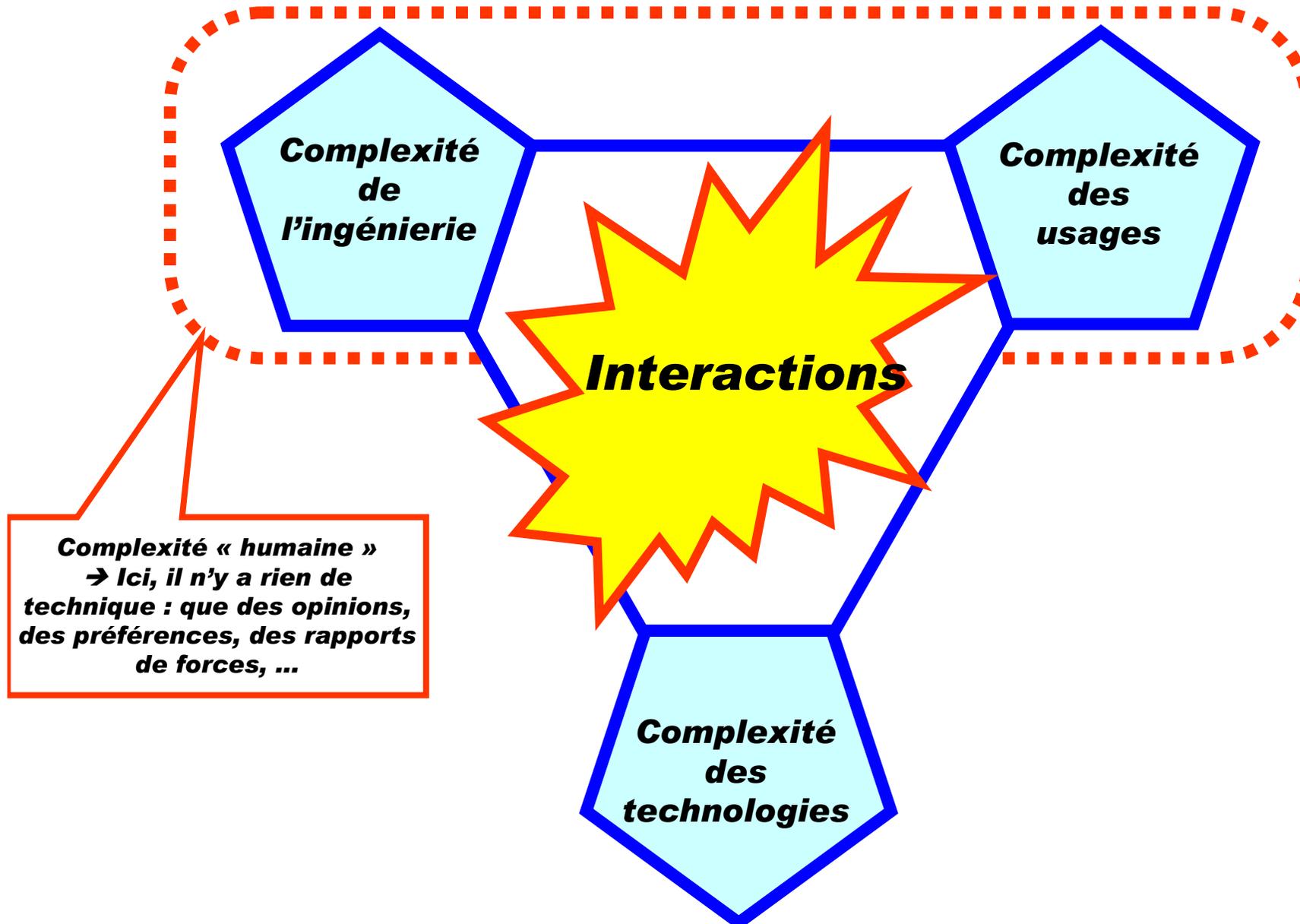
↪ **Contraintes de structure de l'objet technique résultat de l'ingénierie**

✓ Cf. La résistance des matériaux dans les sciences de l'ingénierie

↪ **Contraintes des usages ⇒ Donc des limites / limitations des capacités des hommes et des organisations**

✓ Cf. les aspects socio dynamiques, la coopération, ...

# Complexités des systèmes artificiels



# Énergétique des systèmes

↪ **Peut-on définir, pour les systèmes, des grandeurs analogue à la *température*, la *pression*, l'*énergie*, l'*entropie*, etc. ???**

- Degré d'agitation des UA constitutives du système
  - ✓ Niveau d'interactivité ⇒ Batch, Transactionnel, Temps Réel
- Nombre d'UA en activité à l'instant T, ou encore UA présentes dans un volume spatio-temporel occupé par le système ☞ **Agilité**
- Ressources nécessaires : Effort humain, puissance de calcul/traitement, taille mémoire, énergie électrique, ...

↪ **Existe-t-il des lois de conservation ?**

- Conservation de la « masse », conservation de l' « énergie »

↪ **Existe-t-il des seuils « critiques » ? Ou des phénomènes de type dissipatifs ?**

## **Bilan provisoire ... | .1**

↳ **Question : Qu'est ce qui fait que les éléments d'un système tiennent ensemble et conservent leur organisation / architecture ?**

↳ **Réponse → ils ont tous en commun le même méta modèle**

→ **Pour la survie du système celui [UA] qui ne respecte pas/plus les règles doit être éliminé**

→ **La présence d'un sous-système de surveillance [immunitaire] est une condition nécessaire de survie → Homéostasie [La mission]**

↳ **Le méta modèle est une propriété invariante du système, et ce quelle que soit l'échelle**

## **Bilan provisoire ... / .2**

↪ **Dans le monde organisationnel et humain :**

→ **Dans une collectivité humaine équilibrée, tous les membres partagent une même culture, un même **méta modèle**, qui peut transcender le langage → modalités des interactions, bien visibles dans le SI**

☞ **C'est un exemple de système de systèmes**

✓ Les trois « fonctions » des peuples indo-européens (Georges Dumézil)

↪ **Dans le monde vivant :**

→ **Des « organismes » collectifs [ruches, fourmilières, ... ] qui partagent des traits génétiques [Sélection de parentèle] et des comportements, innés ou acquis, communs → cet ensemble de règles est un méta modèle**

☞ **C'est un autre exemple de système de systèmes**

✓ Reine, ouvrières, soldats ...

↪ **Dans le monde atomique :**

→ **deux familles de particules, fermions [individualité de la matière] et bosons [médiateurs des forces qui lient la matière] → Cf. le modèle standard des particules qui décrit les comportements du monde observable**

# Apports de la biologie I .1

## ↳ **Pierre Bricage** [Professeur à Pau] **et l'AFSCET :**

### 1. Les caractéristiques fonctionnelles du vivant "vivant".

Pour survivre (c'est à dire "manger & ne pas être mangé") et se survivre (c'est à dire "redonner leur forme de vie reçue"), les **SYSTÈMES VIVANTS "vivants"** possèdent 7 capacités mutuellement nécessaires et suffisantes, "**les invariants du vivant**" (Bricage, 1991a) :

- la capacité de mobiliser des flux de matière et d'énergie (**internes ou externes**),
- la capacité de croissance (en masse, en volume),
- la capacité de réagir (répondre) à des stimulations (internes ou externes),
- la capacité de mouvement (**interne ou externe, passif ou actif**),
- la capacité d'organisation (en, et dans, un **espace-temps-action, modulaire, ergodique**),
- la capacité d'intégration (le fait d'être indissociable d'un espace-temps-action de survie),
- la capacité de reproduction (et, éventuellement, de croissance en nombre).

**In** Bricage (2000a) <http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>

Cette **approche systémique** a été développée au sein de l'**AFSCET** (Association Française de Science des Systèmes <http://www.afscet.asso.fr>) et de l'Union Européenne de Systémique (**UES**) et "vulgarisée" (18 fichiers pdf, **In**

Bricage 2006a, <http://webcampus.univ-pau.fr/courses/BIOSYSTEMIQUEC>).

# 1.2

BRICAGE Pierre (1991) Les caractéristiques des organismes vivants. 44 p.  
Biologie, A.P.I.D.S., Fac. Sci. & Techniques, Univ. de Pau & Pays de l'Adour.

## **SURVIVRE**

1. La MOBILISATION de la MATIÈRE et de l'ÉNERGIE
2. La CROISSANCE en masse et en nombre
3. La RÉPONSE à des STIMULATIONS
4. L'ORGANISATION interne, dans l'espace et dans le temps
5. L'INTÉGRATION externe
6. Le MOUVEMENT

pour **SE SURVIVRE**

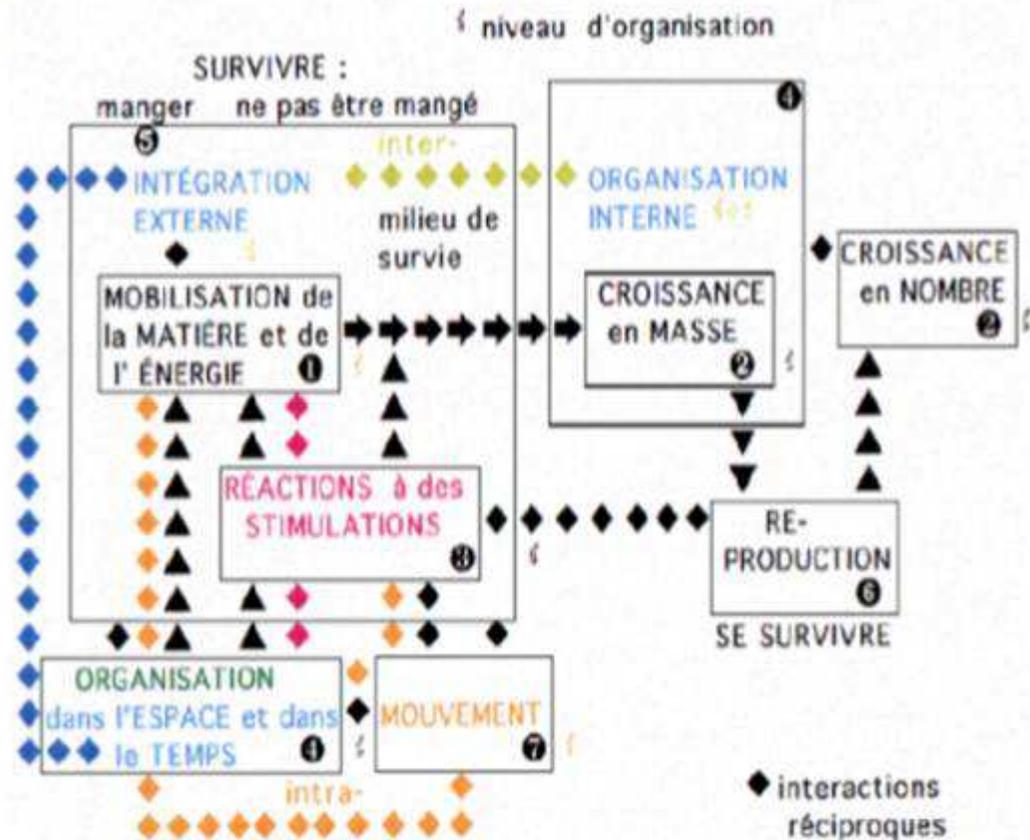
7. La REPRODUCTION

La survie des organismes vivants.

04 février 2000, Paris, 33 p.

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

les 7 degrés de liberté de la vie

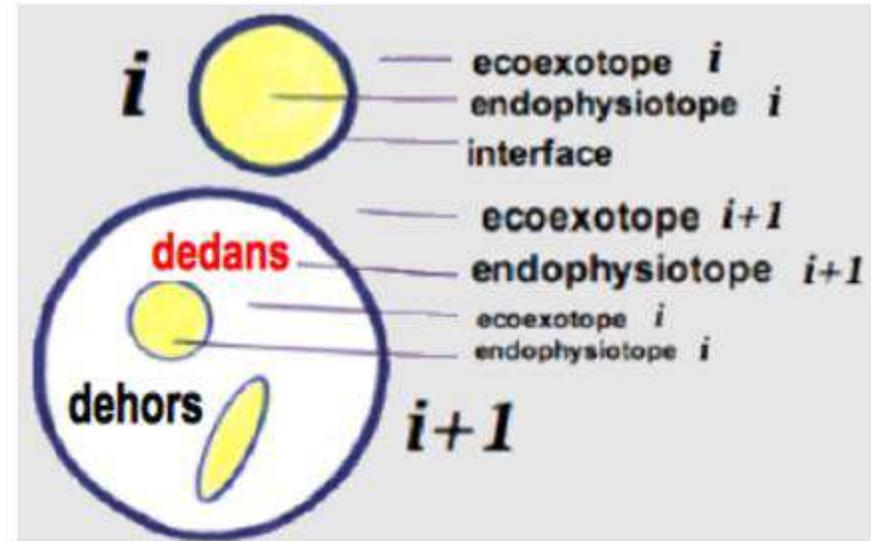
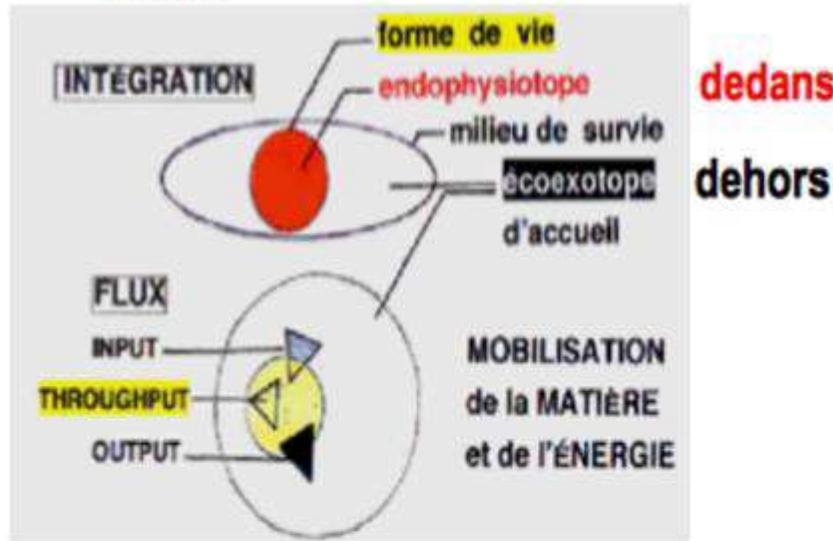


© creative commons

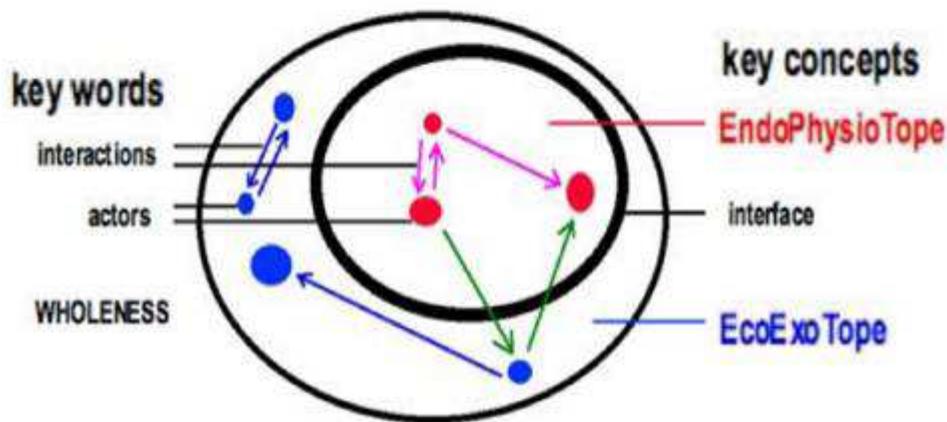
[pierre.bricage@univ-pau.fr](mailto:pierre.bricage@univ-pau.fr)

# 1.3

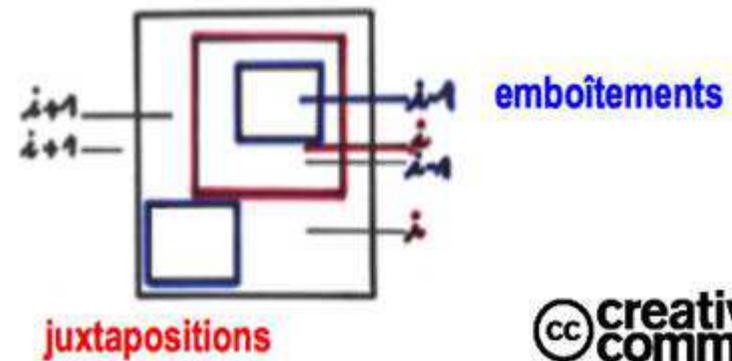
## integer



***Partout, autour de nous,***



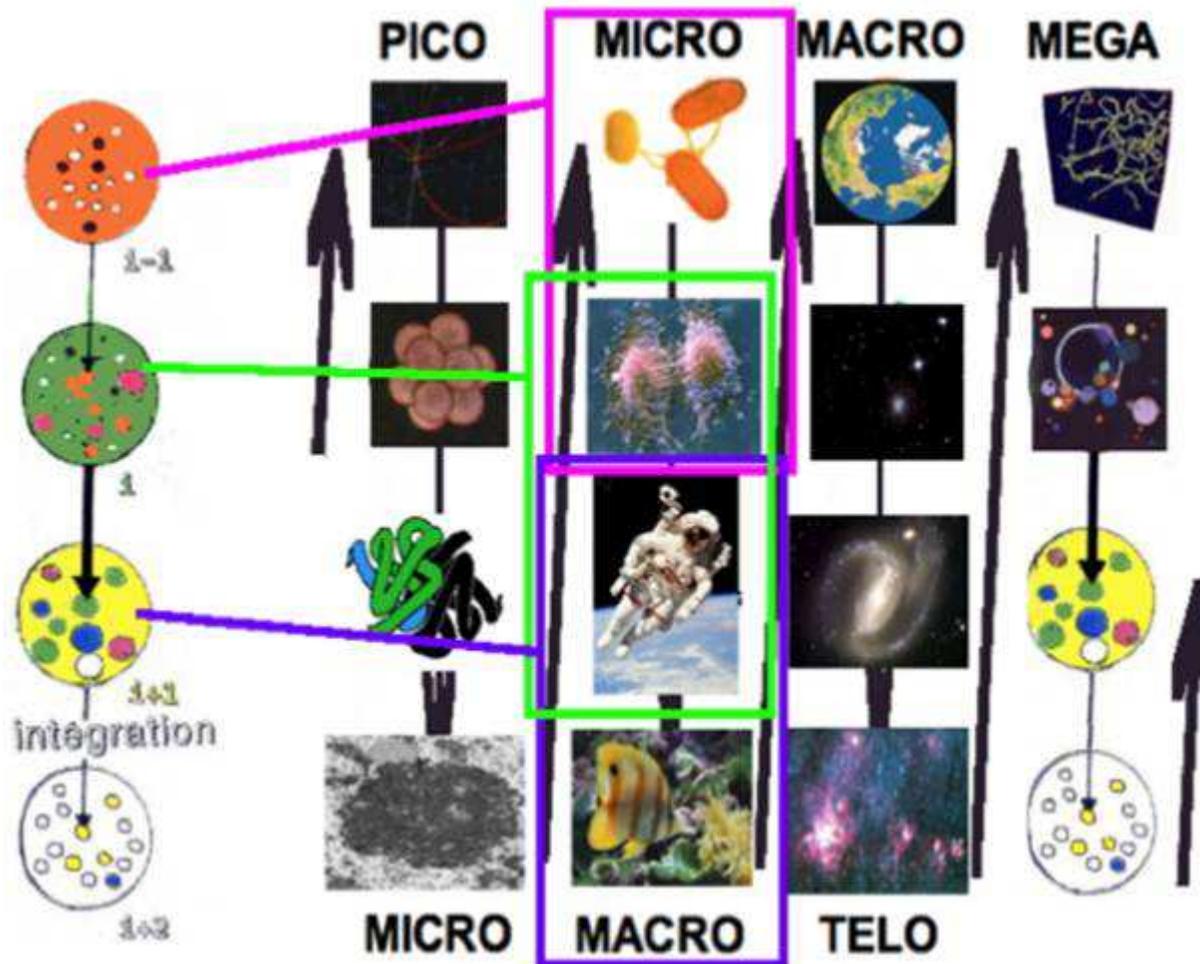
***des systèmes de systèmes ...***



**creative commons**  
[pierre.bricage@univ-pau.fr](mailto:pierre.bricage@univ-pau.fr)

# 1.4 Systèmes naturels – Systèmes artificiels

↪ **De quel niveau d'organisation parle t-on ???**



Comme le temps, l'espace, est multiple. Les **espace-temps**, multiples, **discontinus**, sont fondés sur des **phénomènes périodiques d'agoantagonisme**, et **c'est le choix** d'un "référentiel" qui permet de **comparer** les systèmes, et leur cybernétique, entre eux.

 **creative commons**  
[pierre.bricage@univ-pau.fr](mailto:pierre.bricage@univ-pau.fr)

"groupe de travail" Emergence Paris  
 11 fév 2013 maison des Arts et Métiers

# I .5 Systèmes naturels – Systèmes artificiels

## ↪ **De quel niveau d'organisation parle-t-on ???**

Le “plan d'organisation“ des bactéries, ou monères, niveau microscopique -MICRO-émerge à partir de plans d'organisation préexistants de niveau moléculaire.

**Ce nouveau plan est une “unité d'action“, “un module de base“ pour l'émergence de nouveaux plans d'organisation “utilisant“ le même mode de confinement.**

L' organisme cellule émerge par juxtapositions et emboîtements d' organismes de type monère. Les organismes métacellulaires (animaux, végétaux, champignons) émergent par “polymérisation“ et transformations locales (“différenciations“) d' organismes du niveau pré-existant cellulaires. Cette métamorphose permet la mise en place d'une “collection“ de ce nouveau type d'organismes - MACRO- qui cohabitent ensemble au sein d'un écosystème qu'ils forment et qui les transforment :

### **loi systémique constructale.**

Les extrêmes coexistent ensemble et “le cheminement“ s'effectue simultanément, **du bas vers le haut** et **du haut vers le bas**. **Le global crée le local et le local crée le global.**

“de la biologie à la physique“ & “de la physique à la biologie“ :

la classification périodique du vivant,

tableau des niveaux d'organisation et loi logistique de leur mise en place.

Bricage P. (2009) L'évolution créatrice : Métamorphoses et “phylotagmotaphologie“ du vivant.

Colloque Association des Amis de Pierre Teilhard de Chardin, Centre de Sèvres, Paris, 109 p.

<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00423730/en/>

 **creative commons**  
[pierre.bricage@univ-pau.fr](mailto:pierre.bricage@univ-pau.fr)