

SYSTEMIQUE

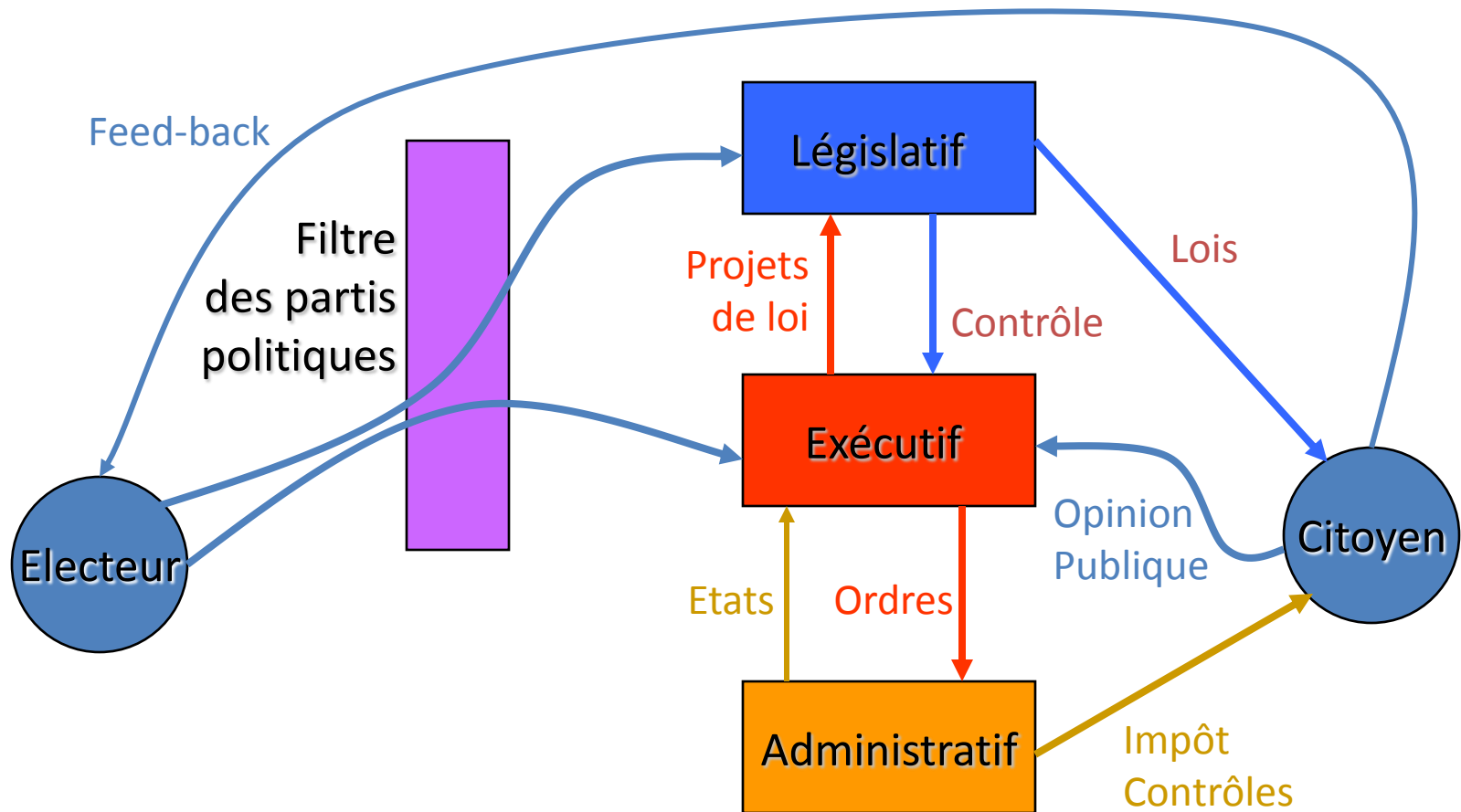
Emergence
28 Juin 2010

Alexandre MAKAROVITSCH



On parlera

- Du domaine de la **systémique** et des concepts les plus importants... et peut – être sous-estimés
 - Système et modèle (ex: syst.démocratique)
 - Systémique : frontières, finalité, invariants,
- De l'**outillage de compréhension** et de résolution
 - IA et NN, Vie artificielle,
 - Sous-ensembles flous
 - Algorithmes génétiques, automates cellulaires, agents (SMA)
 - Théorie des jeux



Un système politique démocratique très simplifié

Une sorte de définition

Totalité

Dynamique

Solidaire

Relations

Ensemble

Complexité

Global

Organisation

Éléments

Interaction

But

Actions

Unité

Composants



La systémique:

Un outil conceptuel pour aider à comprendre et traiter des problèmes complexes

- **créer** des artefacts
- **comprendre** le fonctionnement
des êtres vivants
des sociétés
des grandes organisations
- **conduire** des entités organisées

Description Fonctionnelle

Un système comporte des:

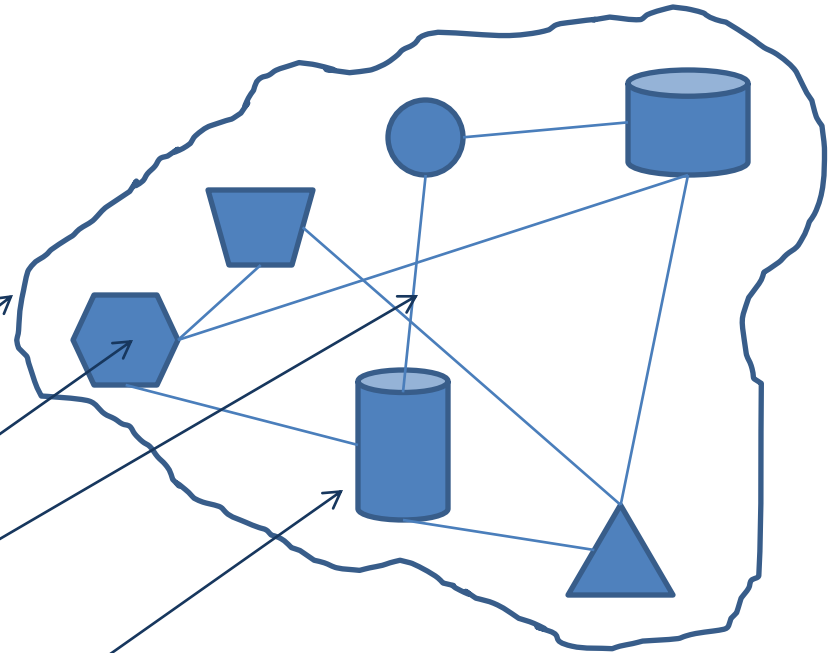
- flux (matières, énergie, information,...produits, monnaies,...)
- centres de décision (action sur les flux suite à l'information reçue)
- boucles de proaction et rétroaction (information sur ce qui se passe en amont ou aval)
- délais (mémoires, réservoirs)



Description Structurale

Un système comprend:

- une frontière
- des éléments (identifiables)
- un réseau de transport et de communication
- des réservoirs



Le sens commun peut induire en erreur:

Des changements faibles ou graduels donnent lieu à des changements faibles ou graduels dans les effets

>>Les catastrophes

Les règles déterministes de comportement donnent lieu à des événements complètement prévisibles

>>Le Chaos

Toutes les vérités du monde réel sont le résultat logique du suivi de règles

>>Les Paradoxes

Les systèmes peuvent toujours être compris par leur découpe en parties plus simples

>>La Totalité

Des comportements surprenants sont uniquement le résultat d'interactions difficiles à comprendre entre les composants du système

>>Les AC

Les Concepts fondamentaux

◆ La Complexité

◆ Information

◆ Différents éclairages

◆ L'Interaction entre éléments

◆ Frontières

◆ Totalité

◆ Finalité

◆ Comportement

◆ Système et sous-système

◆ Invariants

◆ Le temps

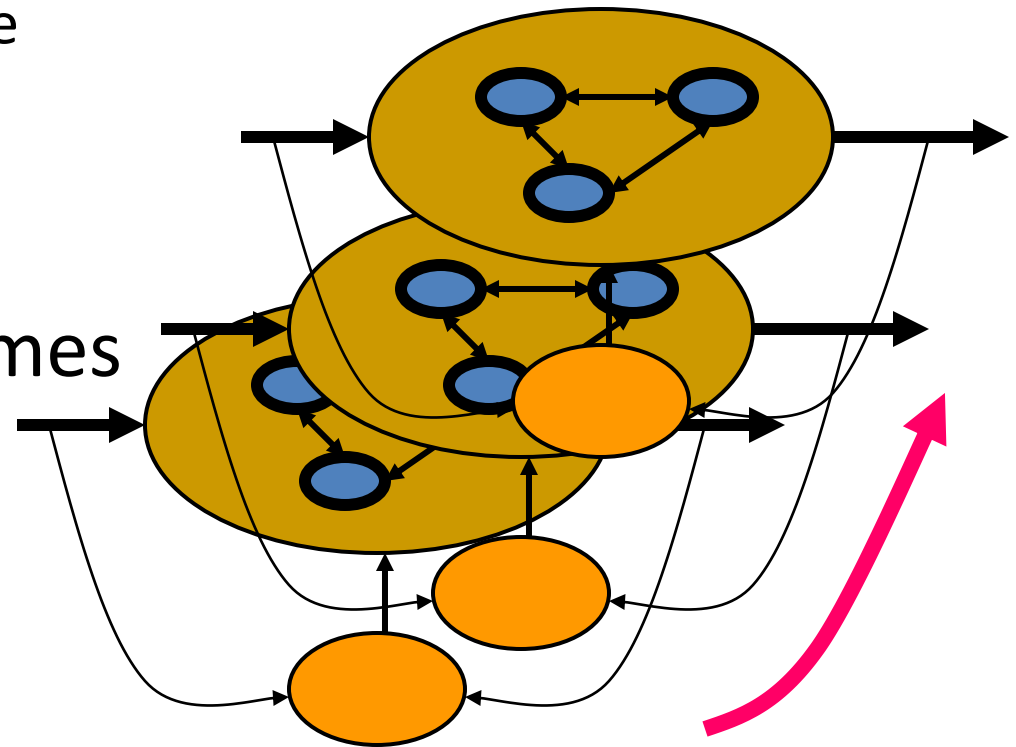
◆ Régulation

◆ Systèmes

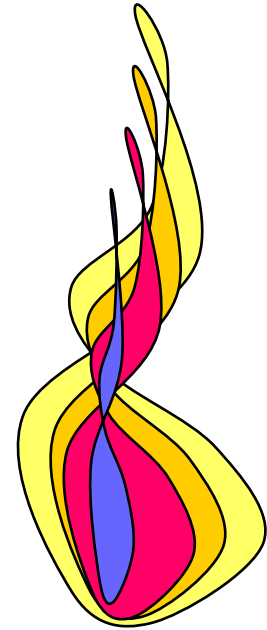
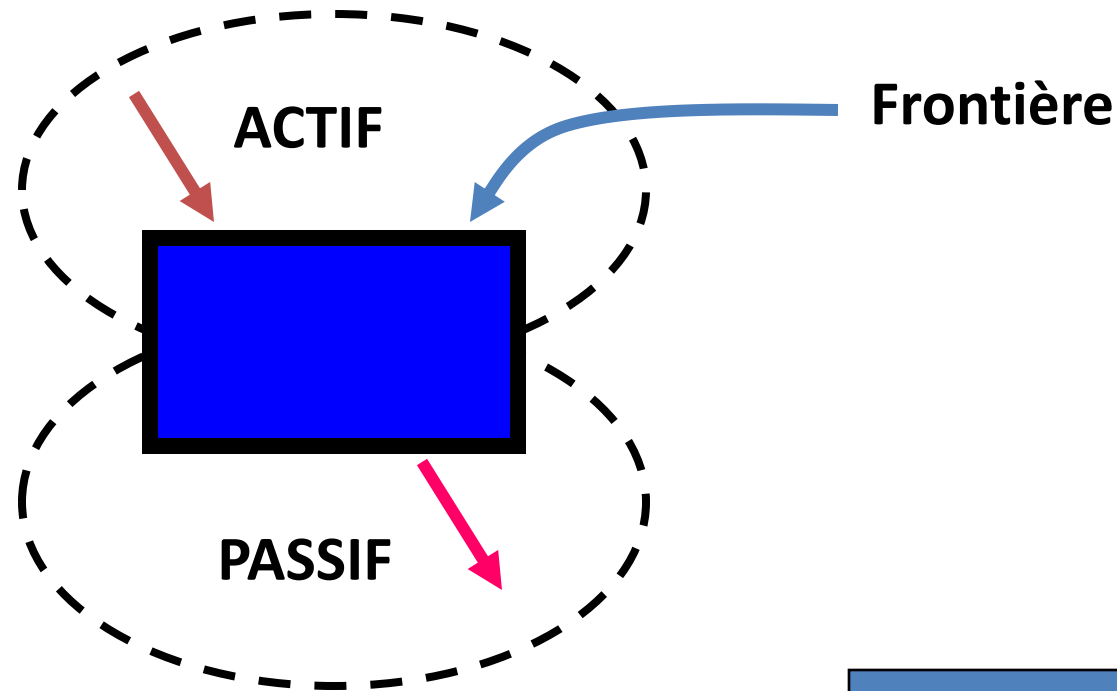
◆ L'Organisation

Différents éclairages

- **Système et environnement**
 - La boîte noire
- **Système et sous-systèmes**
 - Le contenu de la boîte
- **Système et temps**
 - Le changement
- **Régulation des systèmes**
 - Le contrôle

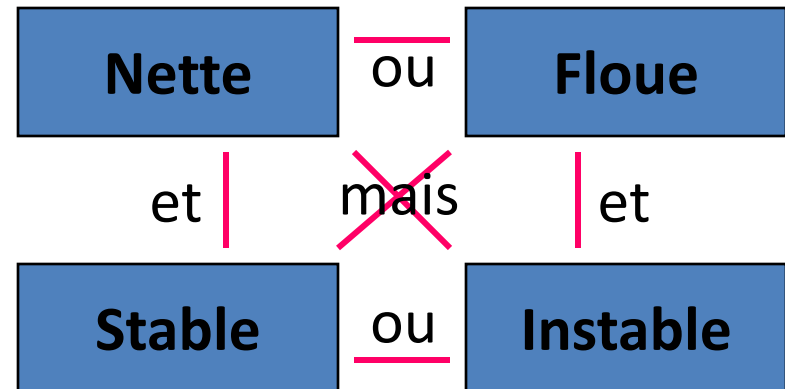


Les frontières



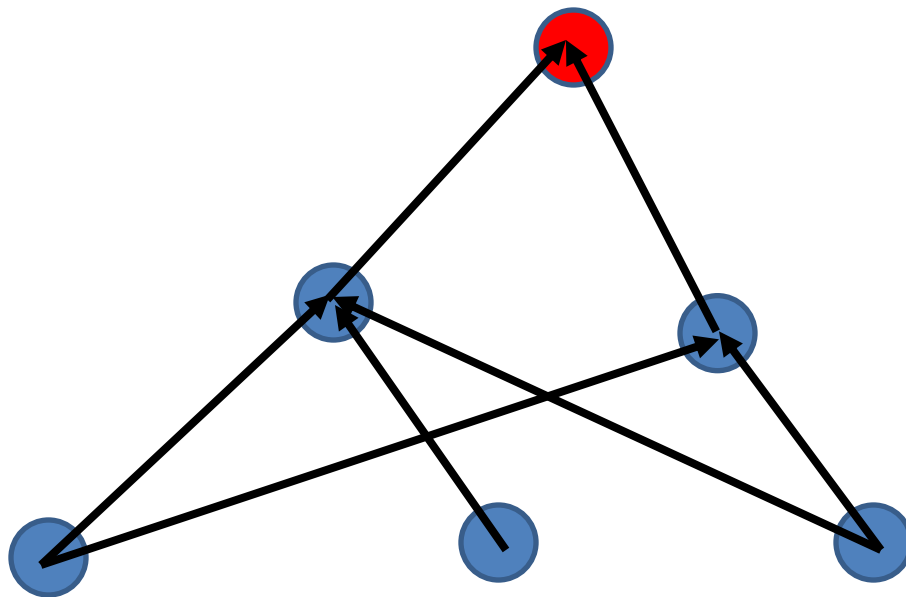
Immeubles
Mobiles
Brouillard
Objet lointain

- > Nette et stable
- > Nette mais instable
- > Floue et instable
- > Floue mais stable



Finalité

- Hiérarchisation des finalités d'un système:



Finalités fondamentales (fins)

Survie

Gagner la guerre

Finalités intermédiaires (buts)

Maintien de fonction biologique

Gagner une bataille

Finalités partielles (objectifs)

Maintien de structure locale

Faire une tête de pont

Ex. **Organisme**, **Guerre**

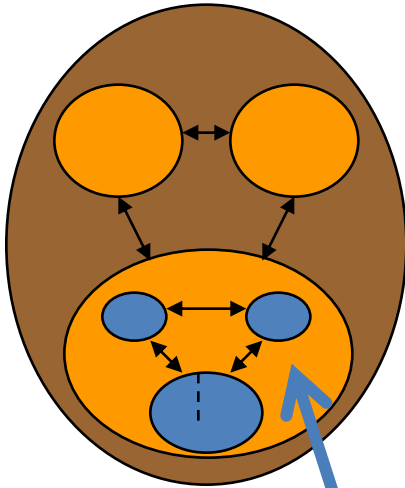
Comportement

- Un système est adaptatif s'il peut adopter un comportement favorable à ses finalités en tenant compte de l'environnement
 - **Fuite**
 - Changement de lieu
 - Abandon de l'environnement
 - **Lutte**
 - Modification de l'environnement
 - **Adaptation**
 - Utilisation de ses variables internes pour modifier les effets des entrées (les atténuer ou les compenser)



Systeme et Sous-systemes

Emboîtement



Emergence/Immersion

		Système	S-Systeme
Comport.	Simple		
	Complexe		

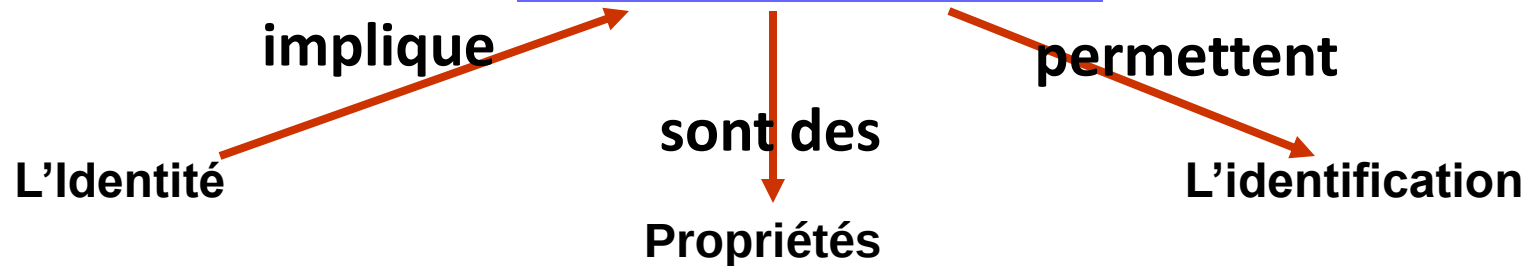
Propriétés microscopiques

Propriétés macroscopiques

Pour comprendre **une propriété qui a émergé** au Niveau N il faut
Impérativement regarder les Niveaux N-1 et N+1

Invariants

Les Invariants



*Perspective stationnaire

- Autonomie (vs.environnement)
- Cohérence (entre SS)

*Perspective temporelle

- Fonctionnement
- Evolution

Pour tout invariant:
>Un domaine de validité
>Une durée de vie



Prise en compte du temps

- Temps continu

Mise en valeur des caract. continues

- Temps discret

Ex: Musique

Mise en valeur du changement

- Exogène ($t, t+\delta t, T+2\delta t$)

Met en valeur des variations régulières
des caractéristiques

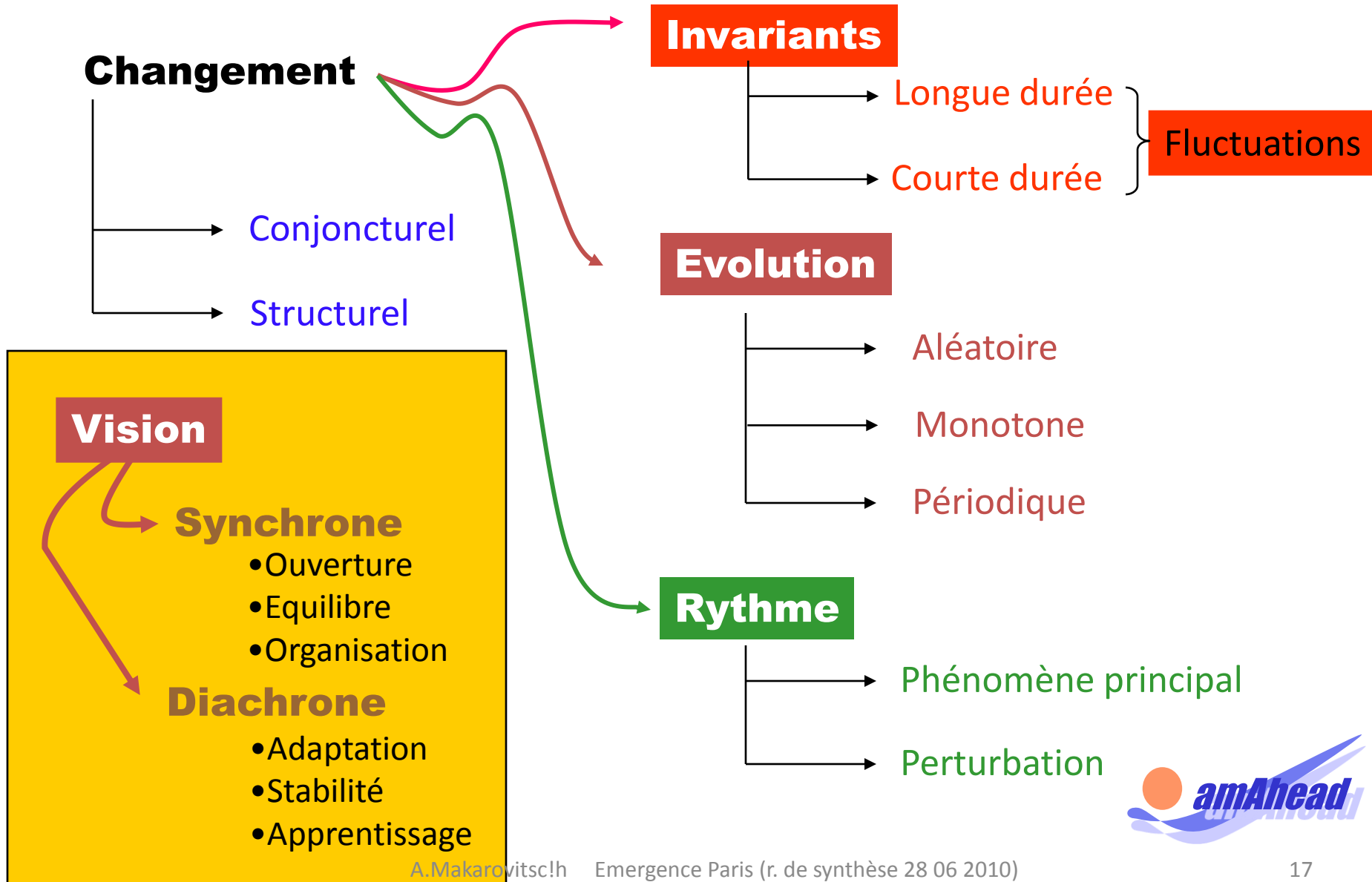
Ex: Automate Cellulaire

- Endogène (au moment d'un événement)

Met en valeur des mutations, phases,
transitions de phase

Ex: vapeur/eau/glace

Systeme et Temps



La régulation des systèmes

	Passive	Active	Inter.	Retro.
Sensibilité/Finesse				
Vitesse de réaction				
Souplesse/Stabilité				
Fiabilité/Robustesse				

Systèmes artificiels : **Interaction**

>sensibilité, finesse, fiabilité par fabrication,
souplesse inutile car spécialisés

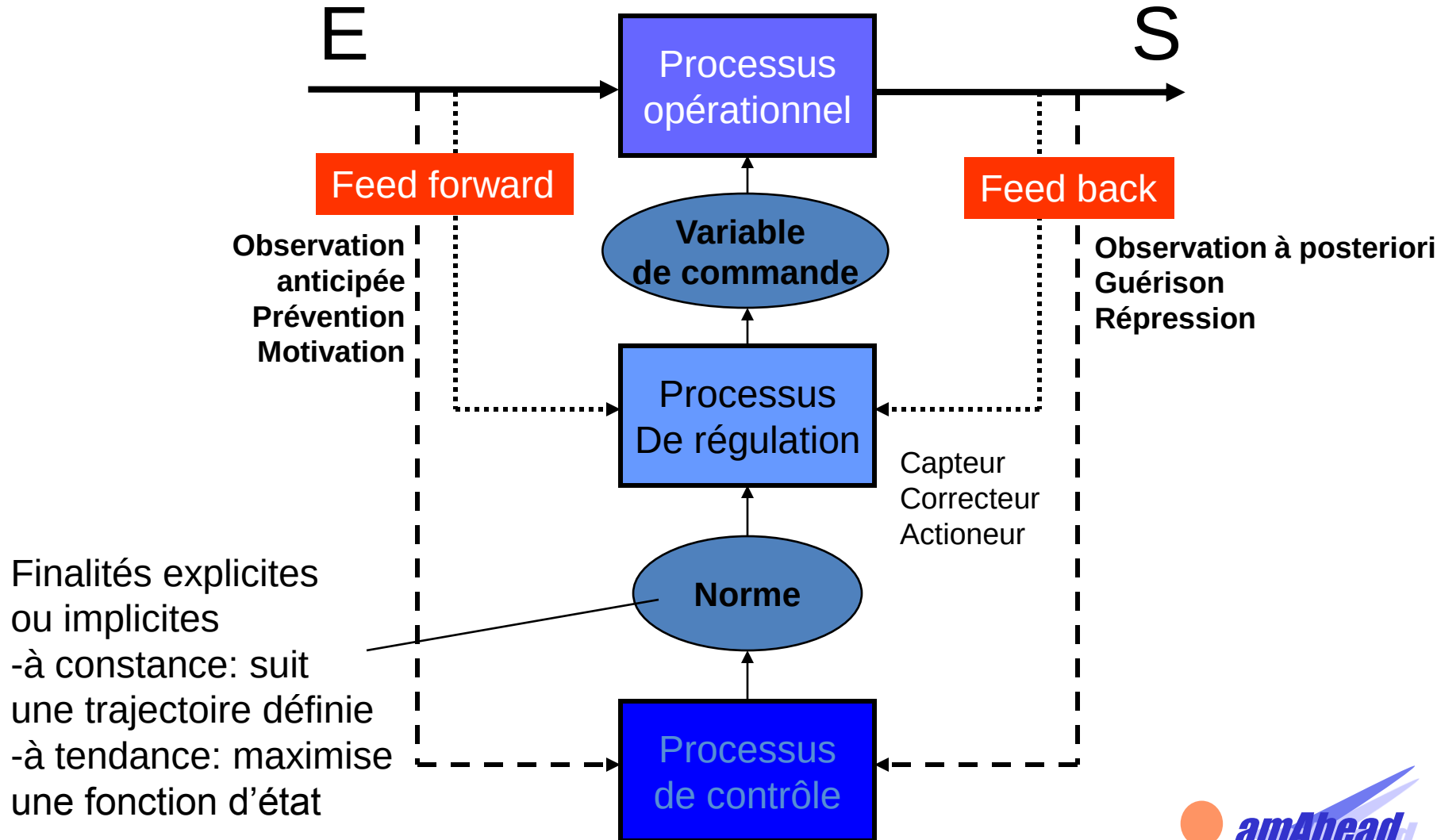
Systèmes biologiques : **Rétroaction**

>souplesse d'adaptation, fiabilité, pas de vitesse,
sensibilité faible

Systèmes psycho-sociaux : **Interaction et Rétroaction**

>Balance entre finesse et robustesse

Régulation Active



Outillage de type systémique

- IA et NN
- Vie artificielle
- Outils de modélisation
- Sous-ensembles flous
- Automates Cellulaires
- Théorie des Jeux
- Algorithmes génétiques
- Structure d'un agent



IA et NN, deux démarches complémentaires de nature systémique

- Des démarches pour « dompter » la complexité, qui deviennent possibles par la démarche systémique qui est à leur base
- Les « chapelles » IA ont intégré le NN dans leur démarche depuis quelques années
- IA = une démarche « Top-Down » (tout peut être décrit)
- NN = une démarche « Bottom-Up » (ce qui compte est le résultat, même si on ne sait pas bien comment il est obtenu)
- De plus en plus d'applications utilisent les deux (ex: en robotique ou on utilise des plans et de l'apprentissage)

La « vie artificielle »

(Artificial life – AL –Alife)

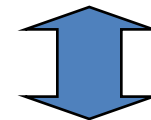
- Artefacts qui ont des comportements et des caractéristiques plus ou moins semblables aux êtres vivants
- Définition précise difficile
- Approches diverses

Question: Continuum du non-vivant au vivant?

Comprendre l'origine, l'évolution, la diversité

	minéral	virus	vivant	
croissance		x	x	
dynamique propre		x	x	
reproduction			x	

Global



Local

Feed-back
inter niveau

Des outils de modélisation: Flou, AC, AG, CAS, Dynamique, Jeux,...

- Pour prendre en compte et résoudre des problèmes complexes les outillages mis à la disposition par l'informatique et les sciences de la complexité sont incontournables
- Le **Flou** permet une démarche qui tient compte de l'imprécision
- Les **AC** sont simples à manipuler, donnent des résultats rapidement, sont peu coûteux mais sont efficaces dans des catégories de problèmes assez précis
- Les **AG** et **CAS** sont plus difficiles à manipuler mais peuvent être un bon support de réflexion
- Les **SMA**, sont lourds et coûteux, nécessitent beaucoup de mise au point mais peuvent donner de très bons résultats, assez fins. Ils seraient plutôt utiles au niveau stratégique
- Les **Jeux** sont un support très efficace pour mettre en place une certaine façon de penser et de prendre en compte la complexité

Définition d'un SEF (sous-ensemble flou)

- Représentations courantes

$$\tilde{A} \in E$$

$$\tilde{A} = \{ x_i \mid \mu_A(x_i) \}$$

$$\tilde{A} = \begin{array}{c} x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_n \quad x_m \\ \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & .7 & .6 & & 1 & .2 \\ \hline \end{array} \end{array}$$

Algorithmes génétiques (AG)

- **Chromosome**: codage d'une solution possible pour un problème donné
- **Gène**: un simple « bit », ou un ensemble de bits codant une partie de la solution
- **Allèle**: un des éléments utilisé pour coder le gène
- **Adaptation**: Évaluation d'une solution (relativement à une précédemment calculée)
- **Croisement**: Génération d'une nouvelle solution en « mélangeant 2 solution existantes »
- **Mutation**: Modification aléatoire d'un solution

A retenir de ce court topo

- **Systémique...**

- Le système est un modèle et le modèle est un système
- Eclairages: l'Environnement, les Sous-systèmes, le Temps
- Frontières...
- Finalités...
- Emergence...
- Invariants...
- Feed-back et Feed-Forward

Et plus généralement, on ne peut pas parler de complexité et d'émergence sans « faire » de la systémique.

Les systèmes sont le « corner stone » de la complexité.

- **Les outils...**

- IA et NN,
- Vie artificielle,
- Modélisation, simulations,
- Sous-ensembles flous,
- Théorie des jeux et « serious games »

Georges Perec
"disparitions"

— Ainsi donc, dit la Squaw, voici sonnant l'instant du *Finis Coronat Opus*? Voici la fin du roman? Voici son point final?

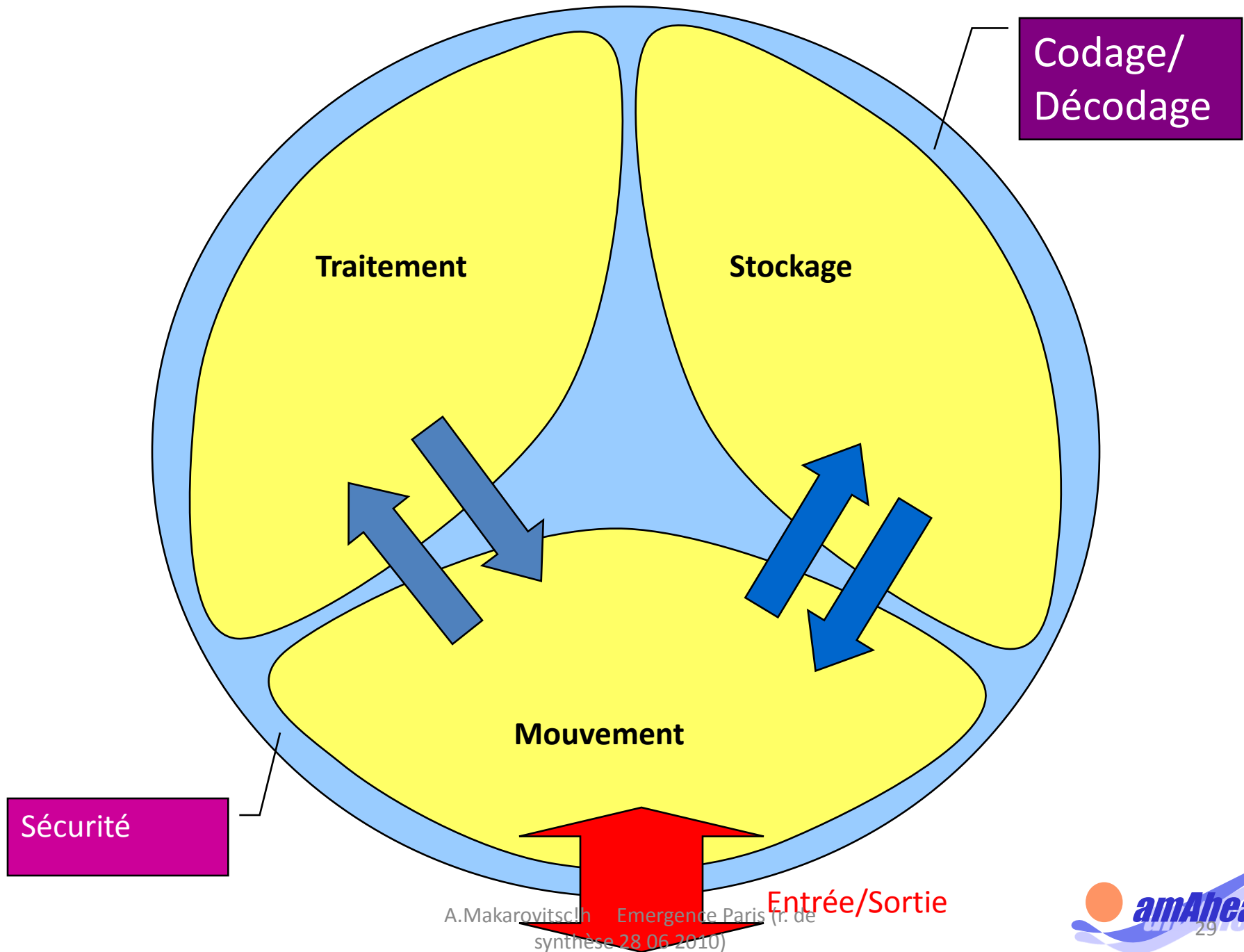
Oui, affirma Aloysius Swann, voici parcouru jusqu'au bout, jusqu'au fin mot, l'insinuant circuit labyrinthal où nous marchions d'un pas somnambulant. Chacun, parmi nous, offrit sa contribution, sa participation. Chacun, s'avancant plus loin dans l'obscur du non-dit, a ourdi jusqu'à sa saturation, la configuration d'un discours qui, au fur qu'il grandissait, n'abolissait l'hasard du jadis qu'au prix d'un futur apparaissant sans solution, à l'instar d'un fanal n'illuminant qu'un trop court instant la portion d'un parcours, lors n'offrant au fuyard qu'un jalon minimal, fil d'Ariana toujours rompu, n'autorisant qu'un pas à la fois. Franz Kafka l'a dit avant nous : il y a un but, mais il n'y a aucun parcours ; nous nommons parcours nos dubitations.

Nous avançons pourtant, nous nous rapprochions à tout instant du point final, car il fallait qu'il y ait un point final. Parfois, nous avons cru savoir : il y avait toujours un « ça » pour garantir un « Quoi? », un « jadis », un « aujourd'hui », un « toujours », justifiant un « Quand? », un « car » donnant la raison d'un « Pourquoi? ».

Mais sous nos solutions transparaissait toujours l'illusion d'un savoir total qui n'appartient jamais à aucun parmi nous, ni aux protagonistes, ni

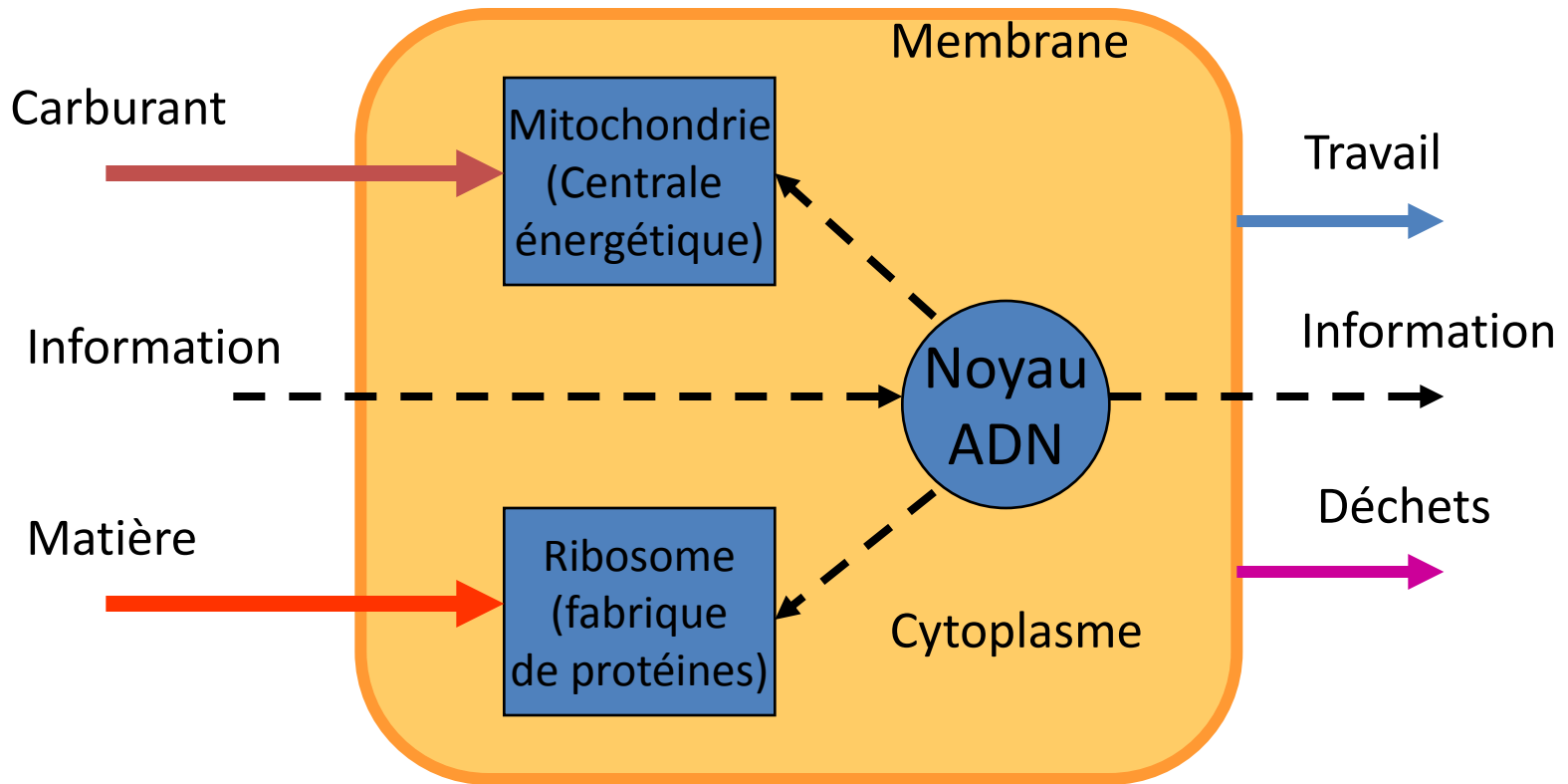
Annexes





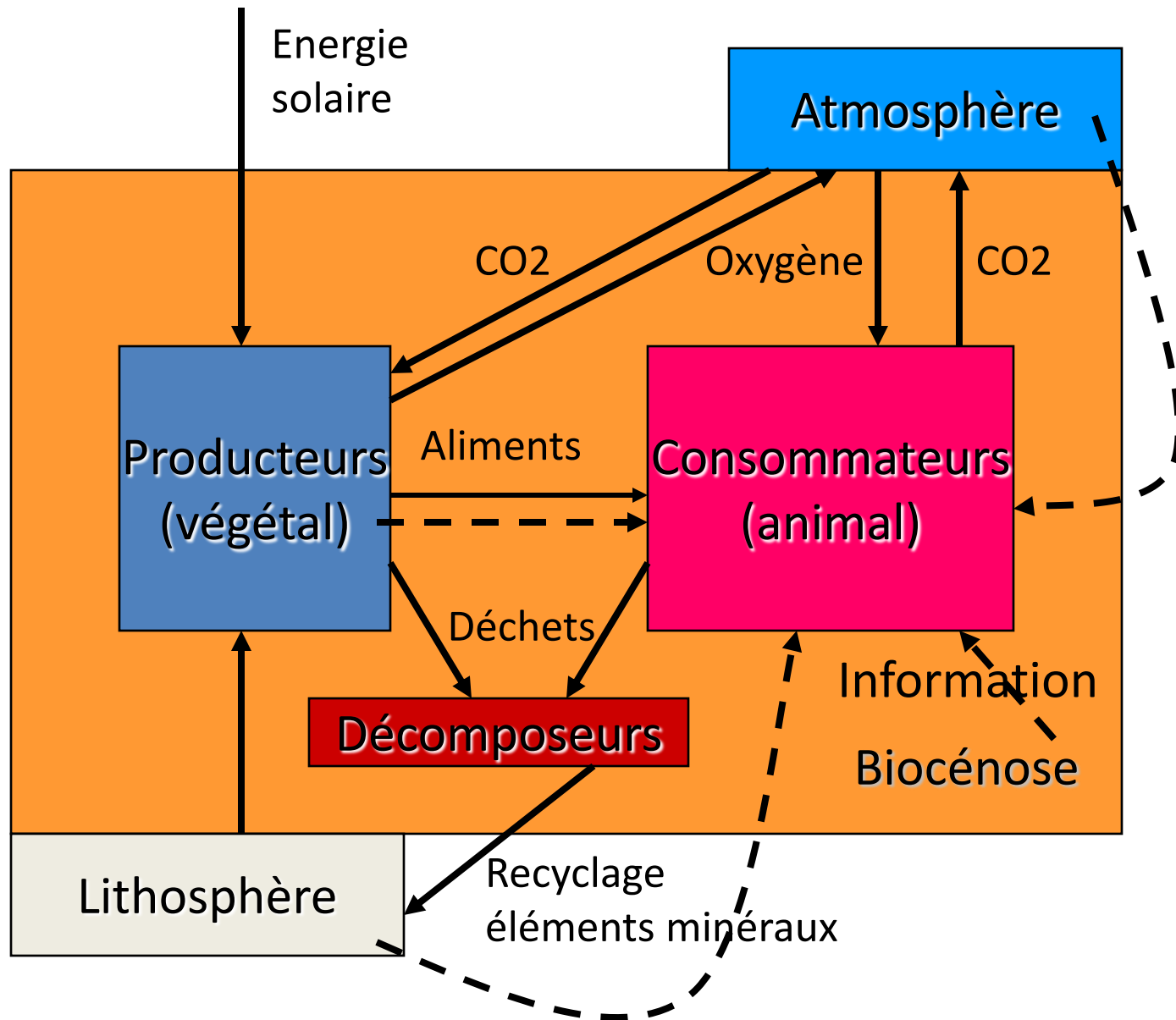


Est-ce que la dame est
jeune ou vieille?
Ambiguïté>>>Complexité



Un système cellule très simplifié

(d'après D.Durand)



Un écosystème très simplifié

La complexité

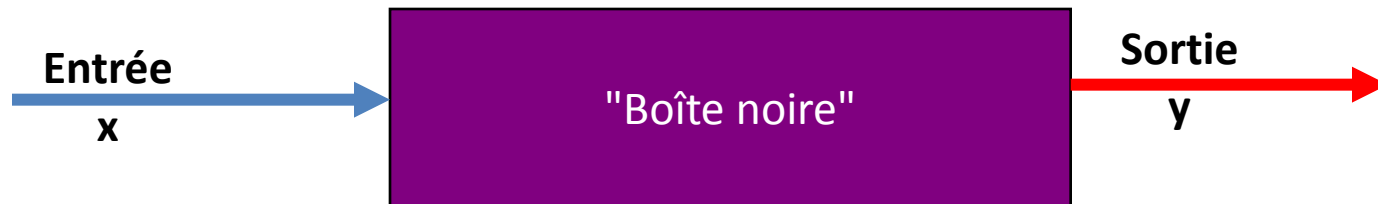
- Implique de l' **aléatoire**, de l' **inconnu** , du **flou**
- Pour résoudre un problème complexe il faut du **temps**, des **moyens**, de la **méthode** et de l' **intelligence**

ne pas faire la confusion entre
complexe et compliqué

- Dépend des éléments et de leurs relations (nombre et autres paramètres)
- Est devenue une discipline en soi, est une **dimension essentielle des systèmes**

Système quasi-isolé

- Influencé par son environnement les processus appelés "entrées" (*inputs, stimuli, afférences, admissions*)
- Il subit des modifications internes
- Il exerce une influence sur son environnement par les processus appelés "sorties" (*outputs, réponses, efférences ou émissions*)



- Cette vue d'un système le caractérise uniquement par ses entrées et ses sorties

Les entrées et les sorties

- **Calendrier**

Sous-ensemble $[\tau, T]$ de l'axe des temps pendant lequel l'entrée exerce son action qui peut évoluer par valeurs continues ou discrètes

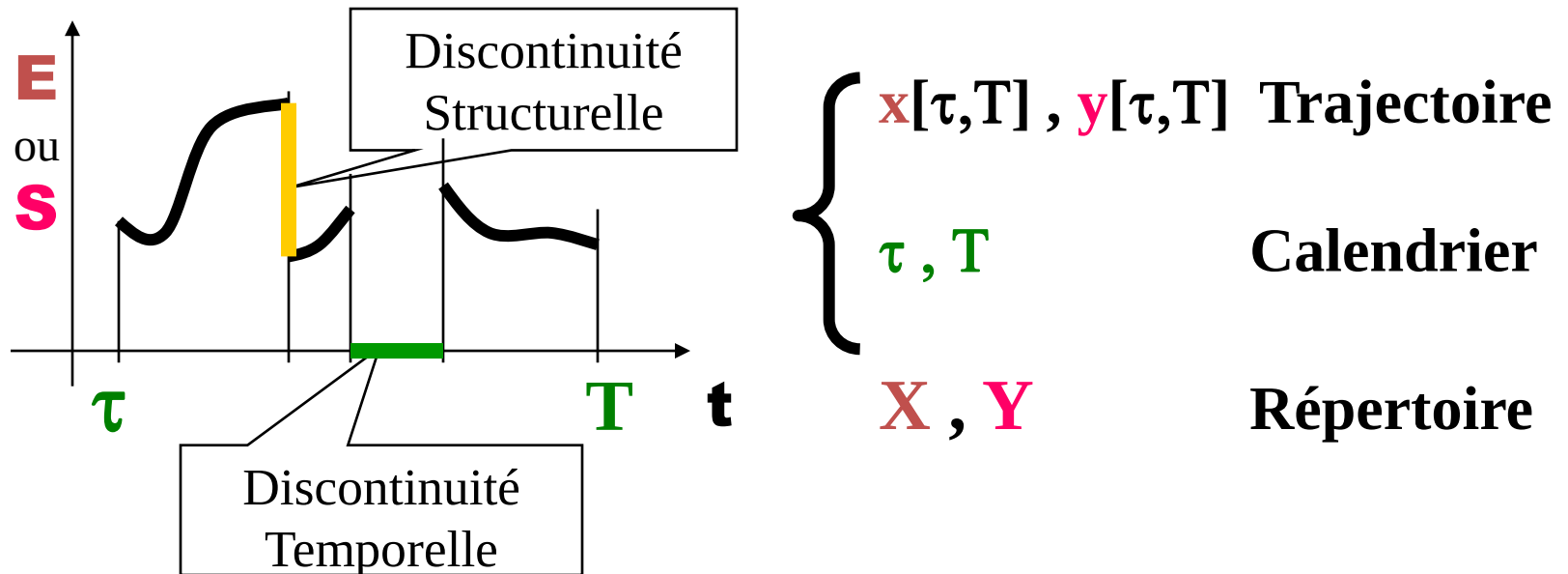
- **Répertoire**

- Ensemble X de positions distinctes que peut revêtir l'entrée (peut être continu ou discret).

- **Trajectoire**

- Relation entre les position du répertoire et les dates de calendrier, soit $x[\tau, T]$

Connaissance du système



- Les entrées/sorties peuvent être matérielles, énergétiques, informationnelles

On connaît le système à travers ces informations, sans savoir ce qui se passe à l'intérieur

Types de relations d'entrée-sortie

- Transformations qualitatives
- Transformations quantitatives
- Commutation (aiguillage)
- Stockage (mouvement dans le temps)
- Transport (mouvement dans l'espace)

Combinaisons des entrée-sorties

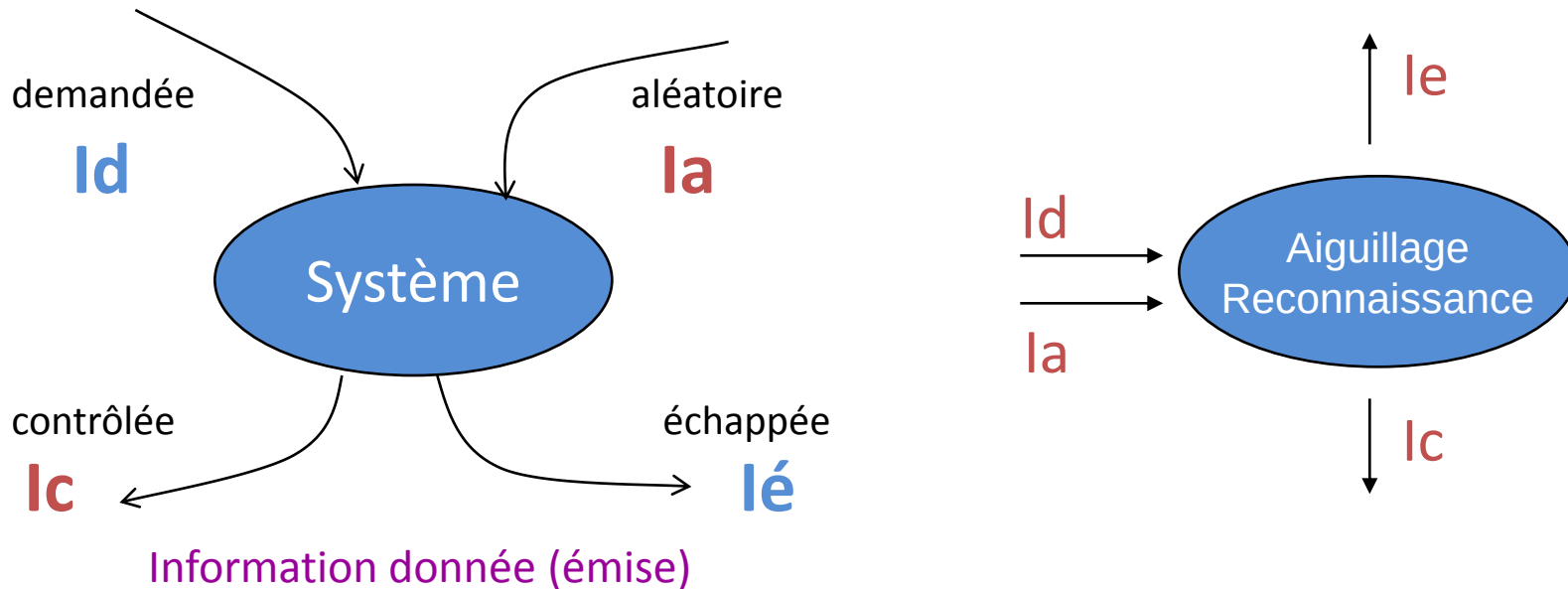
entrée \ sortie	Physique	Informationnelle
	Physique	Informationnelle
Physique	Système de modification physique	Système d'observation (capteur)
Informationnelle	Système d'action (effecteur)	Système de traitement de l'information

L'INFORMATION

la troisième composante,
qui avec
la **MATIERE** et l'**ENERGIE**
ensemble forment les systèmes

Information

Information reçue (captée)



Déplacement (transmission)

dans le temps >> **mémoire**

dans l'espace >> **mouvement**

Changement (transformation)

de forme >> **codage/décodage**

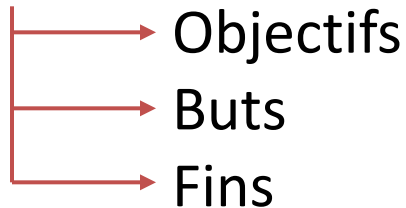
de contenu >> **calcul**

Contrôle

Systeme et Environnement

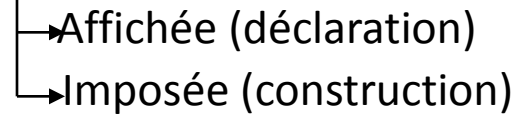
Finalités

Niveaux



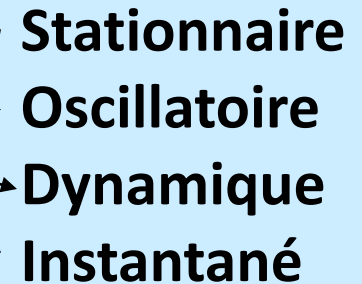
Comportement

Intentionnalité

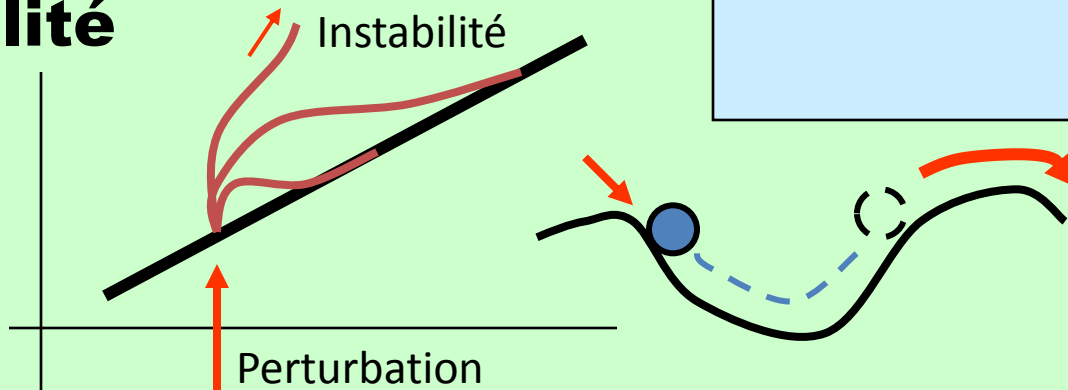


Révélation

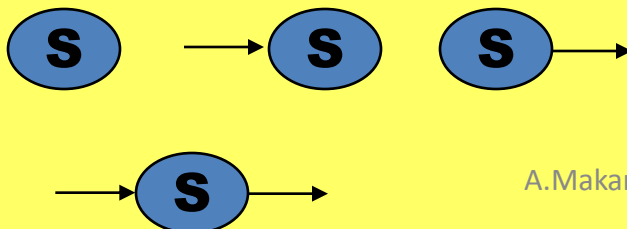
Equilibre



Stabilité



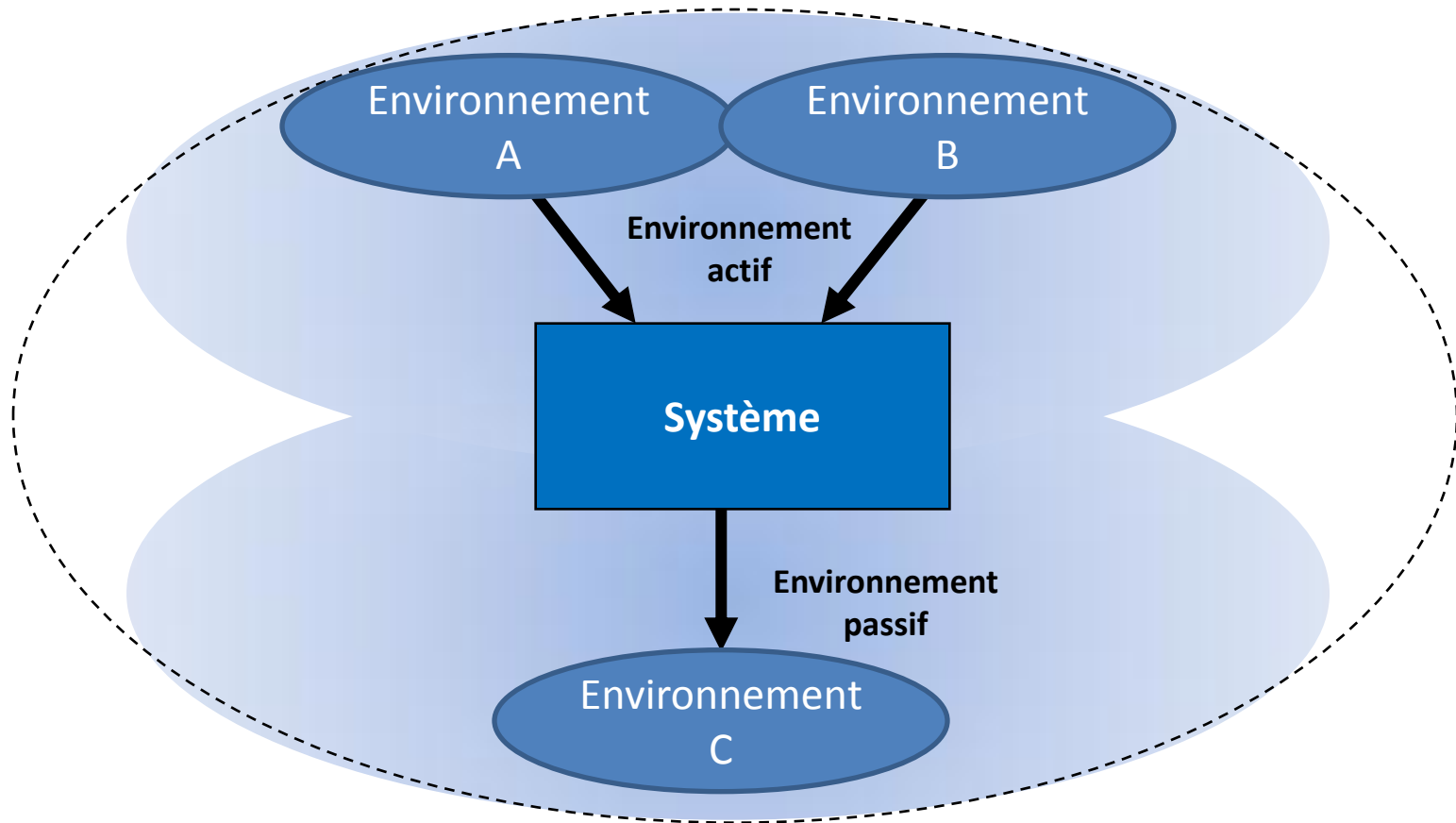
Ouverture



Adaptabilité



Environnement d'un système



Il peut être utile de faire la séparation même si la réalité n'est pas séparable, pour mieux comprendre ce qui se passe

Propriétés extrinsèques et intrinsèques

Notion de frontière

- Extrinsèques
 - Valables pour un environnement donné
- Intrinsèques
 - Indépendantes de l'environnement, donc caractéristiques véritables du système

Frontière:

- séparation du système de son environnement quel qu'il soit

Propriétés externes des systèmes

Ouverture

- Système **ouvert**
 - une entrée et une sortie



- Système **semi-ouvert**
 - une entrée (endotrope)
 - ou une sortie (exotrope)



- Système **fermé**
 - e/s énergie seulement



- Système **isolé**
 - ni entrée ni sortie



Ex: Physique: système fermé (thermodynamique)

Biologie : toujours ouvert (écologie)

Sociologie:

société primitive-> civilisation actuelle

Psycho: intraverti / extraverti

Propriétés externes des systèmes

L'équilibre

- On dit qu'un système à état possède un état d'équilibre $\bar{\sigma}$ s'il demeure dans cet état en l'absence de modifications de l'entrée (équilibre stationnaire).

Ex: exemple niveau bassin avec trop-plein, budget, environnement social

- Un cycle d'équilibre: ensemble d'état par lequel le système passe périodiquement

Ex: trajectoire d'un pendule autour de sa position d'équilibre

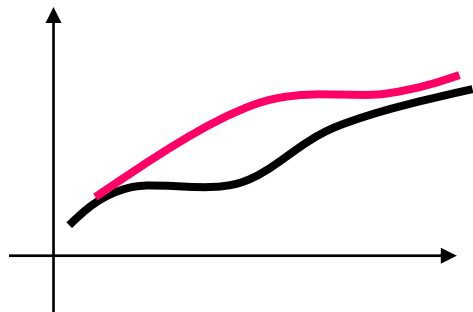
Propriétés externes des systèmes

L'équilibre

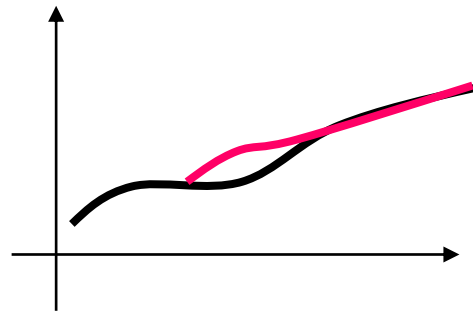
- Physique: équilibre entre 2 corps, équilibre chimique
- Biologie: équilibre proies-prédateurs
- Social: équilibre de l'offre et de la demande (la demande crée l'offre et réciproquement) –
Limites – Prix d'équilibre

Propriétés externes des systèmes

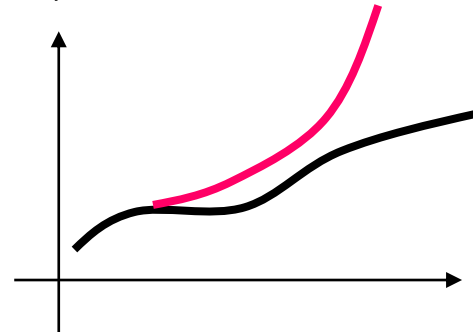
La stabilité



Trajectoire
asymptotiquement
stable



Trajectoire
asymptotiquement
neutre



Trajectoire
asymptotiquement
instable

Notion liée à l'équilibre
Notion liée à la perturbation
(changement de conditions,
changement de définition)

Systeme et Sous-systemes

Equilibre/Stabilité

Compensation des déséquilibres

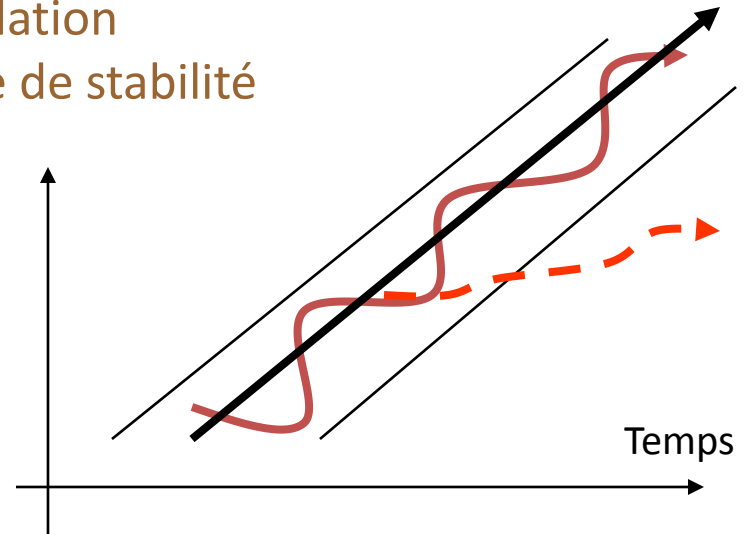
Absorption des perturbations
Oscillation
Perte de stabilité

Coordination/Différenciation

Pilotage
Variété

Frontière
Interfaces

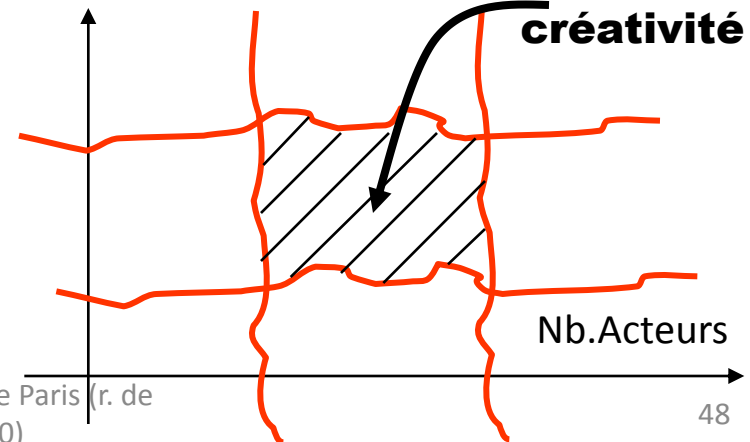
A la recherche de l'optimum



Créativité

Niv. Structuration

Zone de créativité

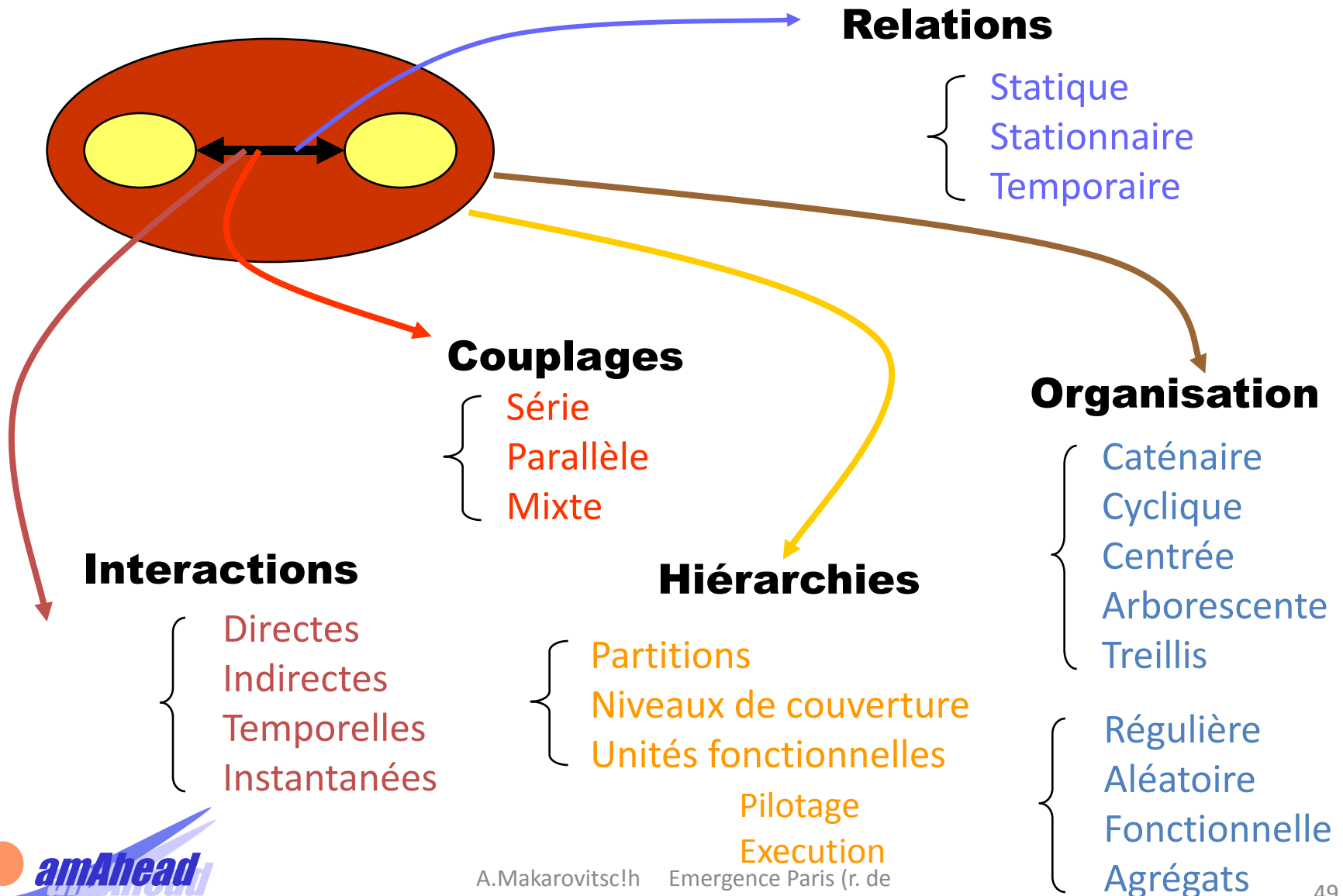


Coordination

Zone de Convivialité

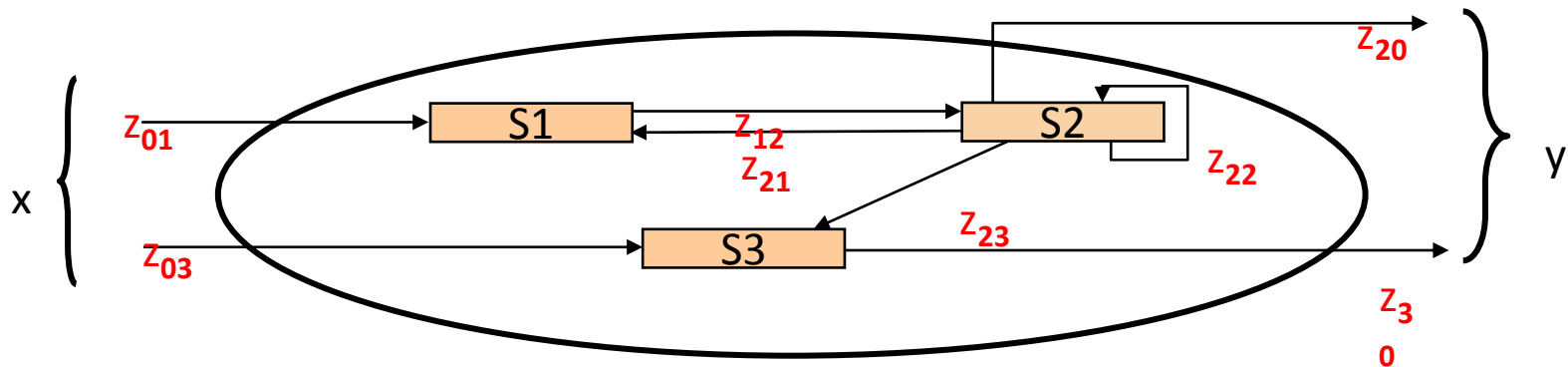
Différenciation

Systeme et Sous-systèmes



Système quasi-décomposable

- Quasi-décomposable : s'il peut être décomposé en sous-systèmes quasi-isolés S_i reliés entre eux et avec l'environnement.
 - Ensembles: Collection, groupe, membres, classes, agrégats, constellations, équipe.
 - Éléments: objets, membres, unités, individus
- Réseau d'interaction entre sous-systèmes et e/s de chaque sous-systèmes
- Relations liant les e/s du système aux relations des sous-systèmes avec l'environnement



Hyposystème = qqs sous-systèmes (s/s) avec toutes leurs relations

Infrasystème: tous les sous-systèmes avec quelques relations

Systeme quasi-décomposable

- Liaisons entre sous-systèmes:
 - Un canal qui supporte la liaison et un flux qui passe dans le canal (information, matière, énergie, ...)
 - Type **statique**: liaisons fixes entre sous-systèmes
 - Type **stationnaire**: flux fixes entre sous-systèmes
 - Type **temporaire**: phénomène enchaînés les uns aux autres et ordonnées dans le temps
- Systèmes unidirectionnels et pluridirectionnels (un ou plusieurs types de relations: énergie, matière, informations)

L 'Organisation

- Agencement de relations entre les composants qui permet l 'émergence de nouvelles propriétés
 - » exemple des isomères: même formule chimique et même masse, structure différente, comportement différent.
- Aspect structurel: l 'organigramme
- Aspect fonctionnel: le programme
- Implique:
 - Une certaine stabilité
 - But(s)

Mode d'organisation mixte

- Un système peut être décomposé en sous-système de deux types:
 - Unités d'exécutions E_i qui transforment des variables d'entrée u_i en variables de sortie y_i moyennant des variables de commande m_{ji}
 - Unités de pilotage P_j échangeant éventuellement entre elles des informations et déterminant à partir d'informations sur les entrées-sorties des unités d'exécution, les variables de commande m_{ji}

Propriétés internes des systèmes

Coordination

- Pour un système finalisé, le comportement d'un s/s peut être défavorable à la réalisation de ses finalités

- Si modification défavorable:

Exclusion (rejet de certains s/s)

Domination (limitation de l'action de certains

Ajustement (modification de la structure du système)

Exemples

- Physique: système artificiel capable de coordination
- Biologie: lutte contre corps étrangers, comportement de domination, adaptation à certaines transformations (vieillesse)
- Social: entreprise: exclusions de certains membres, emploi de la contrainte (domination juridique ou idéologique), transformation (ajustements de l'organisation)
- Plus généralement tout système où les membres poursuivent leurs objectifs propres à travers ceux de l'organisation et inversement

Le comportement

Le comportement dépend :

De l'environnement

Stable ou fluctuant

Transitoire ou durable

Des finalités

Recherche de stabilité, d'optimalité
ou de satisfaction

Des moyens

Disponibilité / Manque

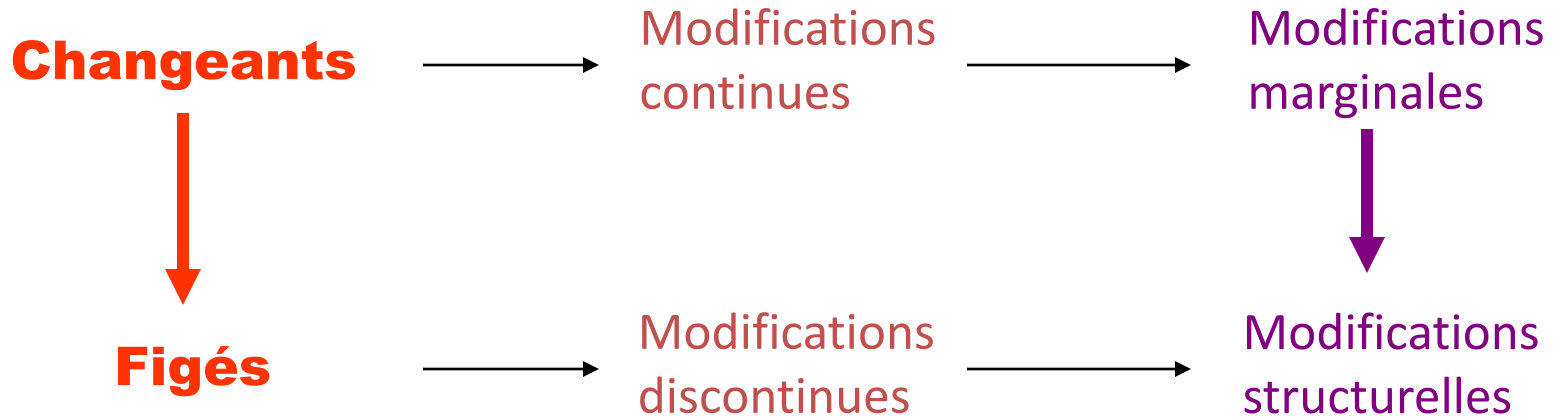
Coût

Le comportement et des relations qui en découlent

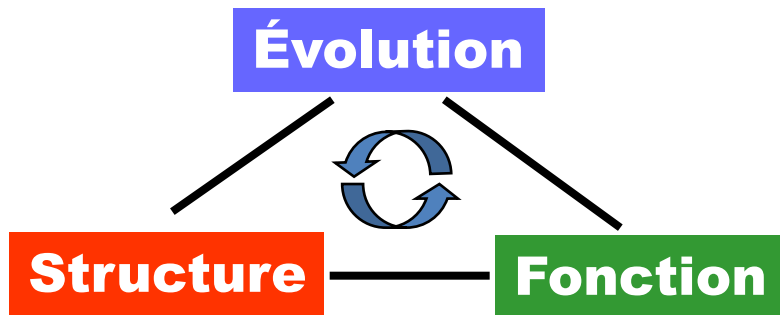
- Relation **environnement / finalité**
 - Favorable / défavorable
- Relation **action système / environnement**
 - Modifiabilité de l'environnement
- Relation **action système / finalité**
 - Mobilisation

Systeme et Temps

Les niveaux de changement



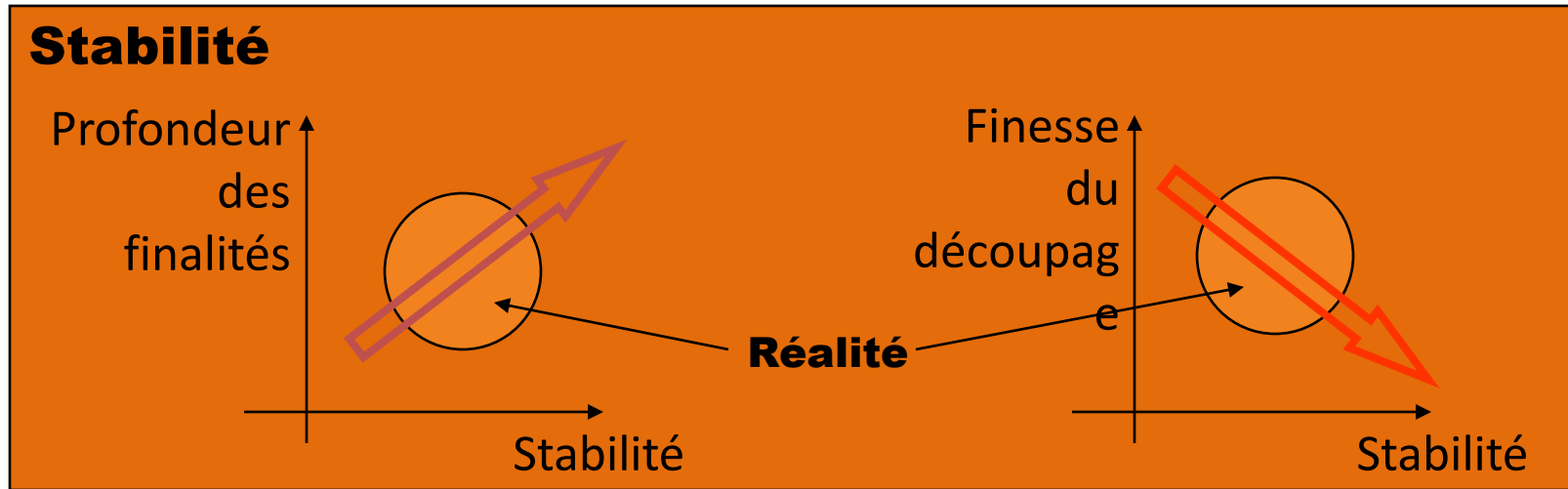
Relations croisées



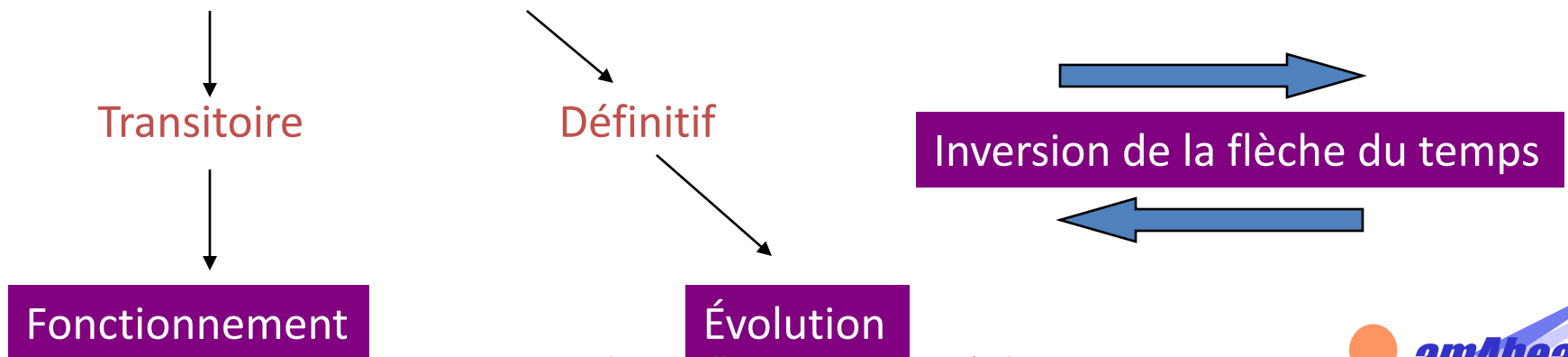
Types de sous-systèmes

- Substituable
- Fonctionnel
- Neutre
- Disfonctionnel
- Complémentaire
- Antagoniste
- Indépendant

Systeme et Temps



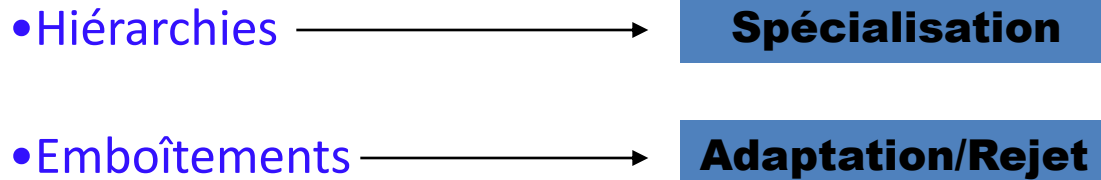
Reversibilité/Irreversibilité



Systeme et Temps



Organisation



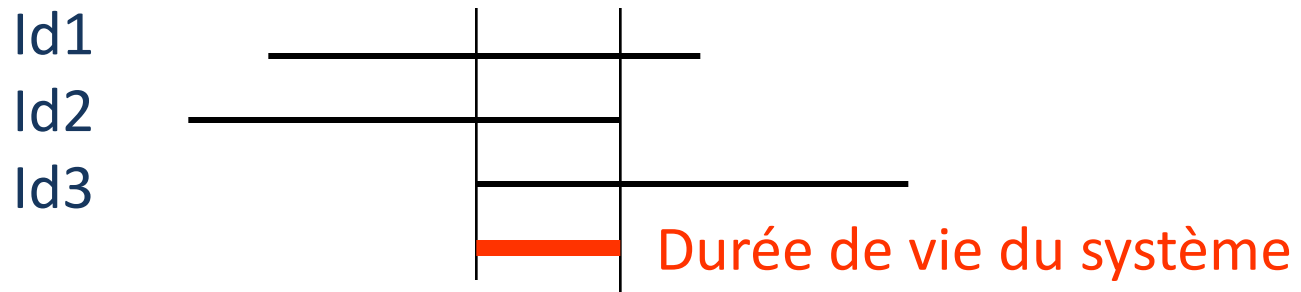
Apprentissage

Complexification

Invariants

*Identité du système

*Caractéristiques qui se conservent malgré les transformations subies par le système



>Spatial/géométrique

Translation, rotation,...

>Temporel

Périodicité, réversibilité,...

>Qualitatif (concerne les rapports S/SS et S/E)

>Spatio-temporel

Rotation uniforme,...

Transformation de l'environnement

Substitution de SS

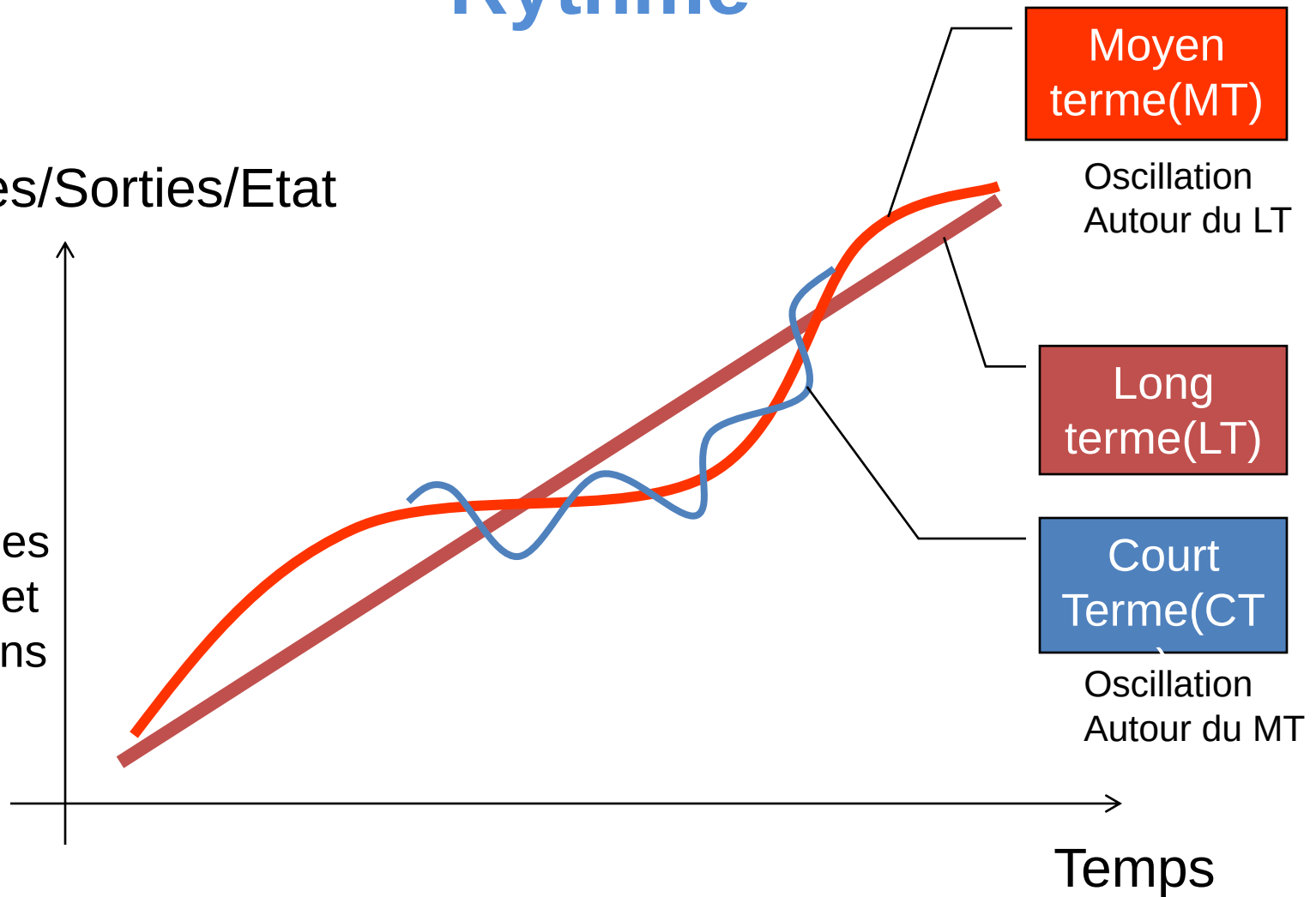
Changements d'état

Ex: énergie, température, sens,...

Rythme

Entrées/Sorties/Etat

Phénomènes
principaux et
perturbations

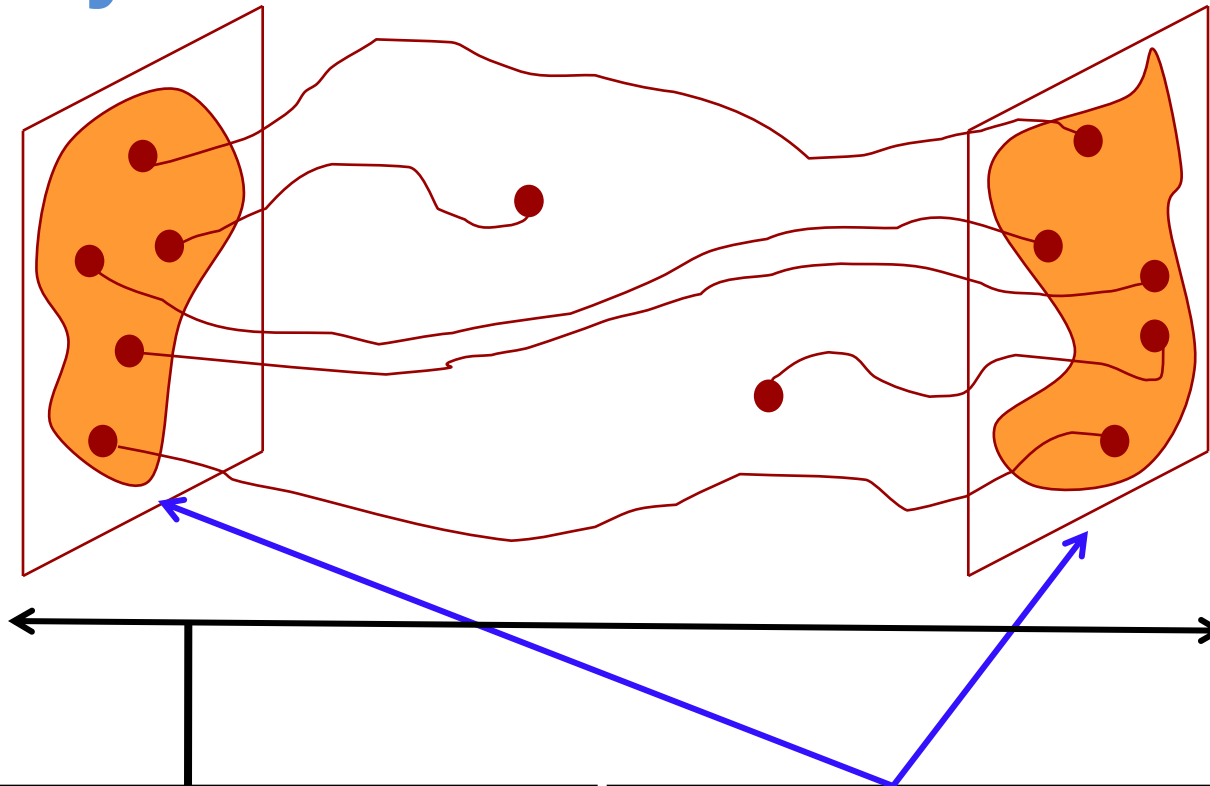


L'évolution correspond à une superposition de caractéristiques qui ont des rythmes différents

Synchronisme/Diachronisme

Stabilité
Adaptation
Apprentissage

Ouverture
Equilibre
Organisation



**Propriétés concernant
les relations entre
mêmes caract.
À « t » et « t+dt »**

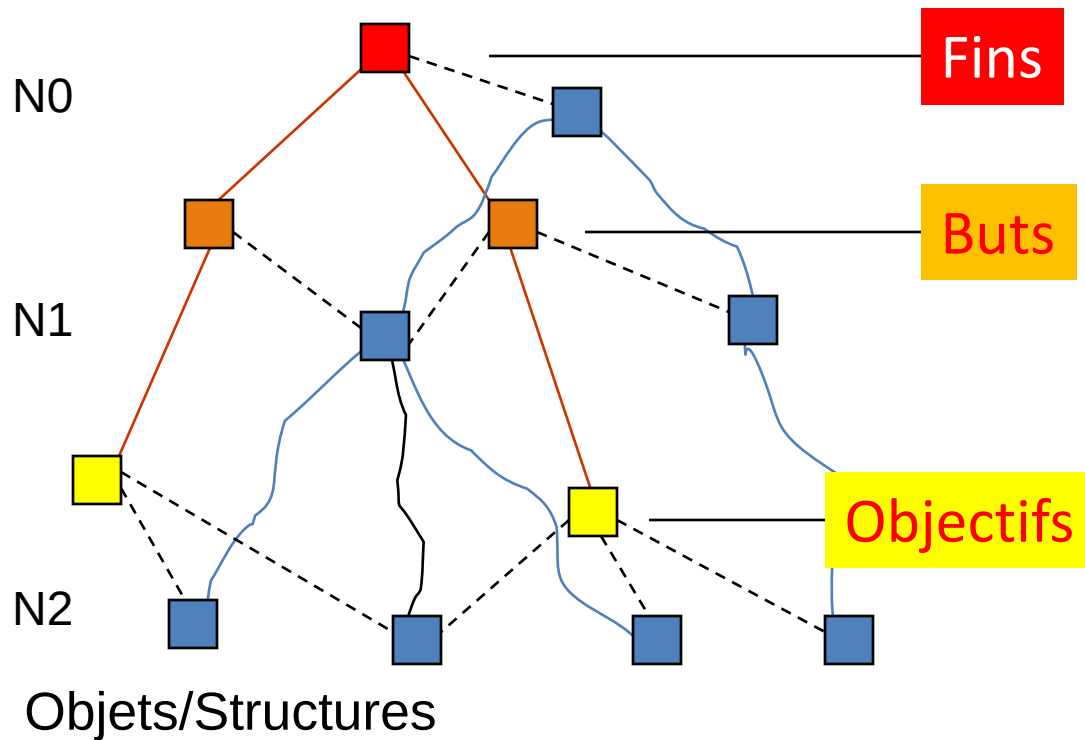
Analyse
longitudinale

**Propriétés concernant
les relations entre
caract. du système
à « t » ou « t+dt »**

Analyse
transversale

Toute structure a une génèse, toute génèse est transition entre structures

Hiérarchie des invariants temporels et hiérarchie des Finalités



L'expression des finalités du niveau X par des caract. invariantes du niveau correspondant à X dans la structure (caract. structurelles d'ordre X)

Par rapport à une fonction:

Le Système peut être:

- Fonctionnel
- Dysfonctionnel
- Afunctionnel

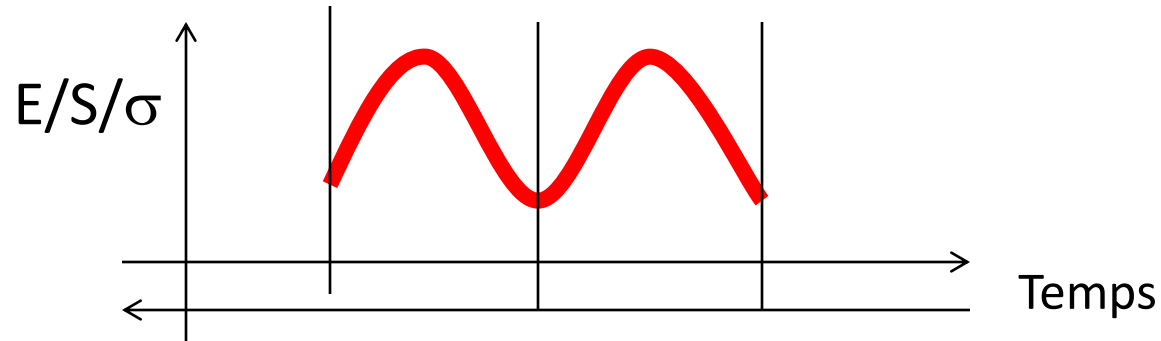
Les SS peuvent être:

- Substituables
- Complémentaires
- Antagonistes
- Indépendants

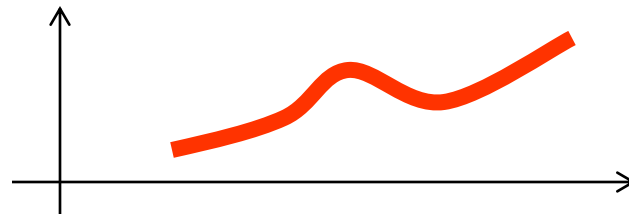
Réversibilité/Irréversibilité

Est une propriété qui se réfère à l'évolution des caractéristiques du Système

Réversible: la trajectoire ne change pas quand on inverse la flèche du temps



Irréversible: la trajectoire n'a qu'un sens

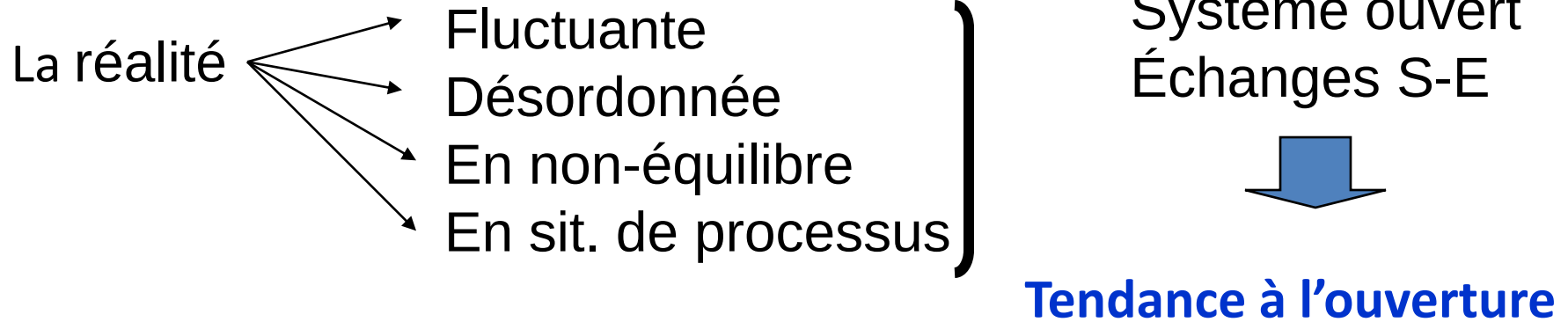


L'évolution est plus irréversible que le fonctionnement

Réversibilité/Irréversibilité

Système **réversible** >>>>> changement **transitoire**

Système **irréversible** >>>>> changement **définitif**



Temps

[Réversible
Irréversible

Structure

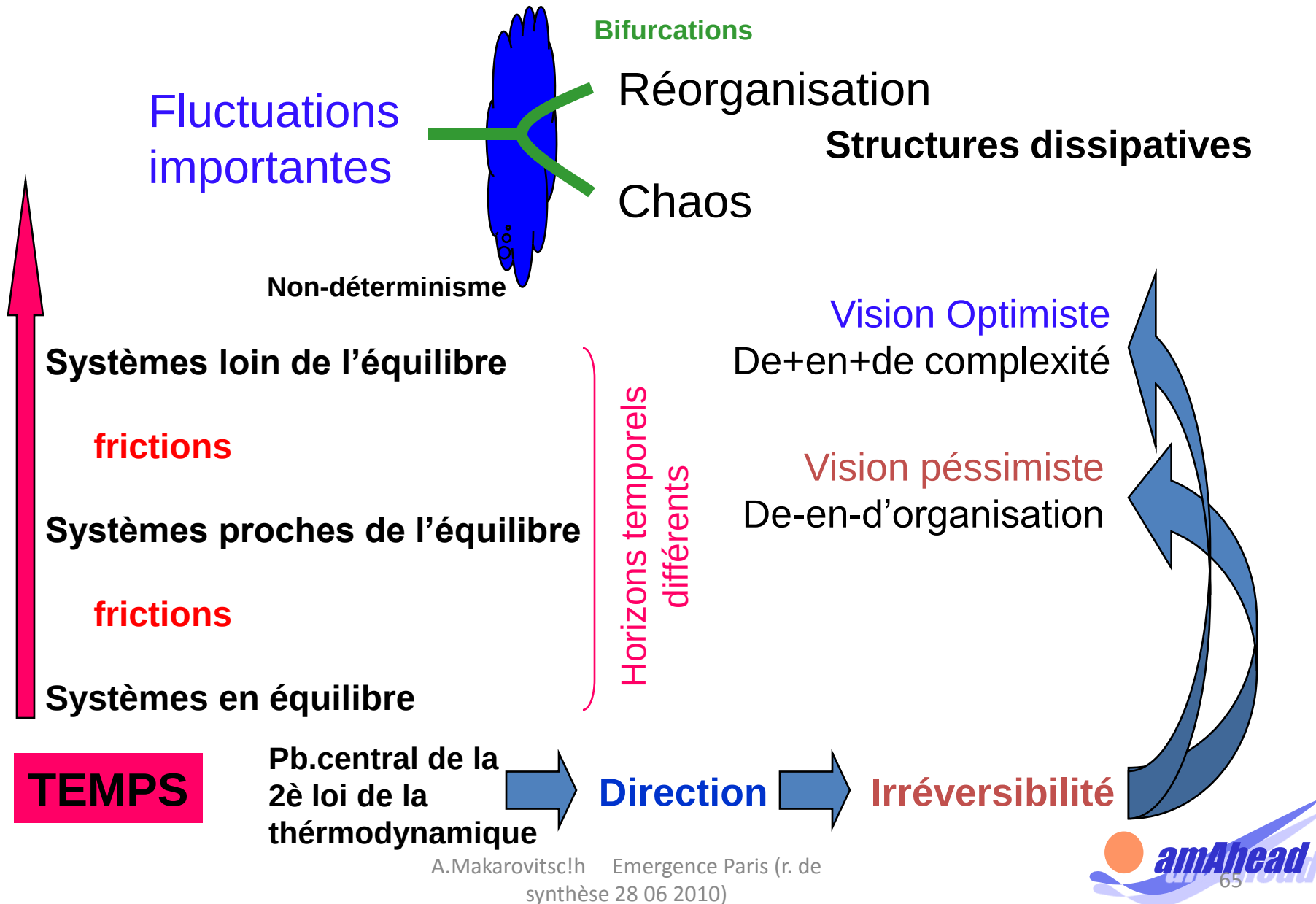
[Ordre
Désordre

Déterminisme

[Chance
Nécessité

Chacun joue son rôle en partenaire dans la destinée

Réversibilité/Irréversibilité



Evolution

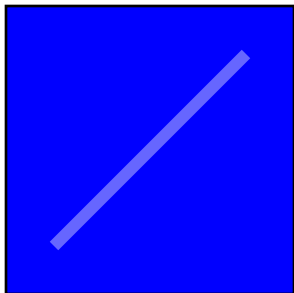
- Monotone

Sens constant (ex: sablier)
Phases d'accél./décel.

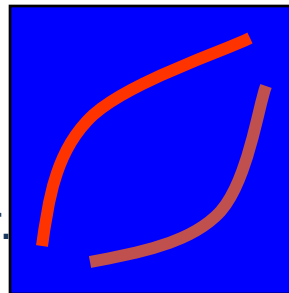


- Périodique

Passage par un même état à chaque période (ex: pendule)

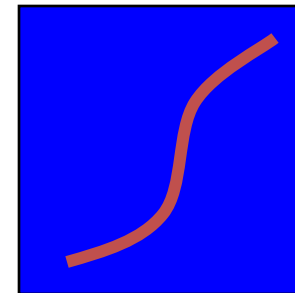


Linéaire

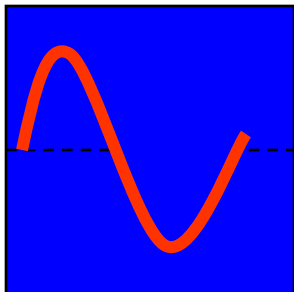


Accélér.

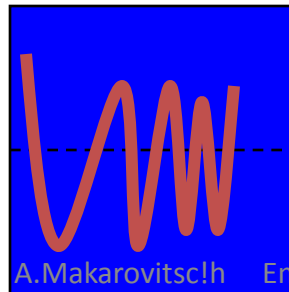
Décélér.



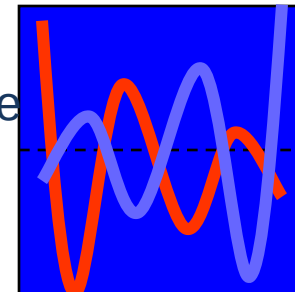
Saturation



Cyclique



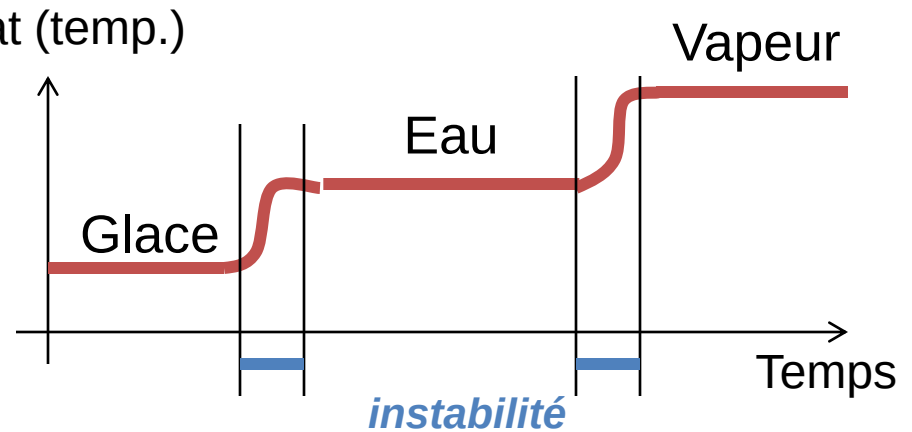
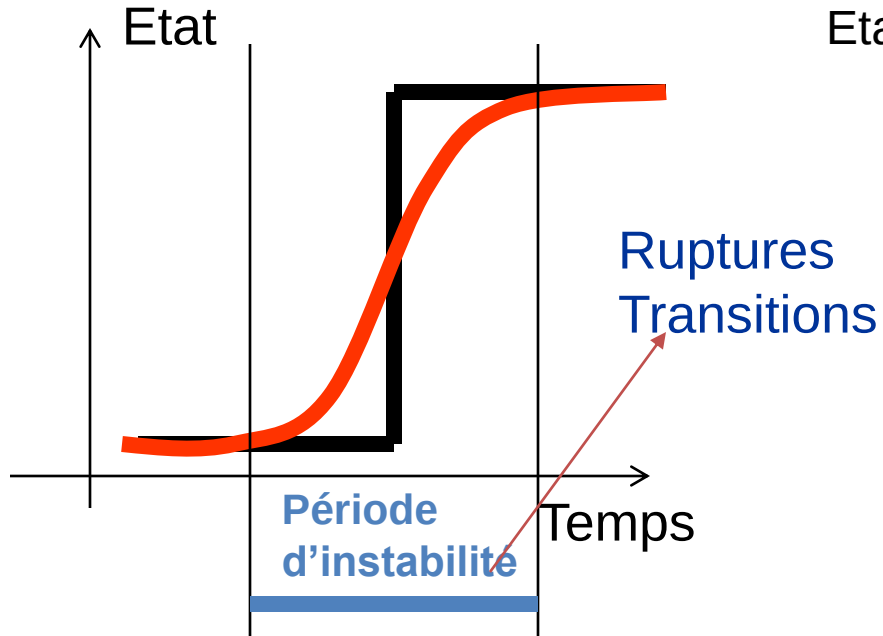
Période
décroissante



Amplification

Amortiss.

Continuité/Discontinuité



Les caractéristiques peuvent être continues ou discontinues

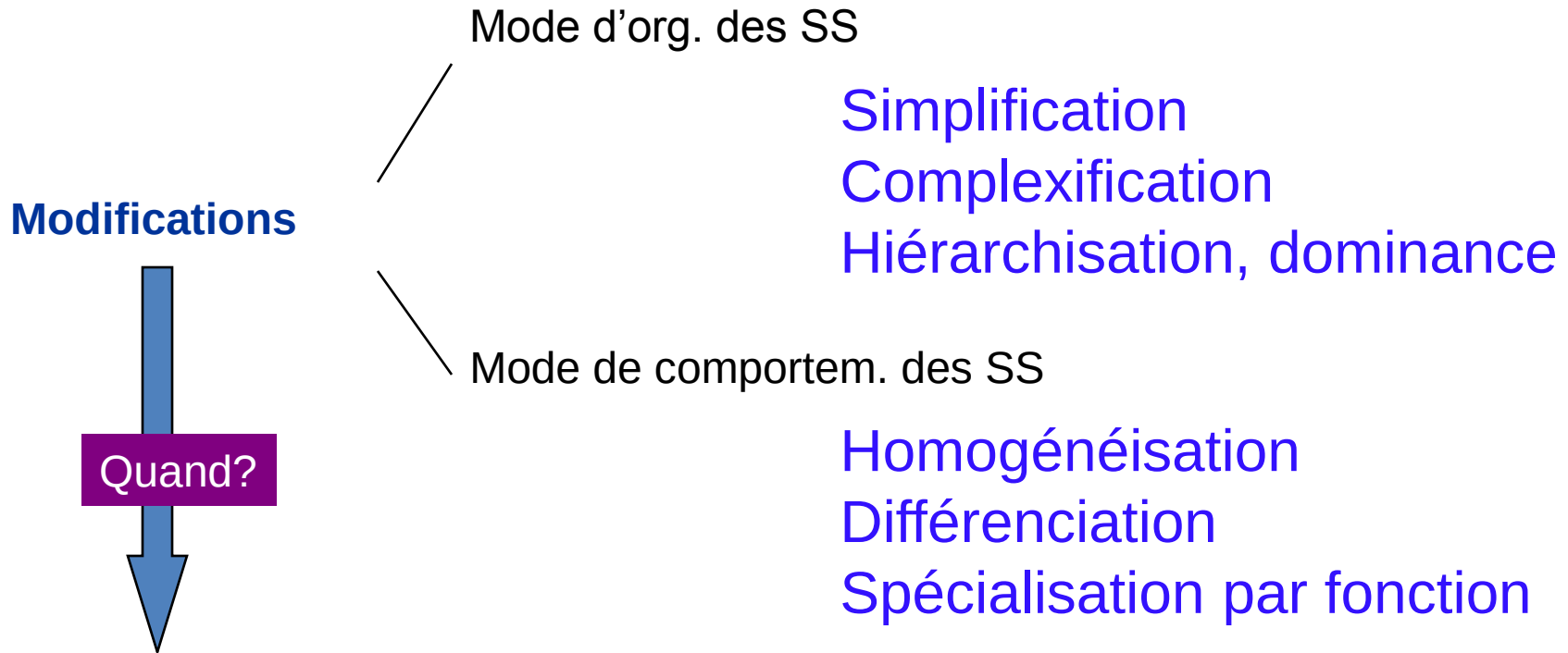
Principe de continuité:
tout changement apparemment discontinu est en fait continu

A chaque instant il existe dans un système:

- >> Les traces d'un ancien état
- >> Les germes d'un nouvel état

Auto-organisation

Evolution permettant de mieux suivre les finalités



Lors de modifs lentes et continues de l'environnement
ex: Croissance (emboîtements)

Lors de modifs brutales provoquées par l'environnement
ex: greffe (adaptation ou rejet)

Auto-apprentissage

Adaptation à l'environnement actuel en fonction de l'expérience

Les structures d'un système peuvent être:

- favorables aux finalités
- défavorables aux finalités

L'auto-apprentissage se base sur:

- **la mémorisation**
- **l'essai/erreur**
- **la relation E/S (la réponse aux stimuli)**

Exemples:

- les systèmes physiques n'ont pas d'a-a
- les systèmes bio sont typiques de l'a-a (anticorps)
- les systèmes sociaux ont de l'a-a (école, milieu)

La régulation des systèmes

Déplacement continu des tensions entre système, sous-systèmes et environnement



Régulation et autorégulation

Passive >> atténuer les perturbations (filtre, tampon)

- isolants
- carapace
- protectionnisme

Active >> absorber les perturbations (compensateur)

- thermostats
- processus homéostatique
- planification

Système

- Quelque chose
- Qui, dans quelque chose
- Pour quelque chose
- Fait quelque chose
- Par quelque chose
- Devient quelque chose

- Identité
- Environnement
- Finalité
- Activité/Fonctionnement
- Structure
- Evolution



La « vie artificielle »

(Artificial life – AL –Alife)

- Artefacts qui ont des comportements et des caractéristiques plus ou moins semblables aux êtres vivants
- Définition précise difficile
- Approches diverses

Question: Continuum du non-vivant au vivant?

Comprendre l'origine, l'évolution, la diversité

	minéral	virus	vivant	
croissance		x	x	
dynamique propre		x	x	
reproduction			x	

Global



Feed-back
inter niveau

Sous-ensembles flous - SEF (Fuzzy sets)

- Un sous-ensemble courant peut être considéré comme un cas particulier d'un sous-ensemble flou.
- Un SEF possède 3 propriétés principales:
 - Un univers du discours s'appuyant sur un ensemble de totalement ordonné (*axe des X de la représentation*).
 - Une fonction d'appartenance (membership function) qui définit le degré d'appartenance d'un élément à l'ensemble (*axe Y de la représentation*).
 - La représentation du SEF: l'ensemble des points associant chaque point sur l'intervalle de valeur à chaque point de la fonction d'appartenance ($Y = f(X)$).

Définition d'un SEF

- Représentations courantes

$$\tilde{A} \in E$$

$$\tilde{A} = \{ x_i \mid \mu_A(x_i) \}$$

$$\tilde{A} = \begin{array}{c} x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad x_4 \quad x_n \quad x_m \\ \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 0 & .7 & .6 & & 1 & .2 \\ \hline \end{array} \end{array}$$

Automates Cellulaires

Caractéristiques

Système de cellules interconnectées - le **monde** -
avec chacune un **état**

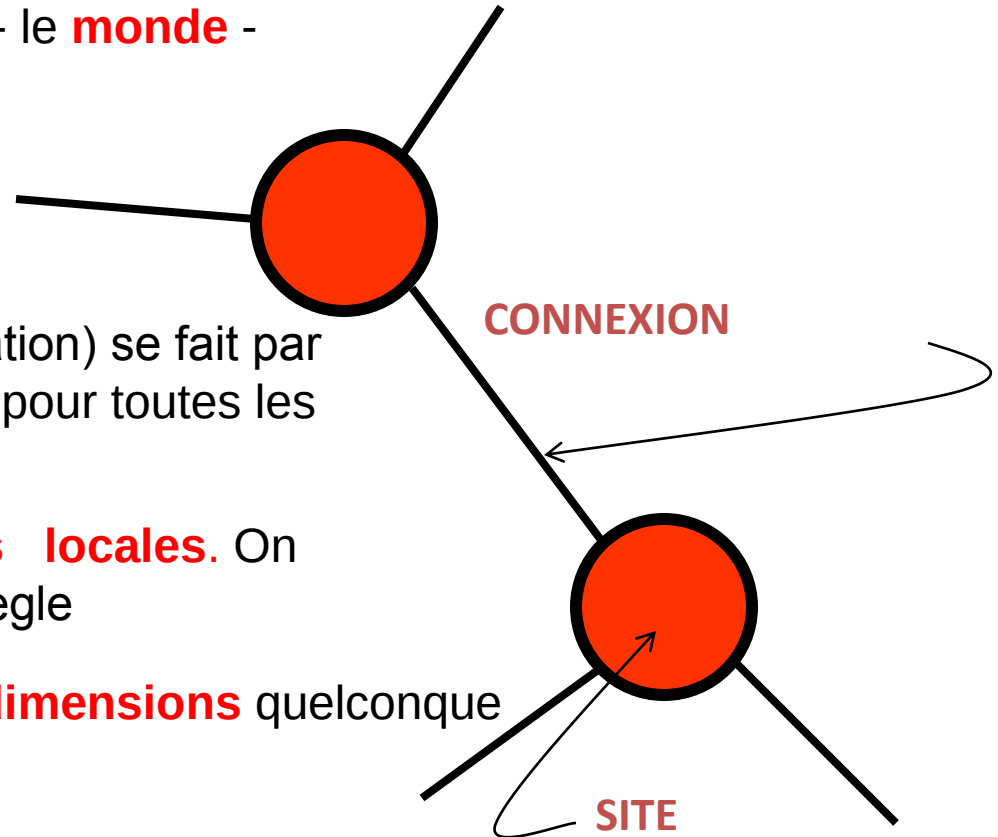
Le **temps** est discret

Le système est **déterministe**

Le changement d'état (de la configuration) se fait par
application d'un jeu de **règles** unique pour toutes les
cellules

Les règles régissent des **interactions locales**. On
peut parler de portée spatiale d'une règle

Le monde peut avoir un **nombre de dimensions** quelconque



Dimensions d'un AC

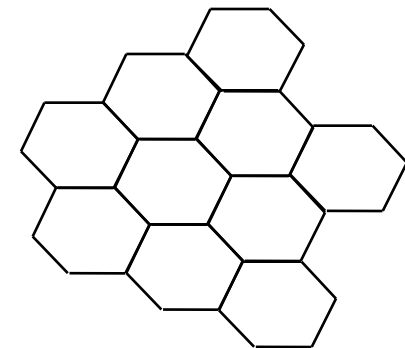
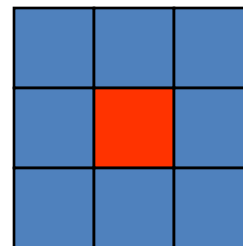
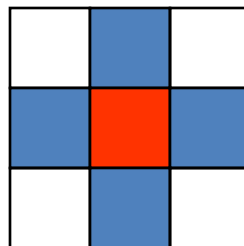
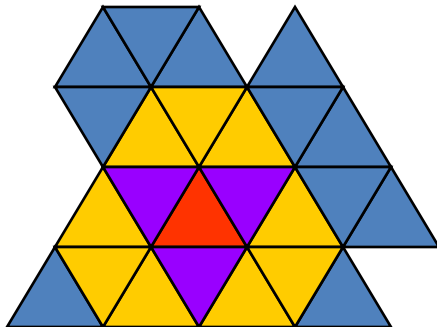
Règle générale: les cellules sont pareilles et ont chacune le même nombre de connexions

>>exception: les pavages de l'espace avec des cellules différentes

- Une dimension: cellules alignées >> maxi 2 voisins



- Deux dimensions: surface de cellules liées entre elles en fonction des possibilités de pavage de l'espace

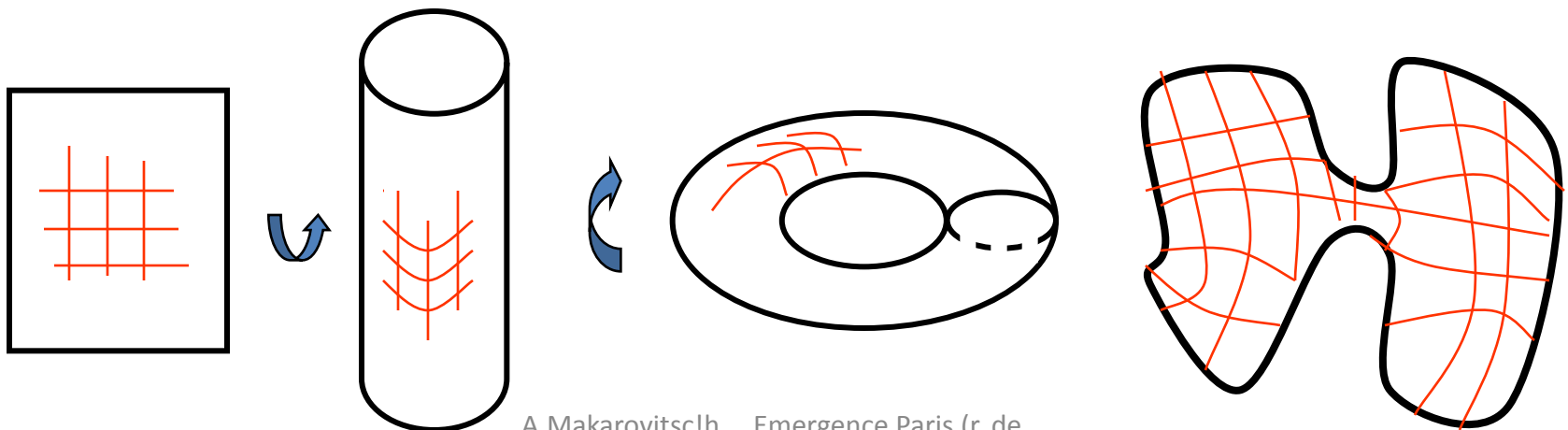


- N dimensions: espace quelconque difficile d'utilisation

AmAhead - Université de la Méditerranée - Marseille
synthèse 28 06 2010)

Monde

- Univers artificiels permettant de modéliser des phénomènes de toutes natures
- Sortie facile de l'univers des AC pour rejoindre celui de la VA
- Occupation du monde par des cellules dans des états différents
 - >> configurations
- Règles non-uniformes sur l'ensemble du monde >> régions
 - >> règles qui s'appliquent selon une loi de présence
 - >> règles dont le pouvoir s'atténue avec la distance
- Formes et structures différentes

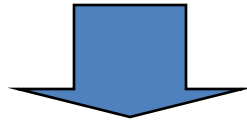


État

- Changement d'état à chaque « tic » d'horloge
 - >> génération
 - >> via des règles et des méta-règles
 - >> l'ensemble des états à un moment donné est une configuration
- États simples ou complexes (à plusieurs variables)
- États fixes sur une période
- États différents en fonction de la région

Théorie des Jeux

La théorie des jeux considère des joueurs parfaitement rationnels dont l'objectif unique est de gagner



Si vous savez que:

- vos partenaires sont parfaitement rationnels (connaissent et appliquent parfaitement l'arbre de décision)
- veulent gagner
- vous jouez pour obtenir le meilleur résultat

ALORS:

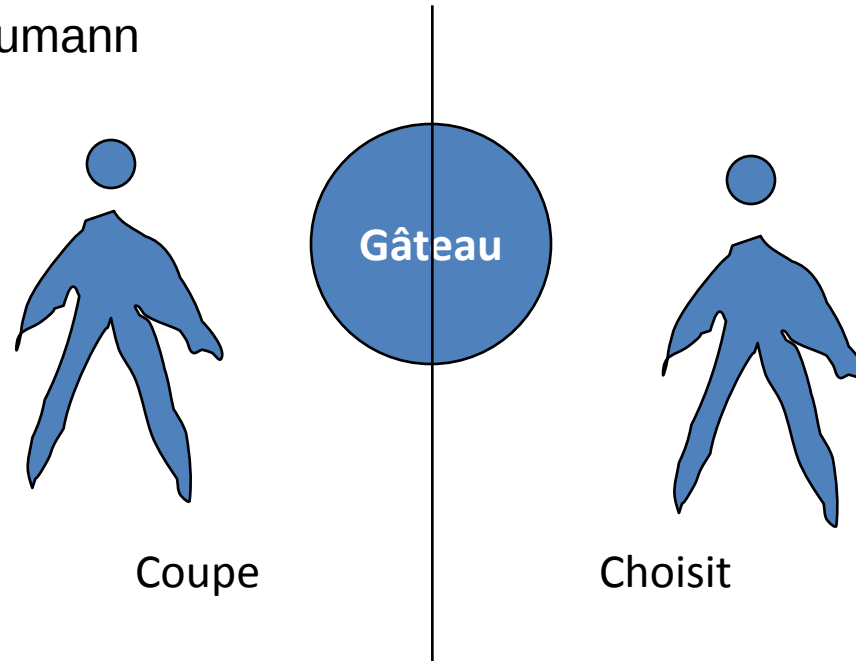
- analyse selon la TJ

**« There ain't no such thing as a free lunch »
-TANSTAAFL-**

« on n'a rien pour rien »

Le maximin

Formalisé par J von Neumann



Stratégies possibles:

- celui qui coupe

 - deux parts aussi égales que possible
 - une part plus grosse que l'autre

- celui qui choisit

 - le plus gros morceau
 - le plus petit morceau

Le dilemme du prisonnier (la version itérative)

Exemple:

	B refuse	B témoigne
A refuse	1an; 1an	3ans; libéré
A témoigne	libéré; 3ans	2ans; 2ans

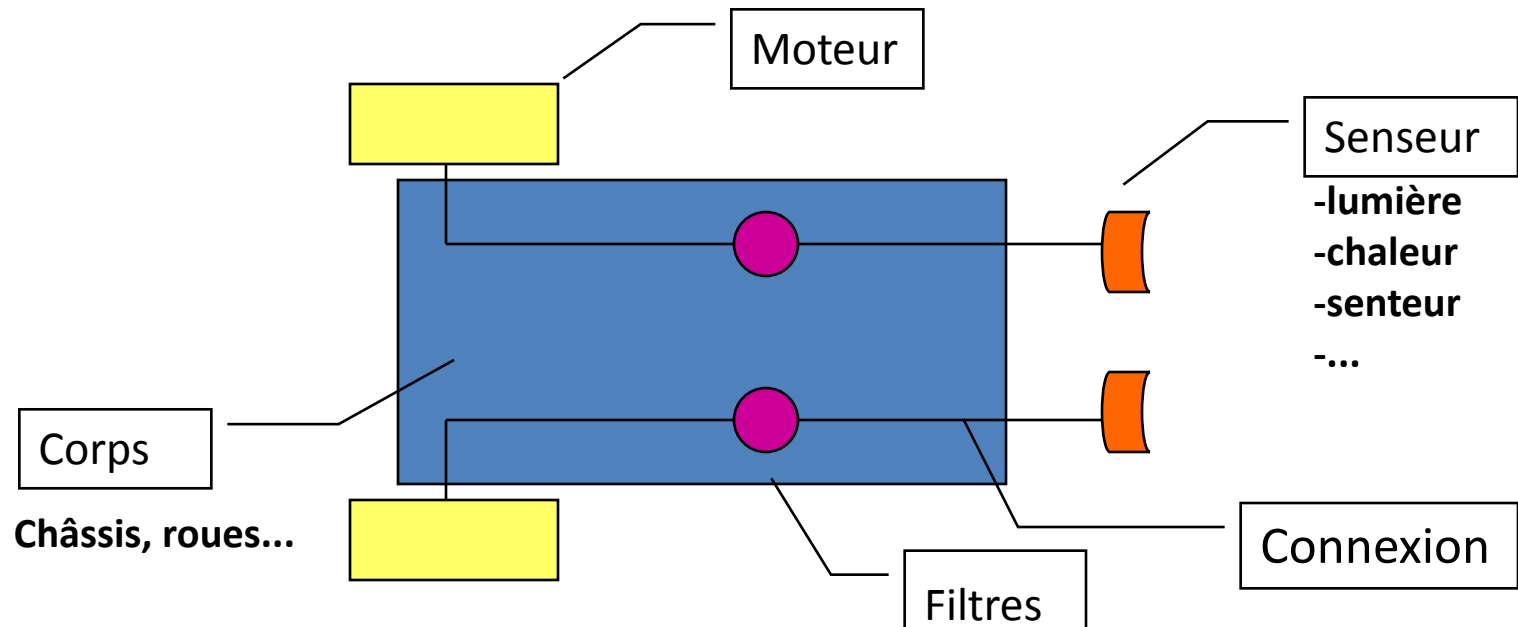
- La stratégie du « TIT for TAT » (donnant-donnant), semblerait la meilleure façon de maximiser le gain.
- Diverses autres stratégies ont été essayées
- Une nouvelle façon de jouer avec des joueurs qui se reconnaissent...il semble qu'ils font mieux que TIT for TAT

Les véhicules

Une expérience très formatrice pour l'approche systémique

Leur inventeur: Valentino Breitenberg

Livre: VEHICLES



Si $Se < A$ alors $Ss = 0$

Si $Se > A$ alors $Ss = k$

... ou l'inverse

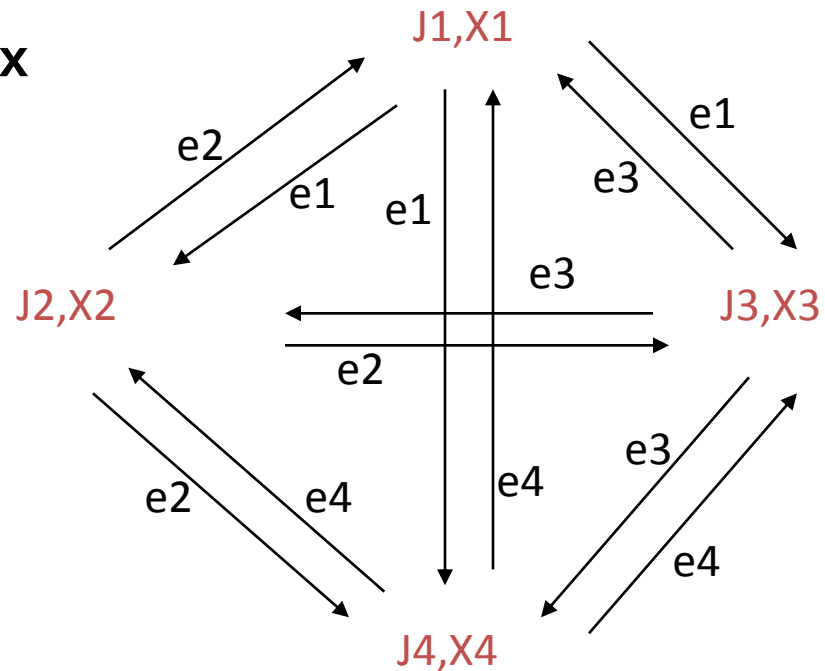
Le bridge

**Un jeu complexe à quatre
joueurs par équipes de deux**

Joueur: J_i {caractéristiques}
 X_i {valeur objective}

Enchères

- Décision d'expression
- Expression ($e_1 \dots e_4 \dots e_{4n}$)



$$e_4 = f(J4, X4, e_1, e_2, e_3)$$
$$e_{N4} = f(J4, X4, e_1, \dots, e_{N3})$$

Complexification

1er tour

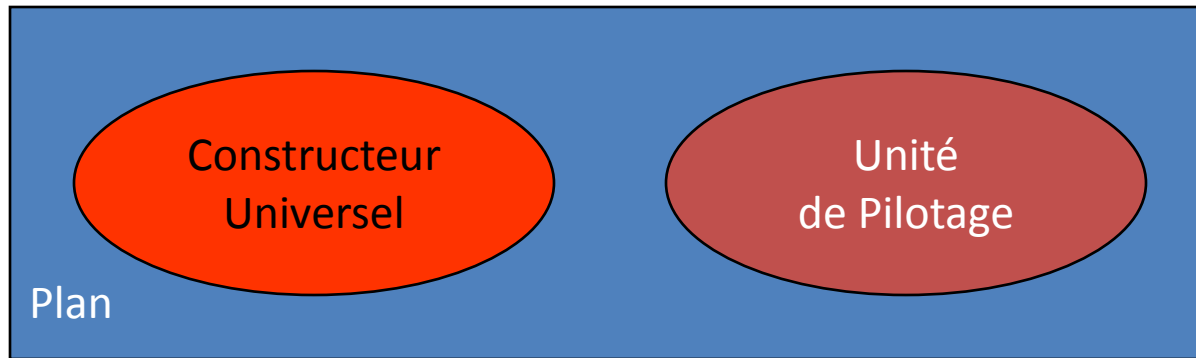
N ième tour

Le GO, un formidable outil d'apprentissage de la complexité

- Partager, mettre en place des stratégies de coexistence
- Être souple
- Construire des réseaux pour plus d'efficacité
- Manager dans le mouvement, être proactif
- Nouvelles formes de stratégies pour manager le changement
- Ne plus rejeter les initiatives globales en faveur d'action locales
- Mettre en place des mémoires collectives stratégiques qui permettent d'apprendre à partir des erreurs
- ...et beaucoup d'autres choses, comme mieux se connaître

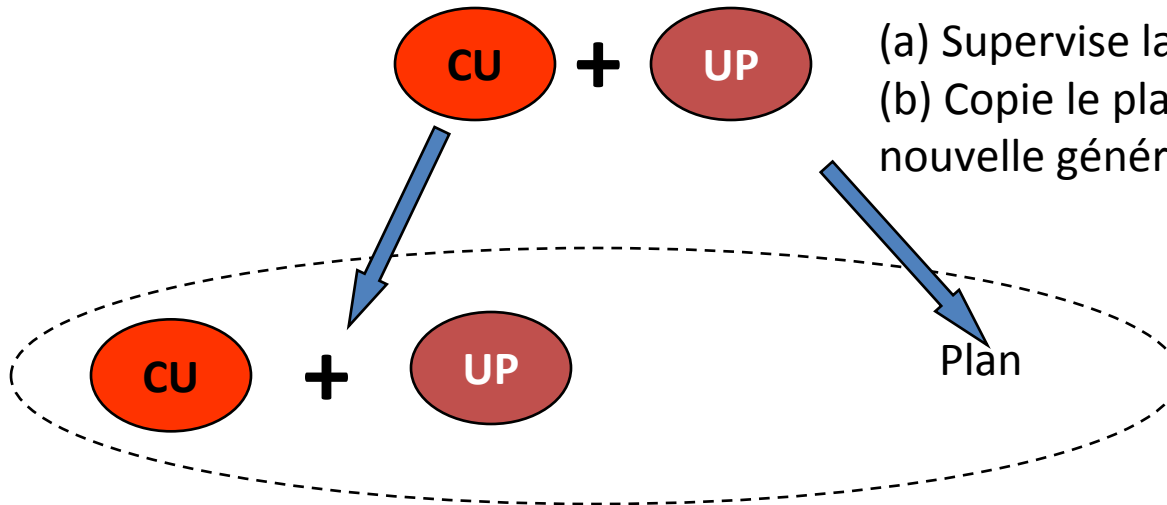
L'automate de J. von Neumann

29 états des cellules
Très grand nombre



UP:

- (a) Supervise la construction de CU+UP
- (b) Copie le plan (CU+UP) et le transfère à la nouvelle génération



Le plan est interprété de deux façons:

- Pour construire
- Pour se copier

Algorithmes génétiques

Encodage d'un chromosome

Le chromosome doit « coder » l'information sur la solution

Le codage peut être de diverses natures:
binaire, nombres réels, arbres

Exemple de codage binaire

1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Croisement (crossover)

Méthode: choix aléatoire d'un point utilisé pour le croisement

1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

.....Point de croisement.....

1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Mutation

Méthode: intervient normalement après un croisement

Point de mutation

1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

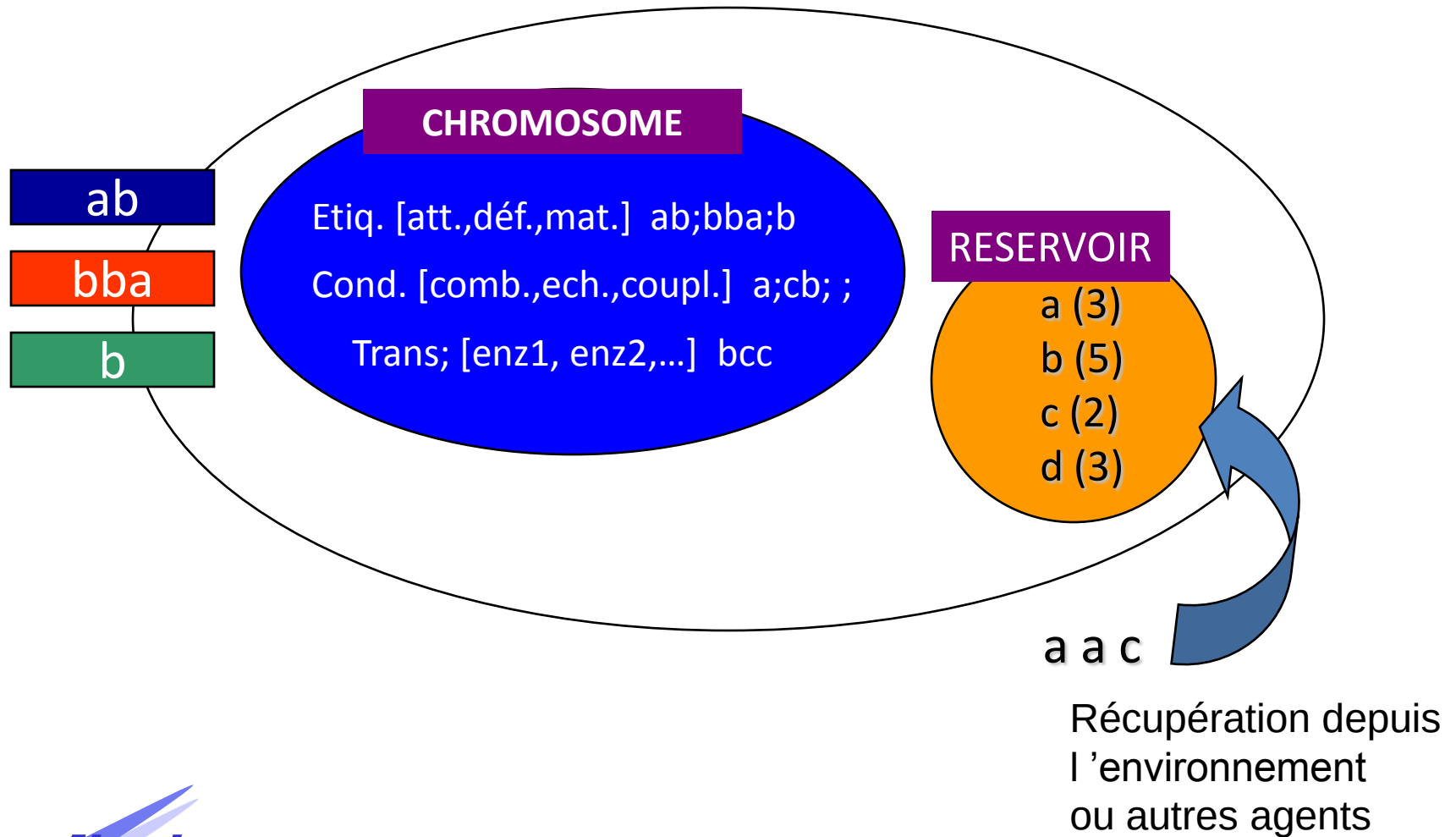
1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

.....

1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

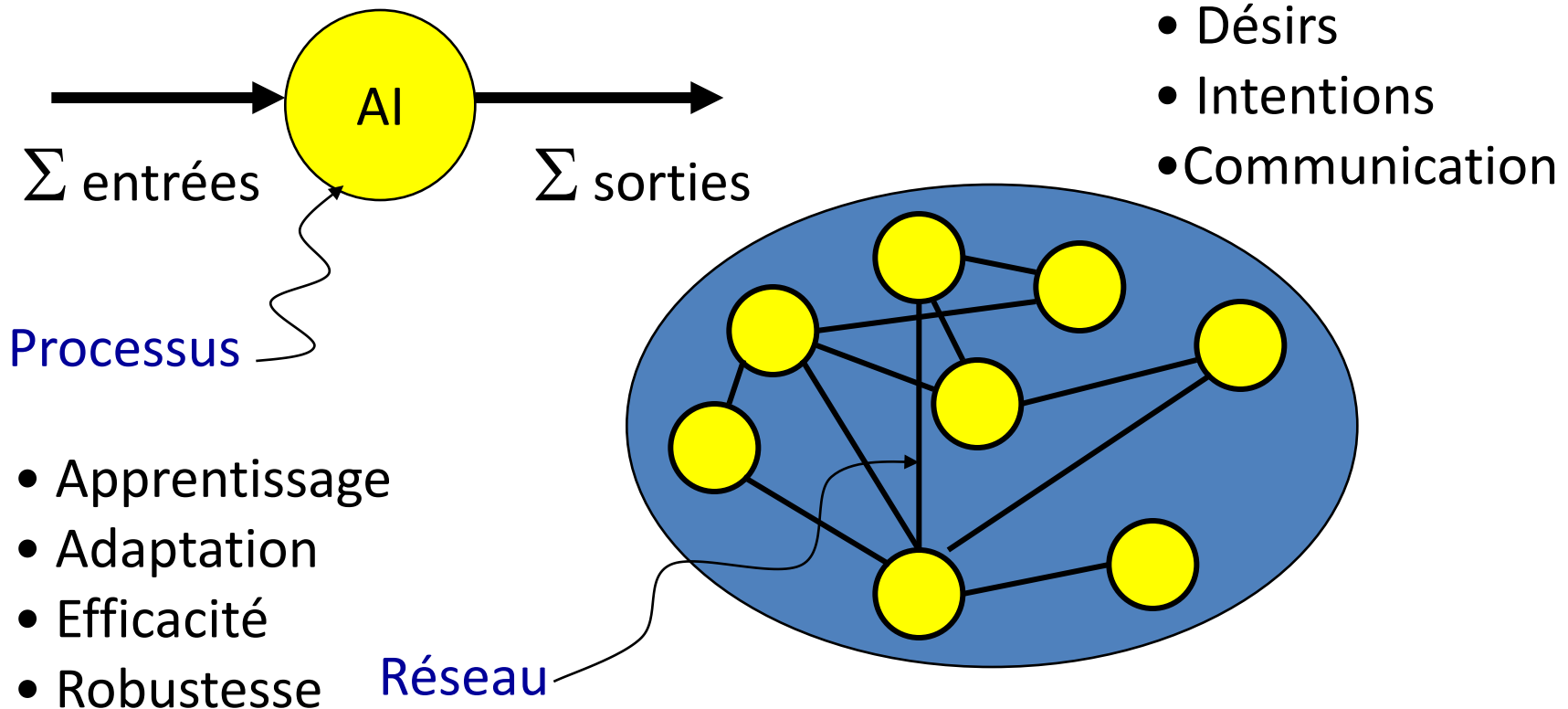
L'agent



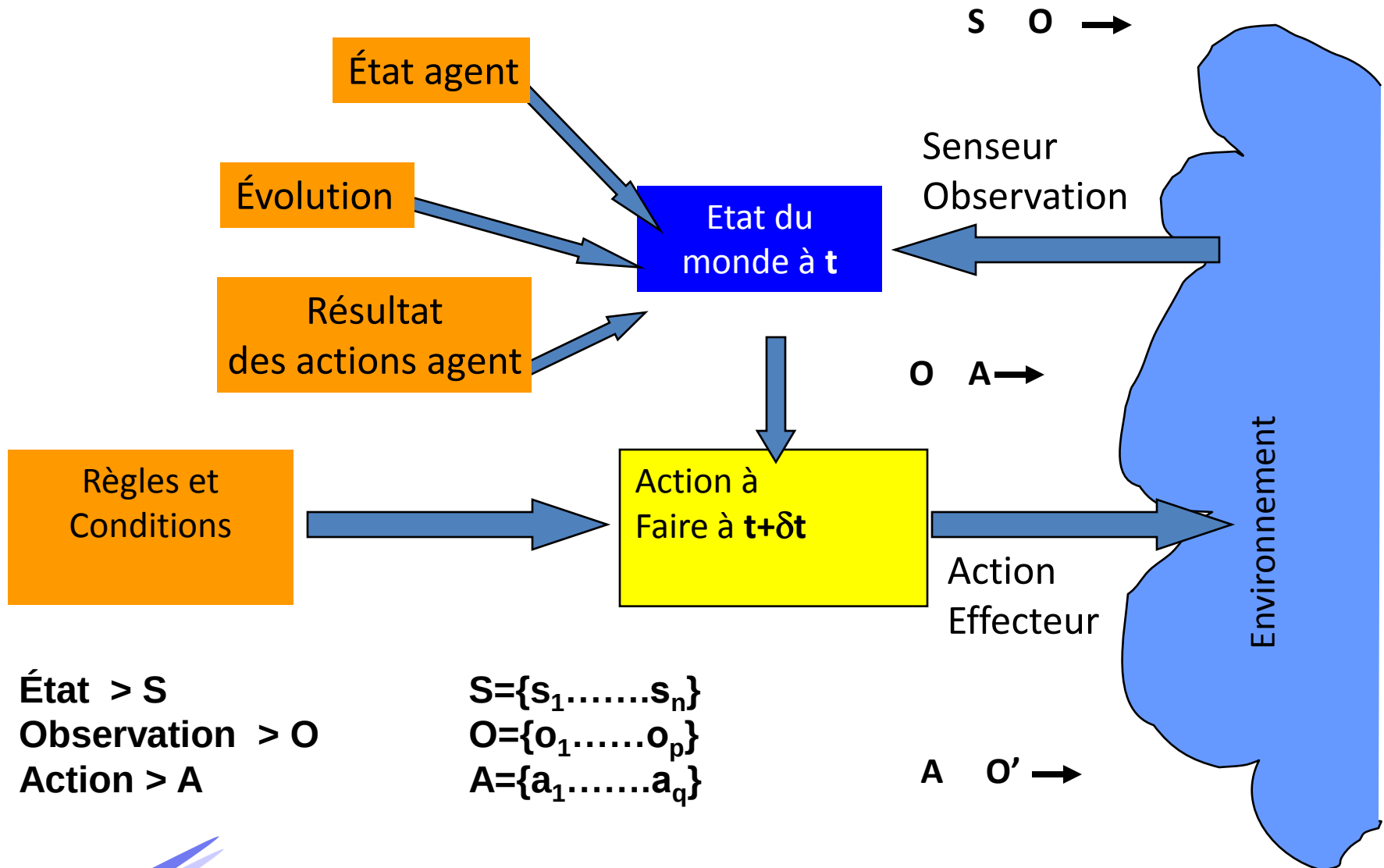
Agent « Intelligent »

Entité **autonome** qui agit dans un monde - interagit avec d'autres agents ou avec l'environnement - dans un cadre régi par un but.

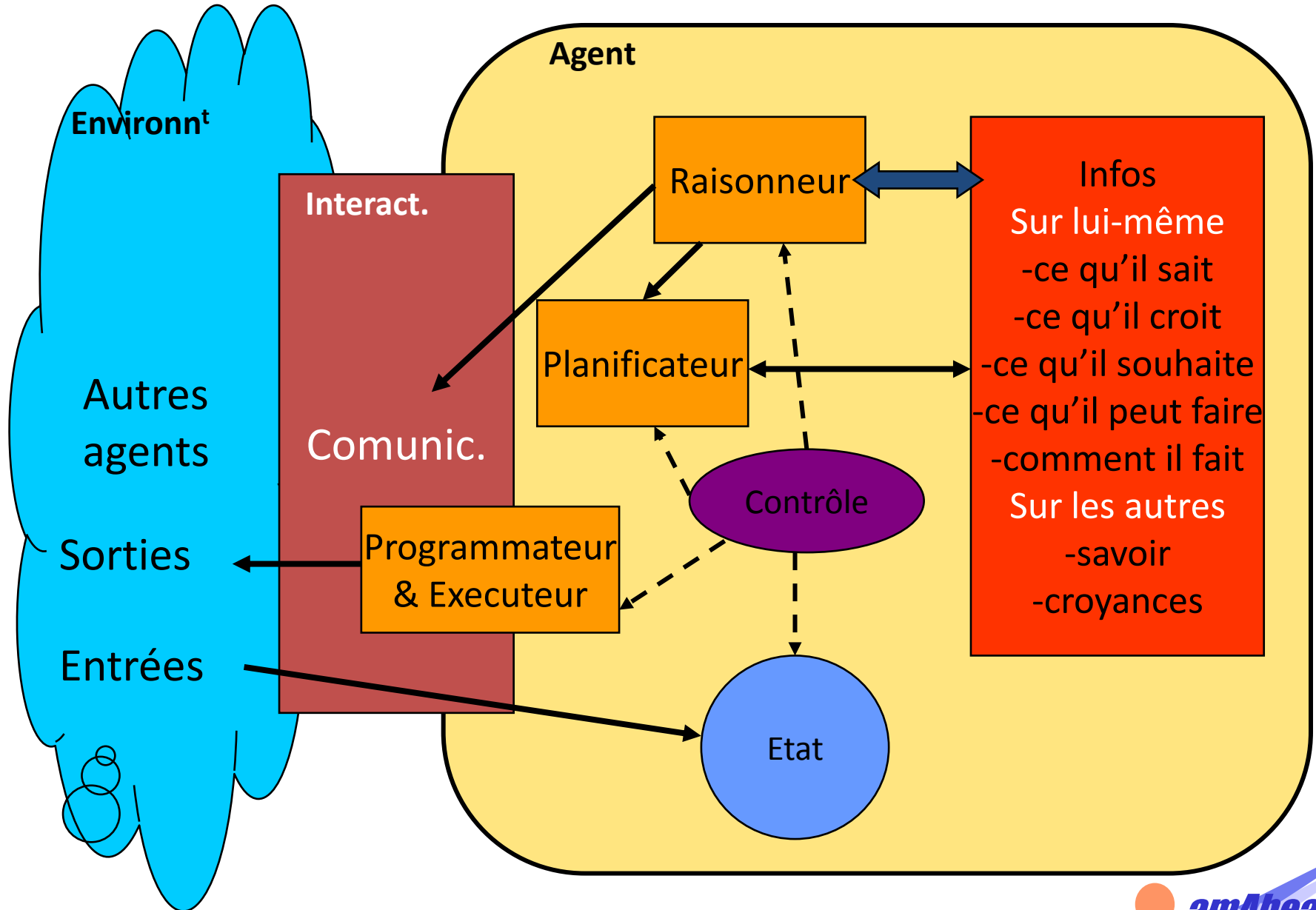
La grande ambition: les faire ressembler le plus possible aux humains



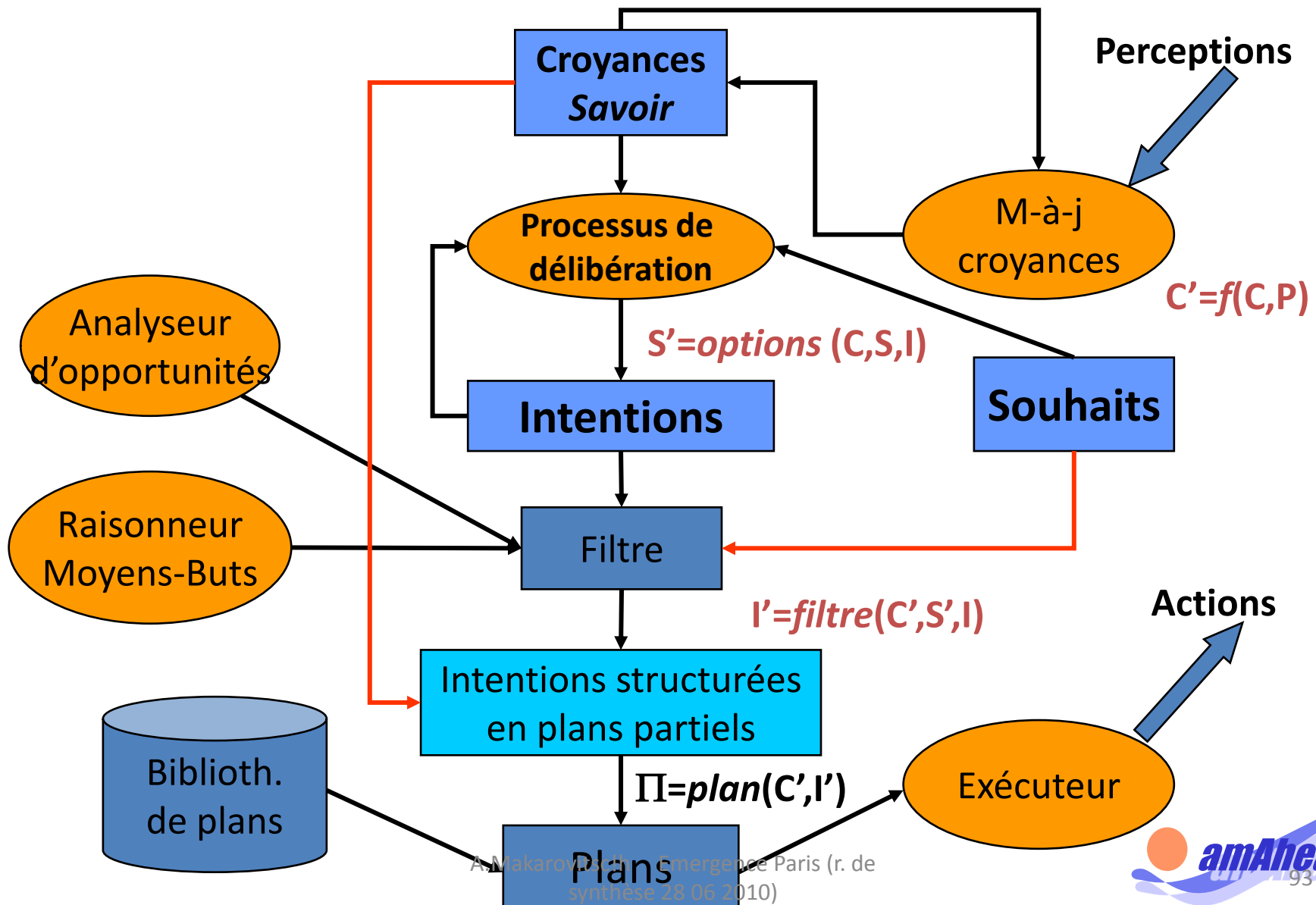
Agent « Intelligent »



Structure d'un agent



Architecture d'agent BDI(Belief-Desire-Intention) (Croyance-Souhait-Intention)



Comparaisons

Démons:

- Ancêtres des agents
- Pas intelligents

Agents intelligents < > **Systèmes experts**

Les SE:

- Pas de coopération
- Interaction seulement avec l'utilisateur
- Pas d'autonomie

Agents intelligents < > **Systèmes orientés objet**

Les SOO:

- Contrôlent les états, passent des messages
- Méthodes publiques ou privées
- Interactivité « gratuite »
- Sont mono-thread
- Réactifs

• Les AI:

- Contrôlent l'état et le comportement
- L'interaction est « payante »

Type	But	Envir.	Percept.	Action
Robot sélecteur sur tapis roulant	Mettre Pièces ds. Bon bac	Tapis, Pièces	Pixels d'int. différ.(coul. différ)	Prendre pièce X, mettre dans bac Y
Syst. Diag. Médical Contrôle	Guérir Coût mini.	Hôpital Patients	Symptôm. Rés.tests Rép.patient	Questions Tests Traitement
Colonne Distil.	Qualité max. Sécurité	Raffinerie	Temperat. Pression Niveaux	Ouvrir/fermer Vannes; ajust. Temp.
Poker	Gagner	Autres Joueurs	Ce qu'ils disent	Miser, Passer
Jaquet	Gagner	Autre joueur	Ce qu'il « voit »	Jeter dés Bouger pièces

Des challenges à relever par les SMA

- Interaction agents artificiels - agents humains
- Des systèmes utilisables, utiles, utilisés ! (Y.Demazeau–3/11/2006)
 - Représentations mutuelles, incluant **la confiance**
 - Compréhension et ingénierie de **l'émergence**
 - Programmation **Orientée Multi-Agents**, pas Agents
 - **Evaluation de Performance** des Systèmes Muti-Agents
 - Methodologies **Centrées Utilisateurs**
- Des agents artificiels au service des hommes
 - L'utilisateur comme concepteur du système multi-agent
 - Des utilisateurs consommateurs, partenaires, créateurs