

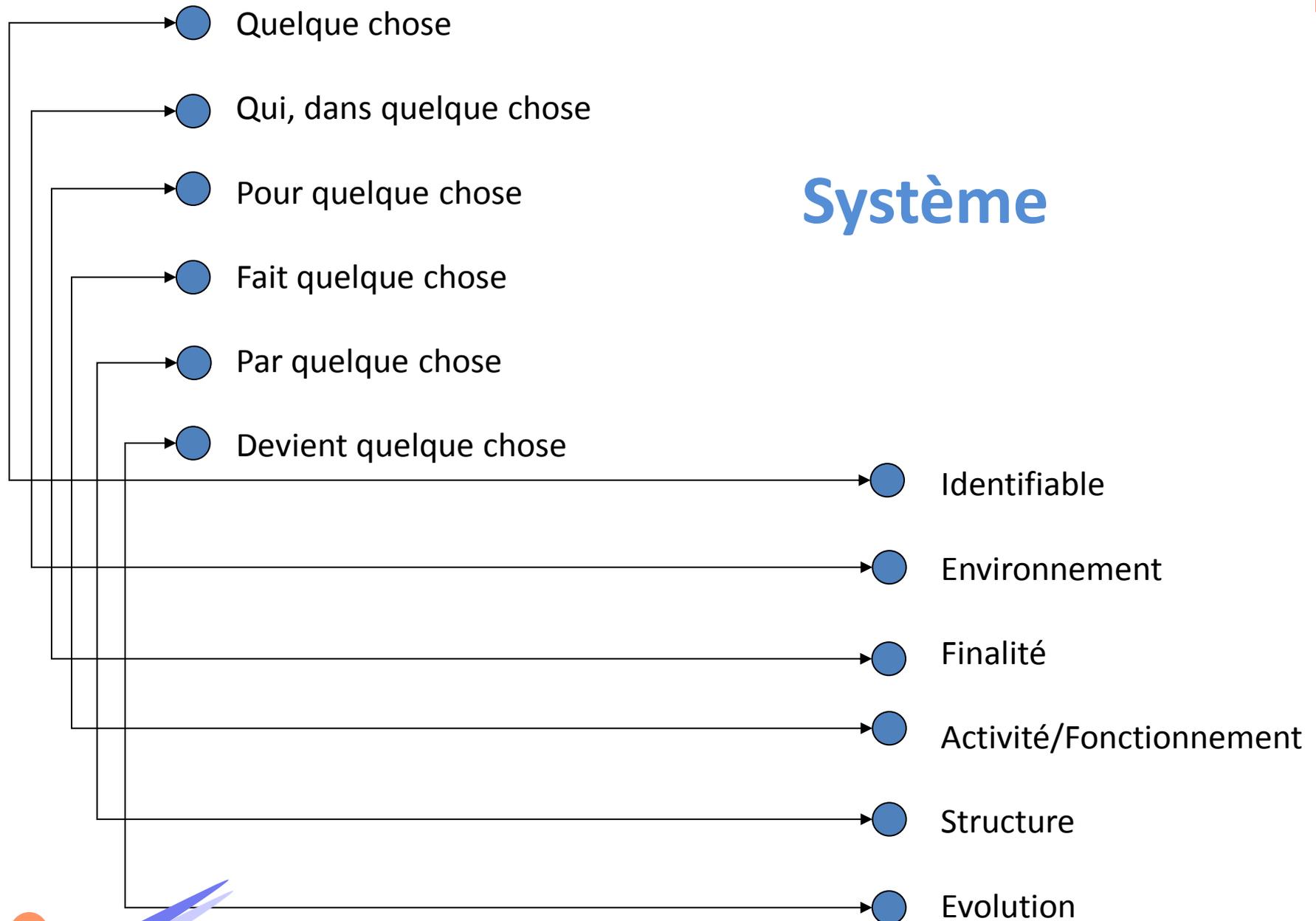
# Quelques réflexions sur le temps dans les systèmes complexes

A. Makarovitsch

Andé 16-17 Mai 2015

# Sommaire

- ❖ **1. Quelques points sur les systèmes**
- ❖ **2. Synchronie et diachronie**
- ❖ **3. Rythme**
- ❖ **4. Fluctuations et ruptures**
- ❖ **5. Prise en compte et perception du temps**
- ❖ **6. Temps et systèmes complexes de type MA**
- ❖ **7. Micro-conclusion**
- ❖ **8. Annexes**



# Systeme

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



Les invariants, les niveaux d'invariance, les hiérarchies

Les rythmes

Les vision synchrone et diachrone

La réversibilité et l'irréversibilité

L'auto-organisation

L'apprentissage

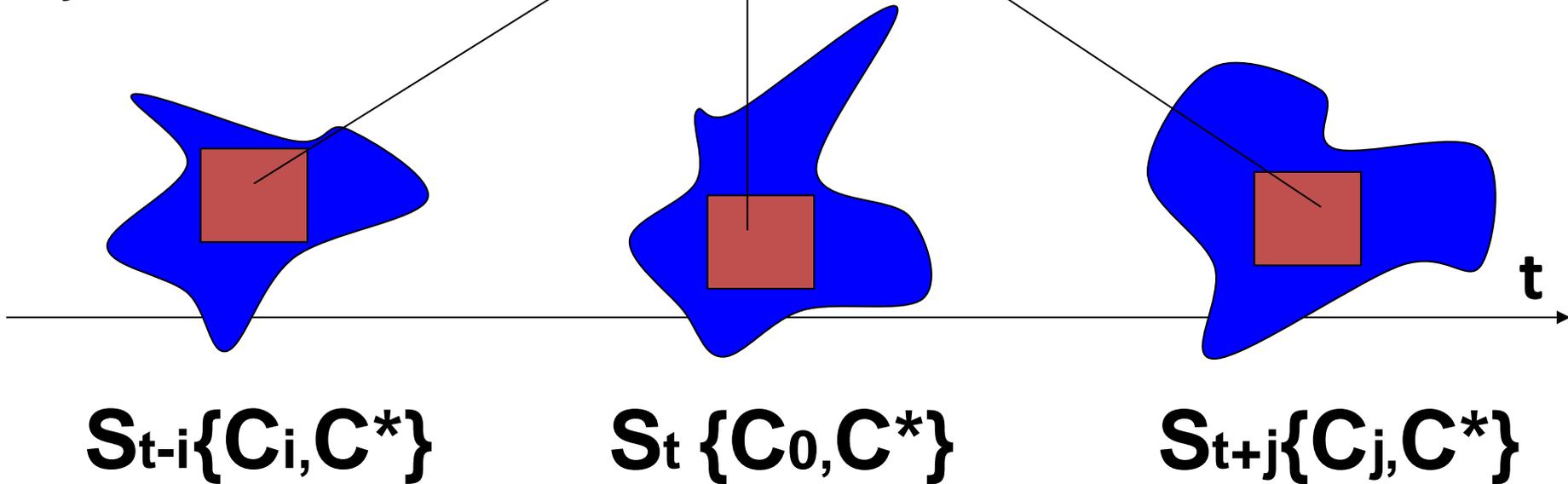
L'émergence et le présent

...

# Systeme

$C^*$  est invariant  
tout au long de  
la vie du  
systeme

$C^* = \text{Identité}$



**Caractéristiques:** les invariants, le changement

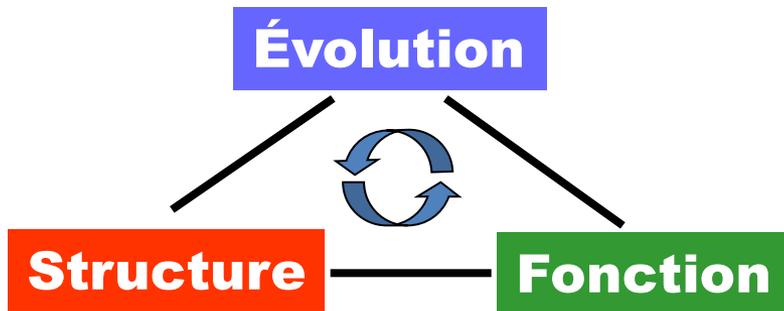
\* **Hiérarchies:** structurelles, temporelles

\* **Propriétés dynamiques:**

réversibilité/irréversibilité, convergence/divergence,  
auto-organisation

# Systeme et Temps

## Relations croisées



Par rapport à une fonction:

- **Le Système peut être:**
  - Fonctionnel
  - Dysfonctionnel
  - Afunctionnel
  
- **Les SS peuvent être:**
  - Substituables
  - Complémentaires
  - Antagonistes
  - Indépendants

# Invariants

## Les Invariants



\*Perspective stationnaire

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

\*Perspective temporelle

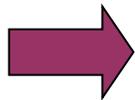
- Fonctionnement
- Evolution

Pour tout invariant:

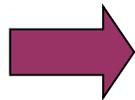
- >Un domaine de validité
- >Une durée de vie

# Niveaux d'invariance temporelle

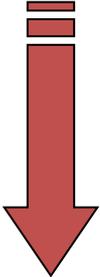
**NIVEAUX CHANGEANTS**



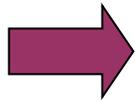
**MODIFICATIONS CONTINUES**



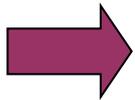
**MODIFICATIONS MARGINALES**



**NIVEAUX FIGES**

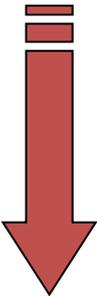


**MODIFICATIONS DISCONTINUES**



**MODIFICATIONS STRUCTURELLES**

à partir d'un seuil



Périodes d'invariance des caractéristiques:

Longues



Peu fluctuant

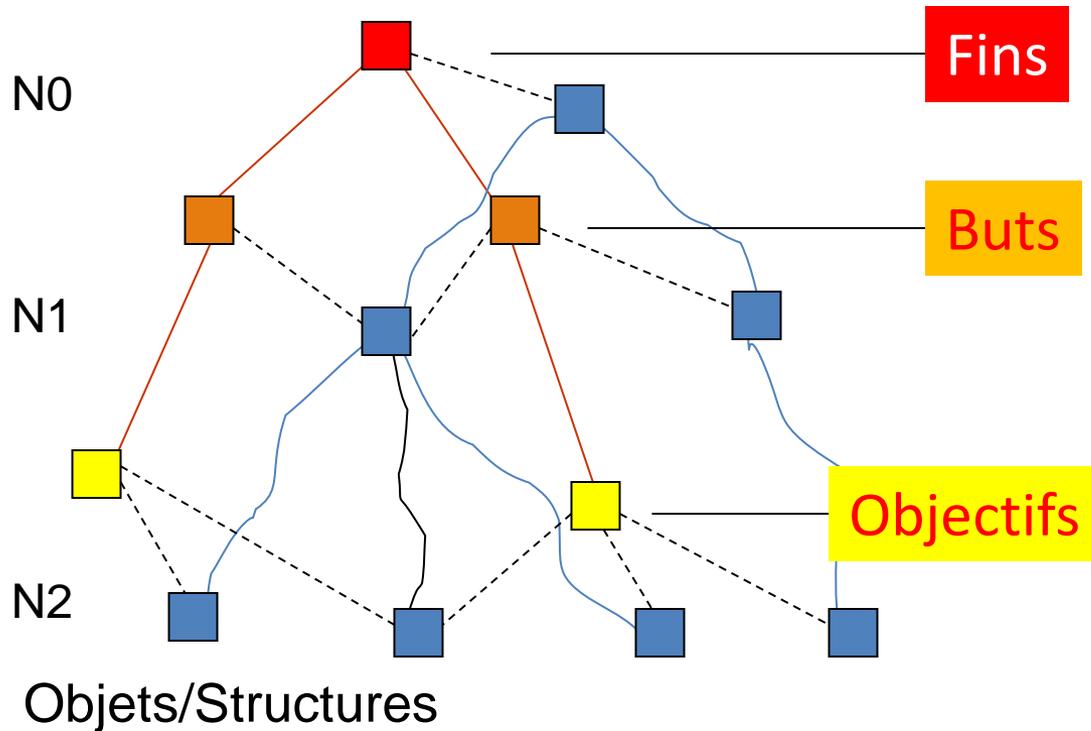
Courtes



Très fluctuant

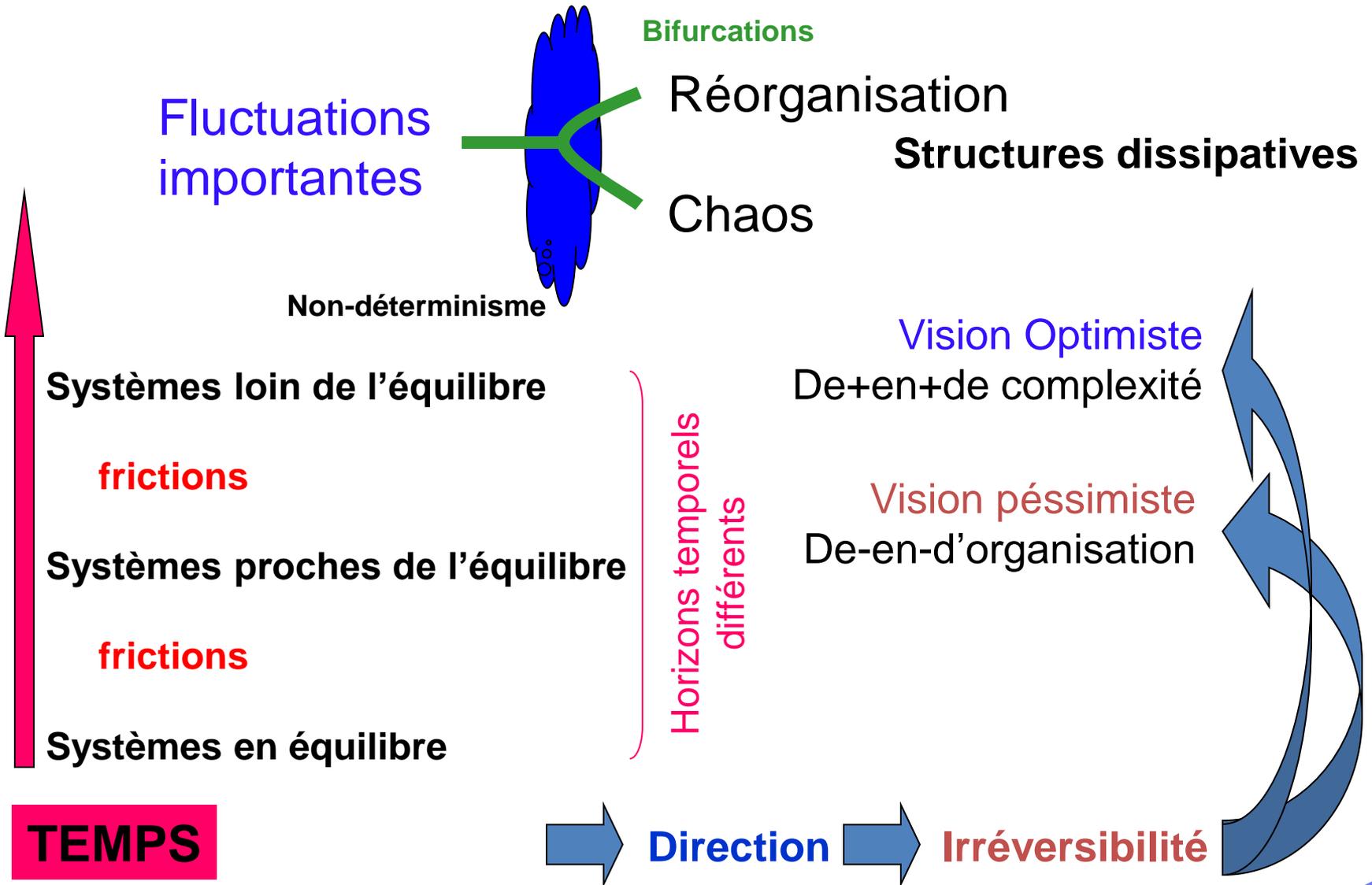


# Hiérarchie des invariants temporels



Expression des finalités du niveau X par des caractéristiques invariantes du niveau correspondant à X dans la structure (caractéristiques structurelles d'ordre X)

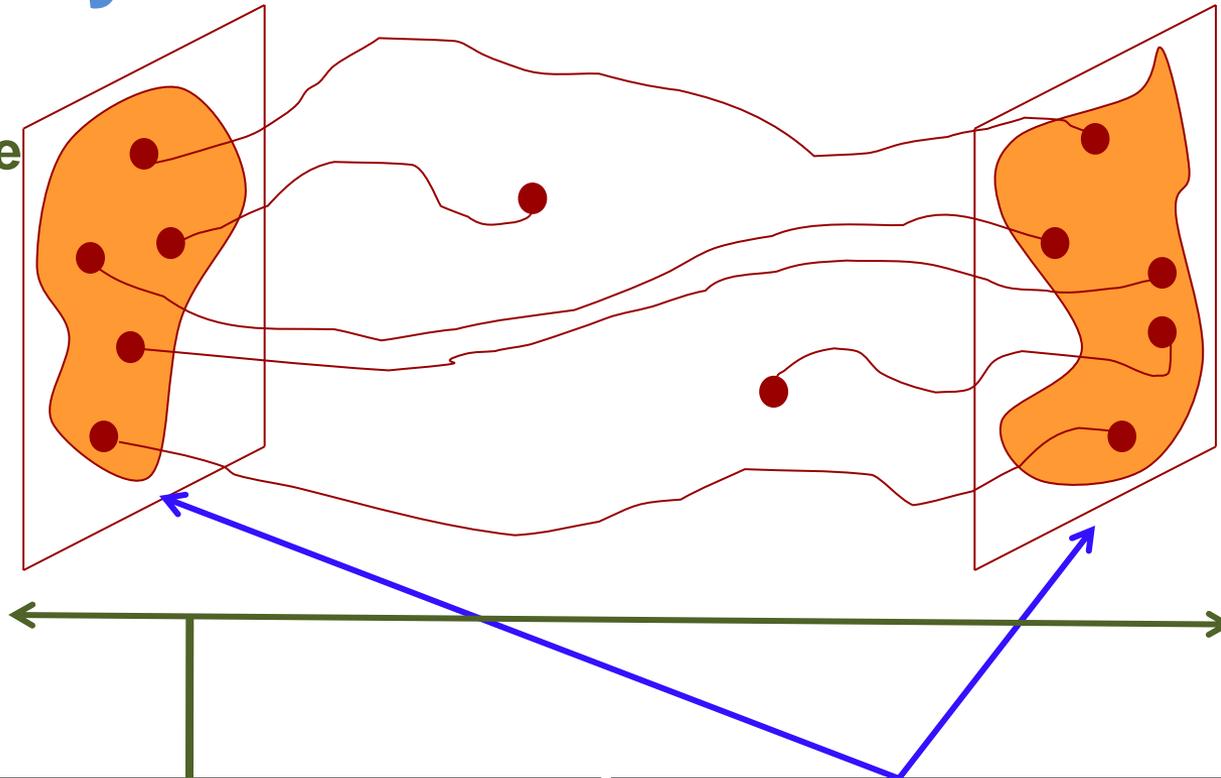
# Réversibilité/Irréversibilité



# Synchrone/Diachrone

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**

# 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:

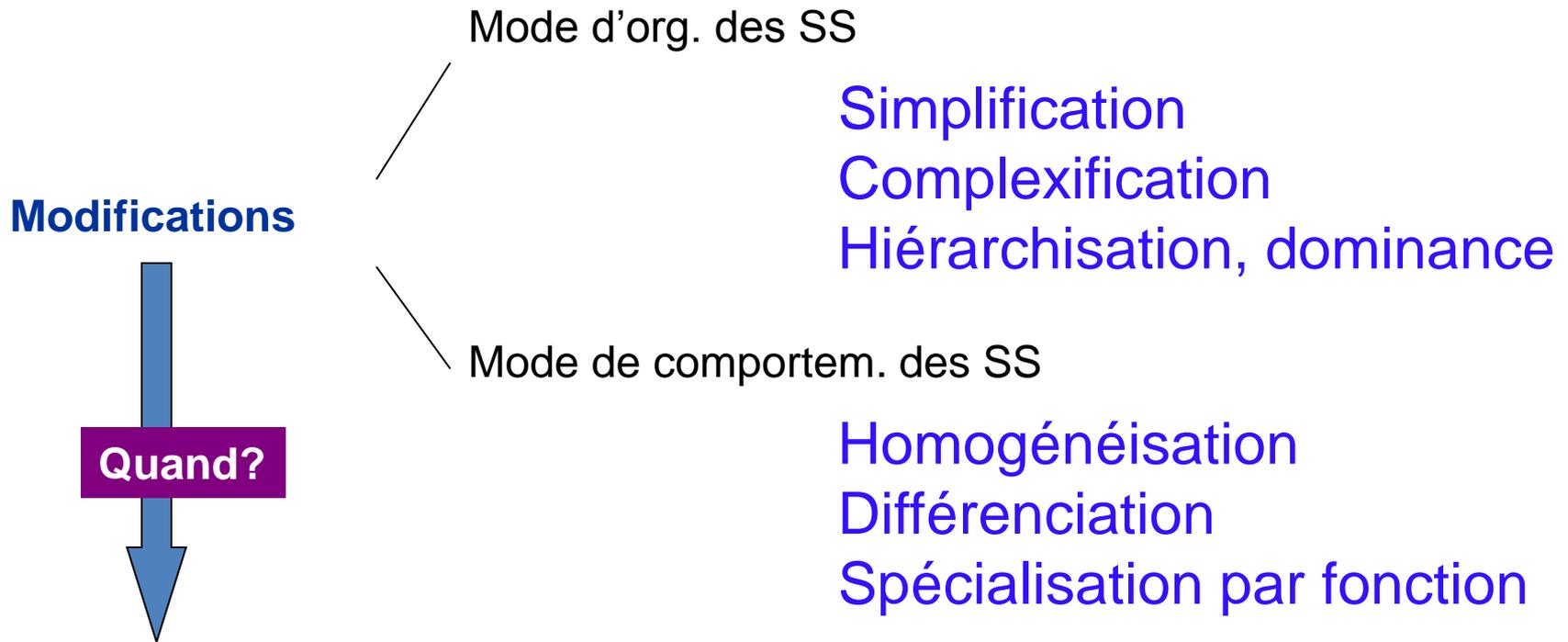
- **la mémorisation**
- **l'essai/erreur**
- **la relation E/S (la réponse aux stimuli)**

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)

# Auto-organisation

Pour que l'évolution permette de mieux suivre les finalités



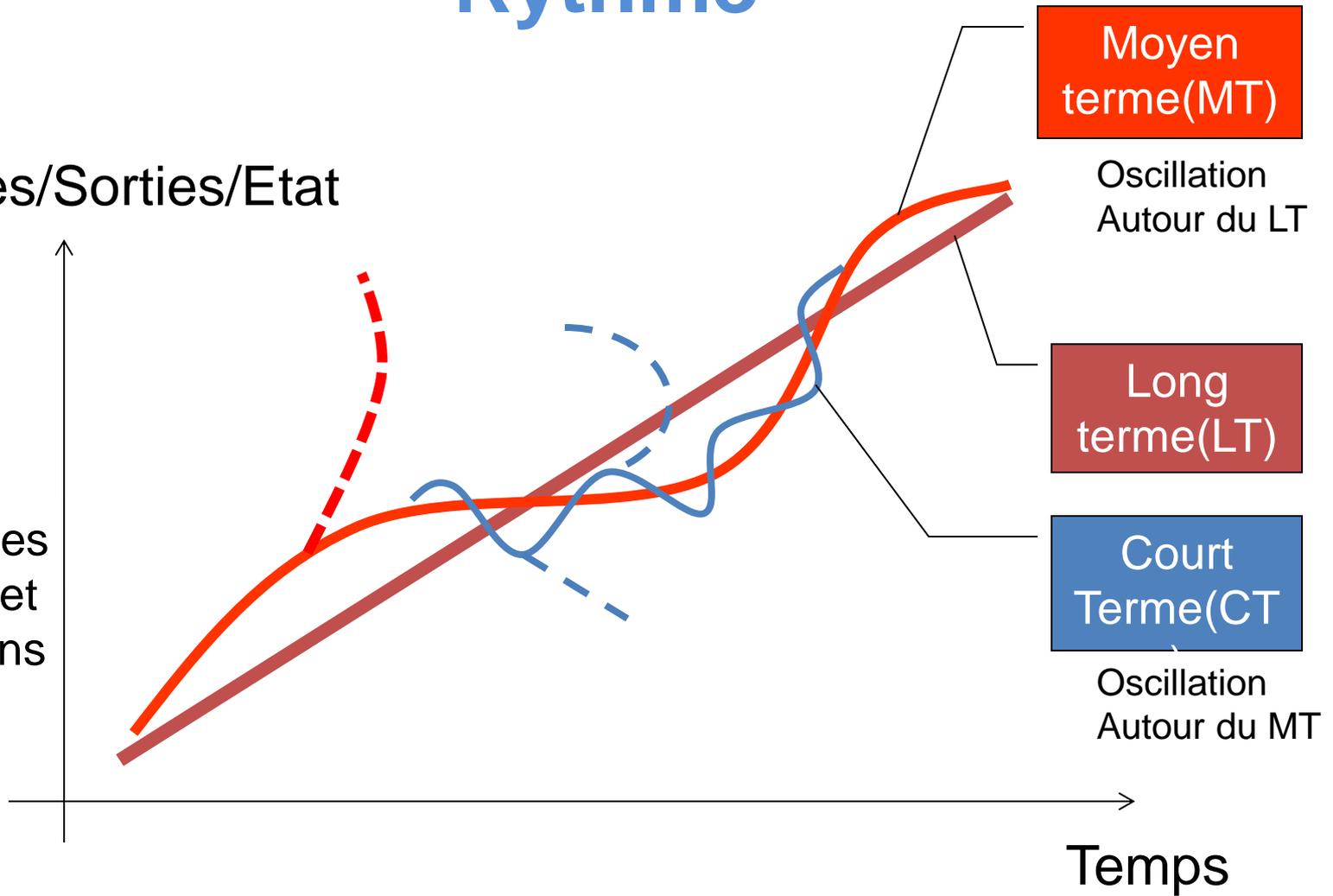
Lors de modifications lentes et continues du système et de l'environnement  
ex: Croissance

Lors de modifications brutales provoquées par l'environnement  
ex: Greffe (adaptation ou rejet)

# Rythme

Entrées/Sorties/Etat

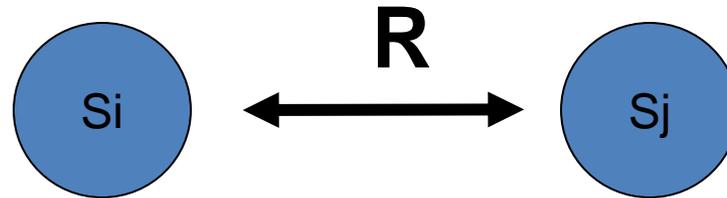
Phénomènes principaux et perturbations



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

# Convergence/Divergence

## Fluctuations et ruptures



**R >>**

- Acroissement de l'interdépendance
- Parallélisme dans l'évolution

Synthèse globale

**R <<**

- Afaiblissement des liens
- Déparallélisation de l'évolution

Isolement

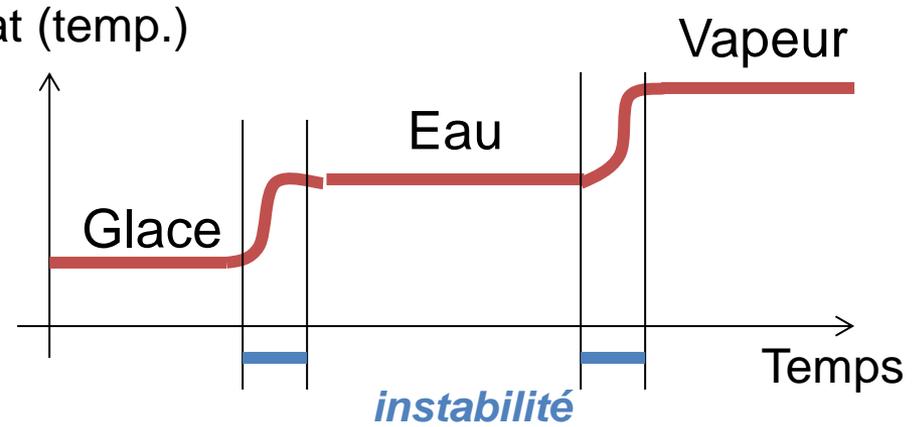
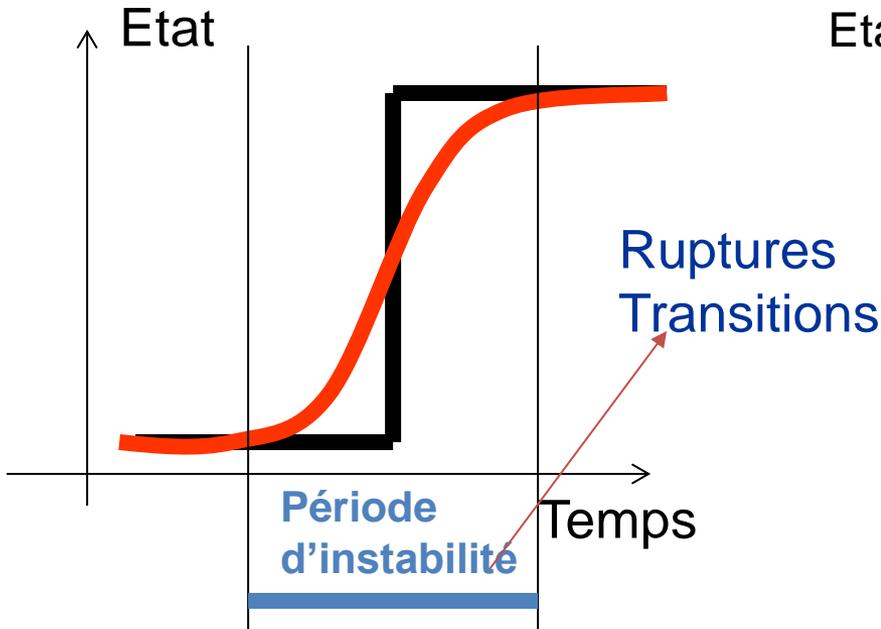
**Implosion**  
Si et Sj indiscernables

**Fluctuation permanente**

**Explosion**  
Si et Sj isolés

**Réalité: fluctuation de R avec ajustements ou rupture**

# Continuité/Discontinuité/Ruptures

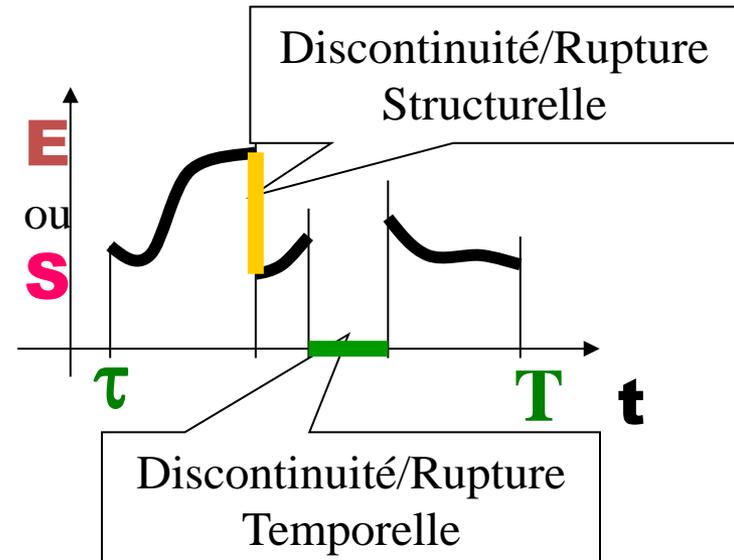


Les caractéristiques peuvent être continues ou discontinues

**Principe de continuité:**  
tout changement apparemment discontinu peut en fait être continu

A chaque instant il existe dans un système:

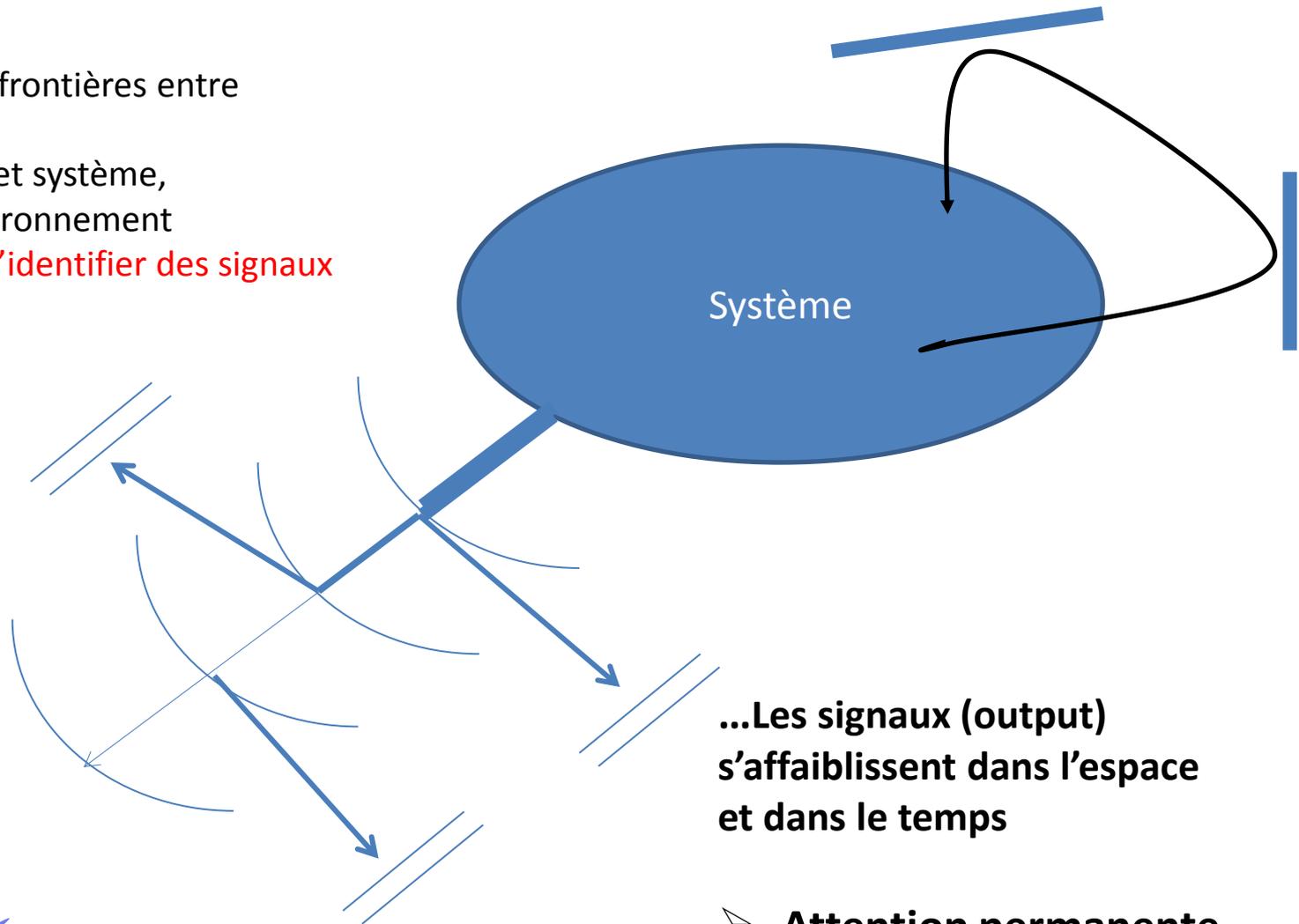
- >> Les traces d'un ancien état
- >> Les germes d'un nouvel état



# Signaux (faibles)

En passant des frontières entre  
sous-systèmes,  
sous-systèmes et système,  
système et environnement

Il est possible **d'identifier des signaux**



➤ **Attention permanente**

# Prise en compte du temps

## ➤ Temps continu

Mise en valeur des caract. continues

Ex: Musique

## ➤ Temps discret

Mise en valeur du changement

### • Exogène ( $t, t+\delta t, T+2\delta t$ )

Mise en valeur des variations régulières  
des caractéristiques

Ex: Automate Cellulaire

### • Endogène (au moment d'un événement)

Mise en valeur des mutations, phases,  
transitions de phase

Ex: vapeur/eau/glace

## ➤ Temps des systèmes complexes

Mise en valeur de la multi-dimensionnalité

Ex: systèmes sociaux

Echelles de temps

Particulaire

Cellulaire

Organique

Sociétal

Géologique

Fract.sec

mois (jour)

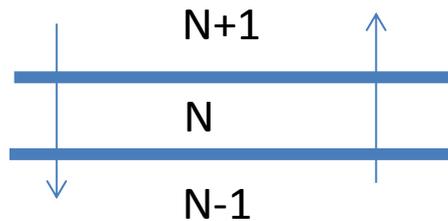
année (siècle)

10 ans (siècle)

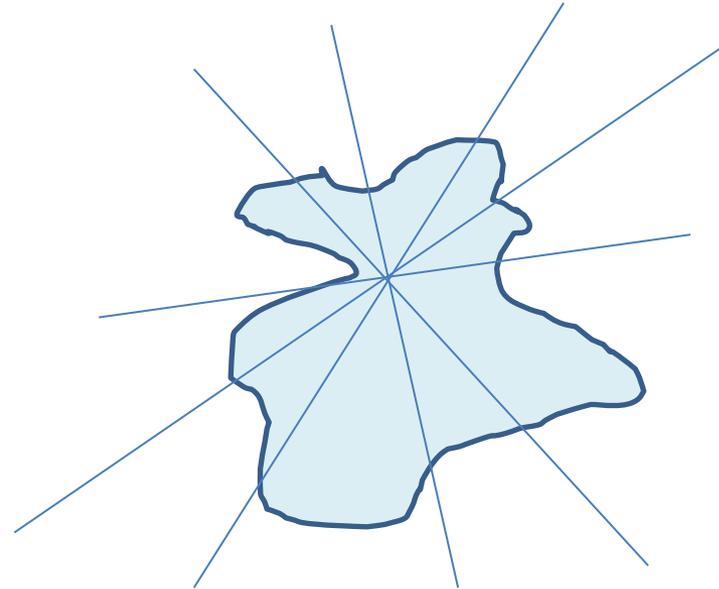
Millions d'années

# Prise en compte du temps

## Emergence/Immergence



## Une autre vue du Présent

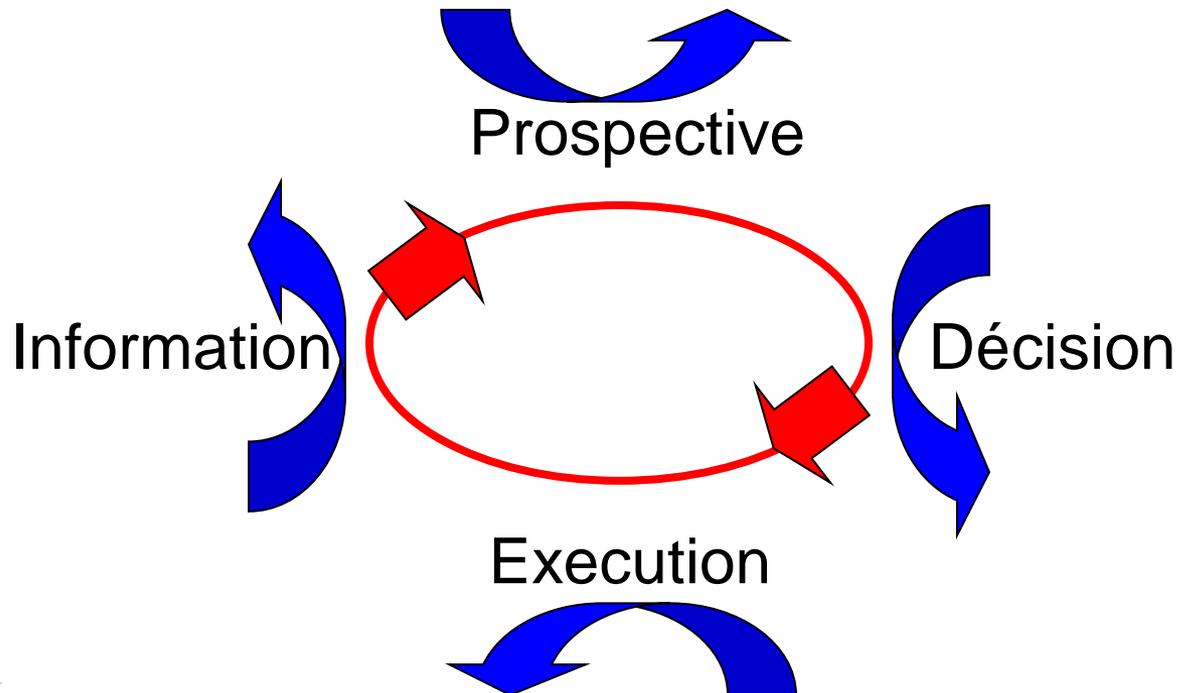


## Un jeu de frontières dans un système complexe

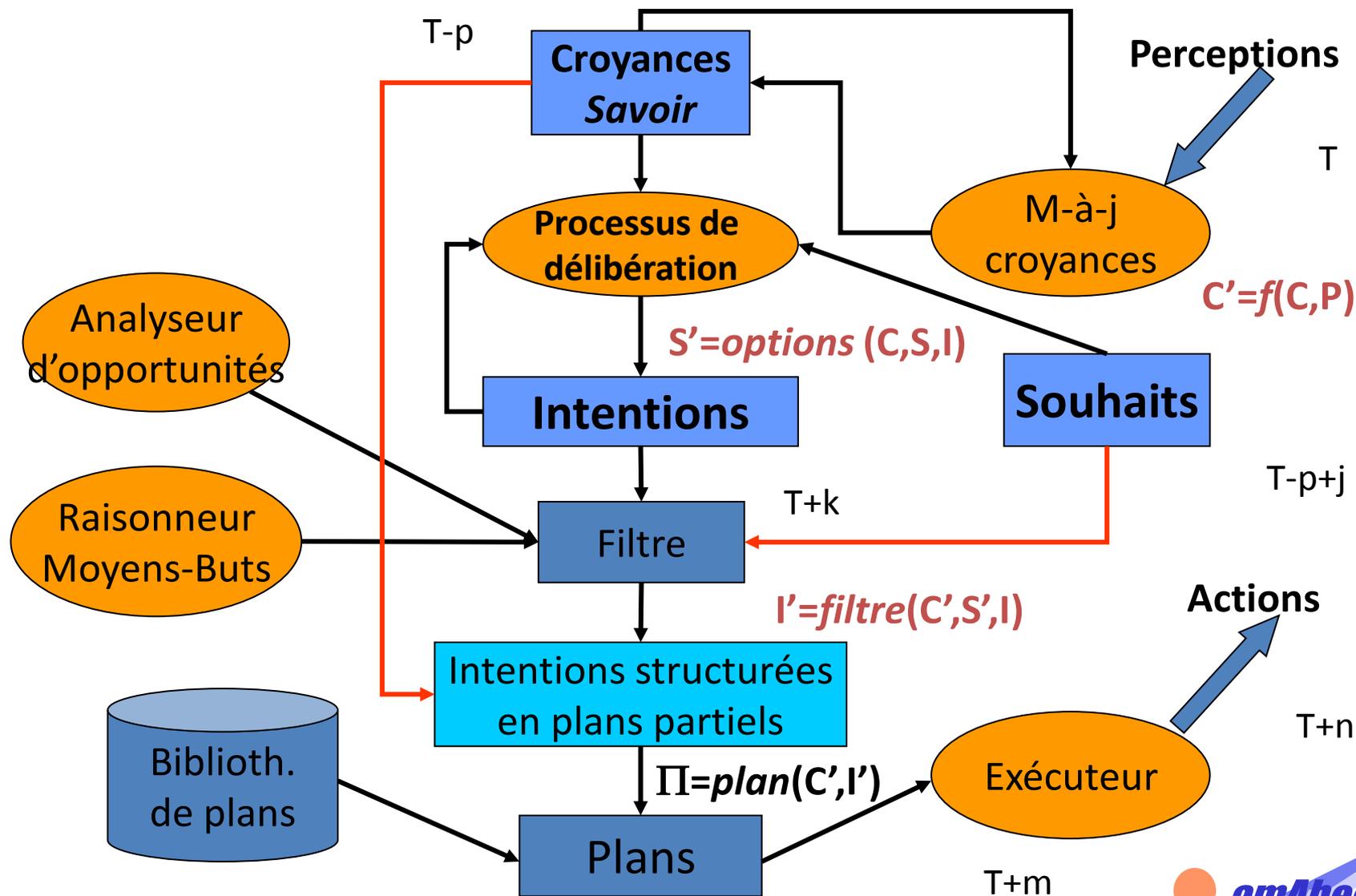
4 activités cycliques qui gèrent:

- la transformation du système
- la traduction des intentions en actes
- la construction de « futurs »
- la traduction/interprétation des phénomènes observés

**Mais qui peuvent s'entrelacer dans les systèmes complexes**



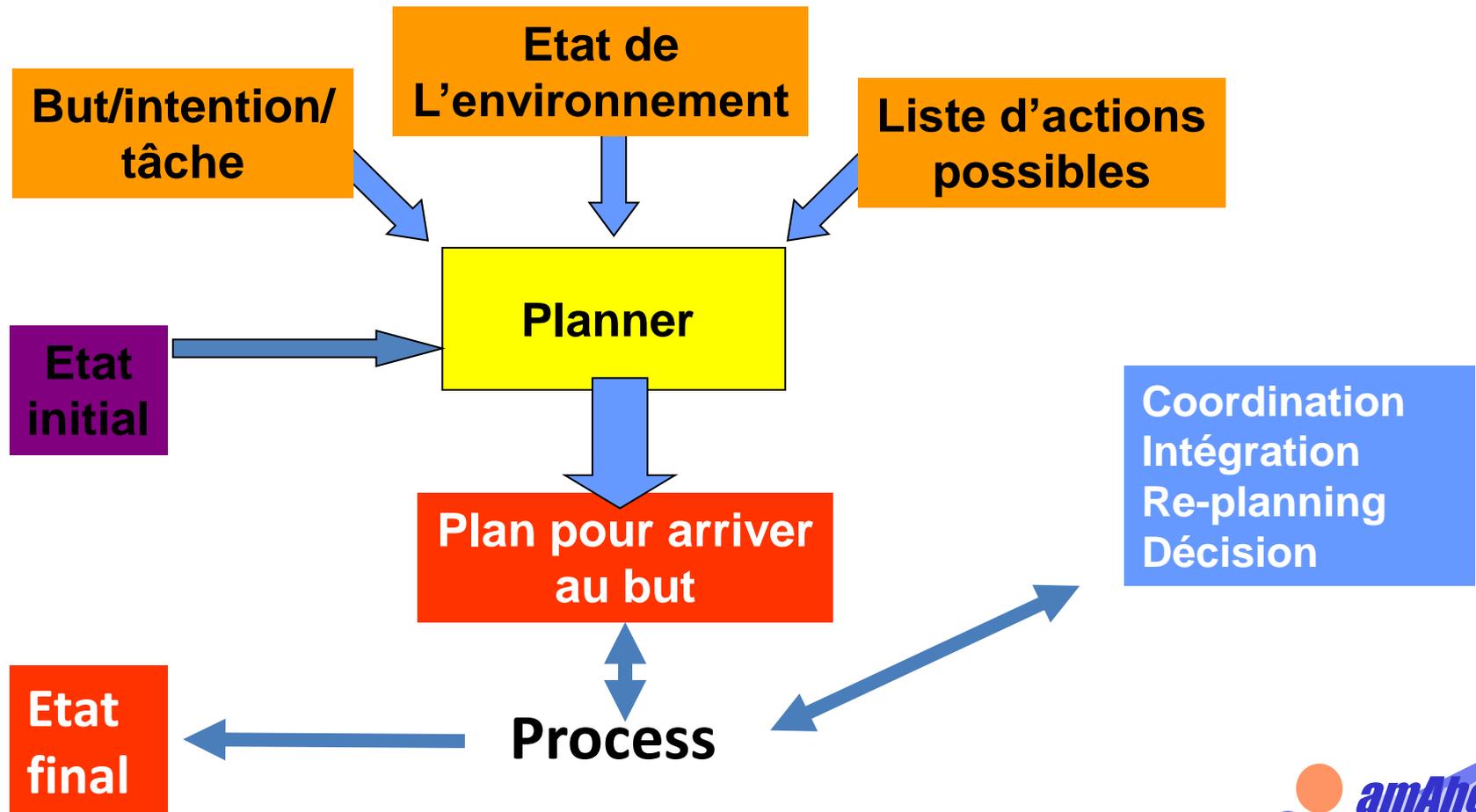
# Architecture d'agent Croyance-Souhait-Intention



# Systemes multi-agent (SMA ou MAS)

Plans:

Liste d'actions « primitives » à appliquer **en séquence ou en parallèle** à partir d'un état initial, pour arriver à un état final



## Une micro-conclusion

Il est illusoire de prétendre pouvoir tout prédire/prévoir dans un système complexe

Il est possible d'augmenter le niveau de compréhension

Il est possible d'agir pour essayer d'orienter l'évolution d'un système complexe

...mais le sujet du temps dans les systèmes n'a été qu'un tout petit peu effleuré

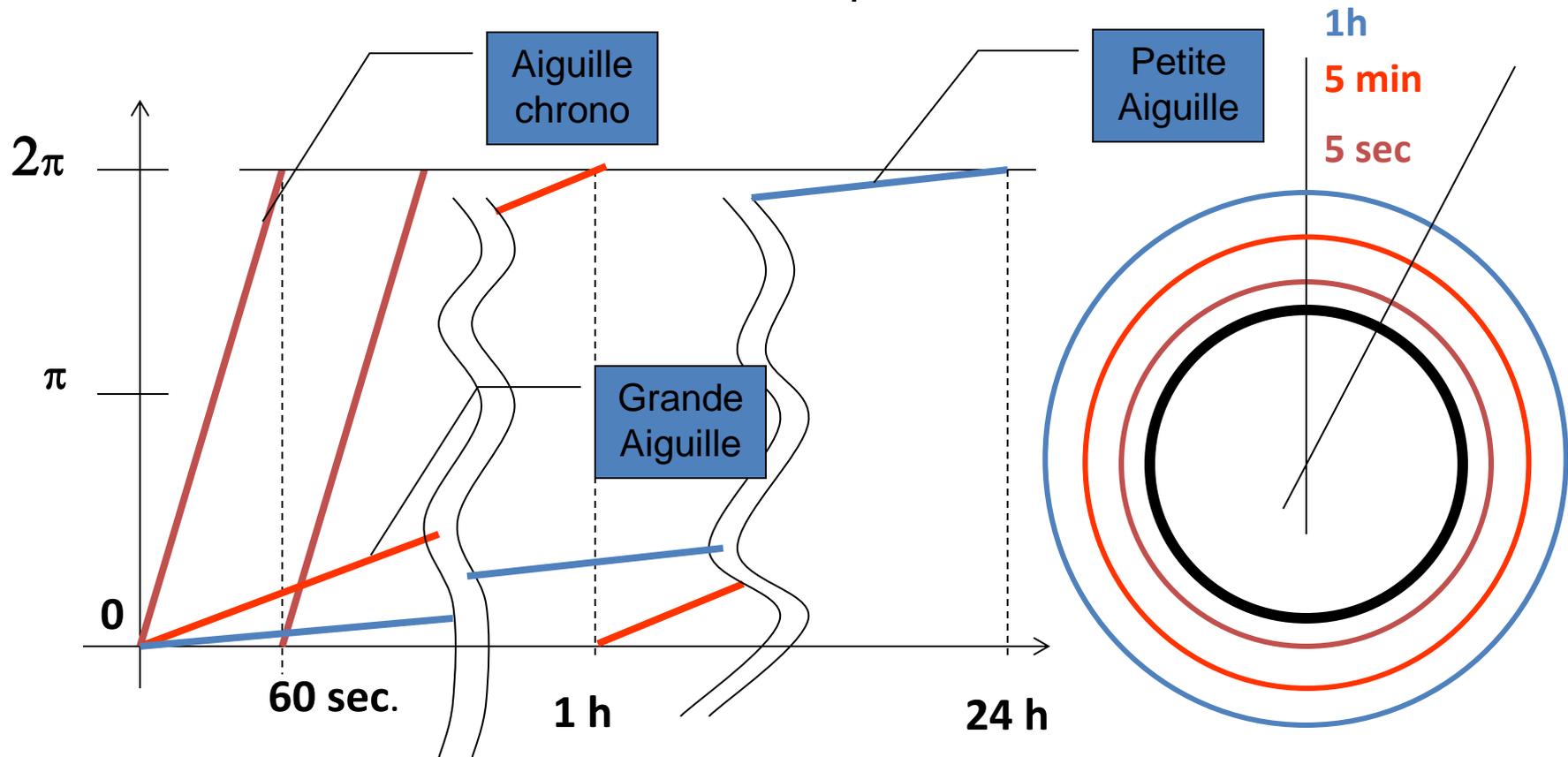
**Merci pour votre temps et votre attention**

# ANNEXES

# Niveaux d'invariance temporelle

L'exemple de la montre:

Une modification marginale du niveau le moins stable, provoquera une modification structurelle du niveau le plus stable.



# Hiérarchie des invariants temporels

**S** Représente une Famille [ $S_1 \dots S_n$ ]

Exemple:

$N_0$  >Caractéristiques de Famille

$N_1$  >Caractéristiques de Système  
par génération

Mutations >>Phylogénèse

Les ord. Séquentiels  
Les ord. de 3ème gén.

$N_2$  >Caractéristique de chaque  
système

Evolution>>Ontogénèse

Les modèles d'ord.

$N_3$  >Etats de chaque système  
Fonctionnement

Les fonctions spécif.

# Systeme et Temps

## Changement

Conjoncturel

Structurel

## Invariants

Longue durée

Courte durée

Fluctuations

## Evolution

Aléatoire

Monotone

Périodique

## Rythme

Phénomène principal

Perturbation

**Vision**

**Synchrone**

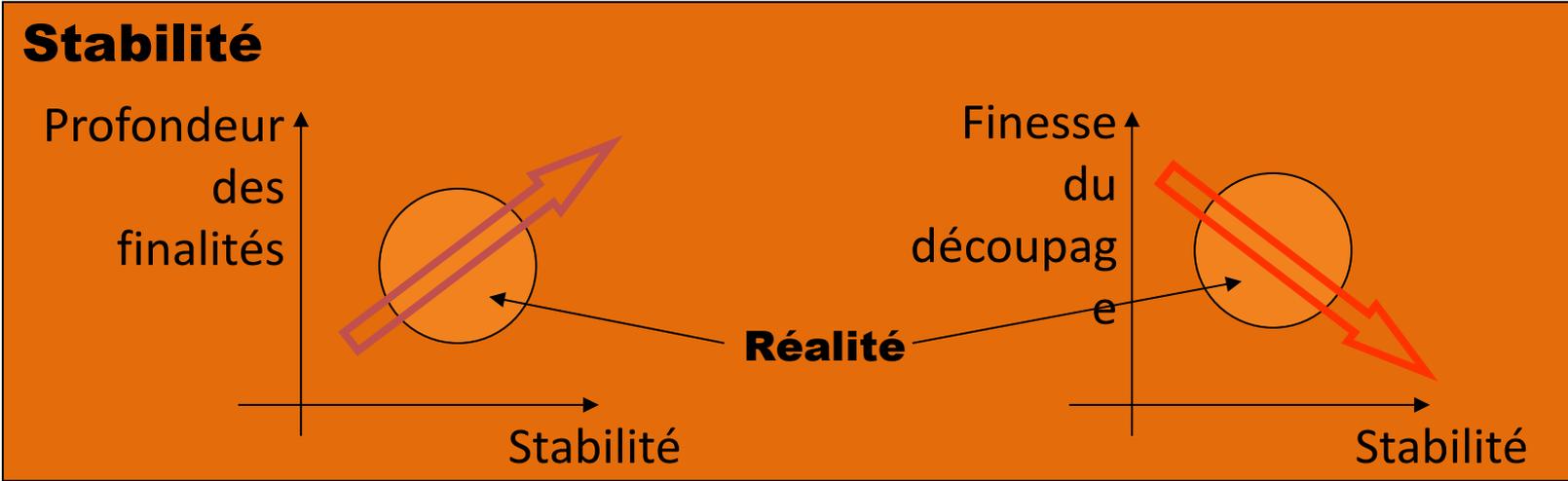
- Ouverture
- Equilibre
- Organisation

**Diachrone**

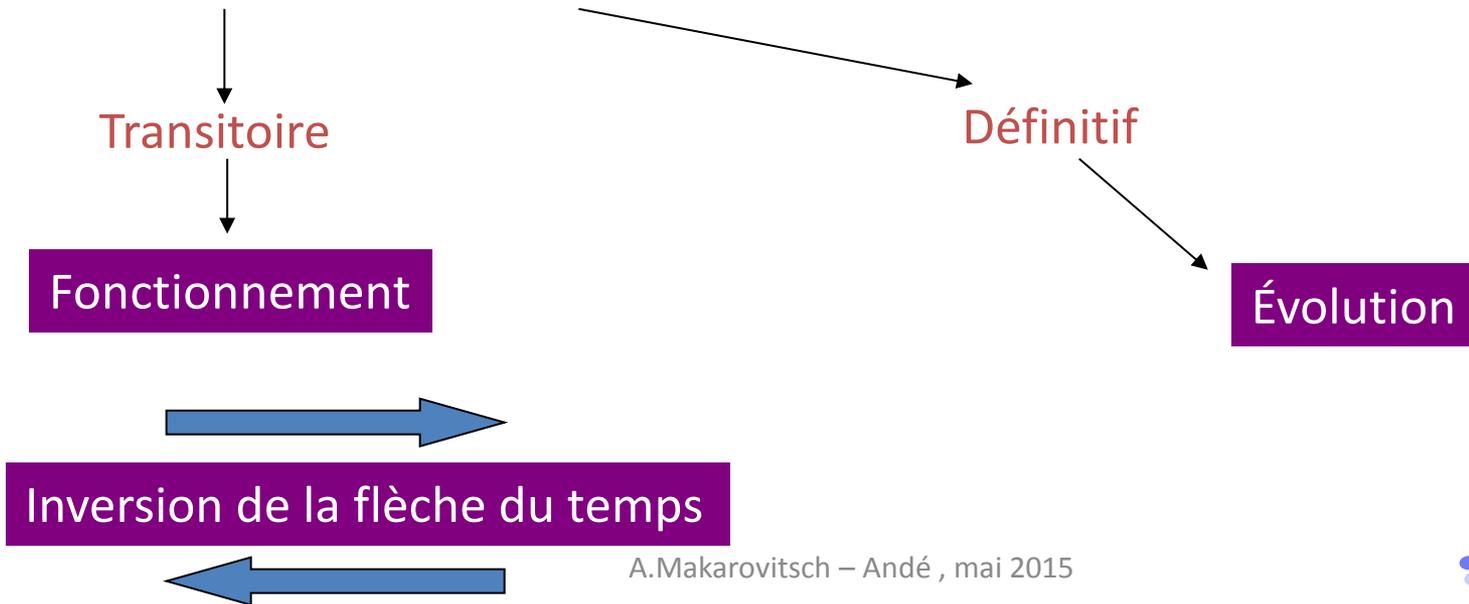
- Adaptation
- Stabilité
- Apprentissage



# Systeme et Temps



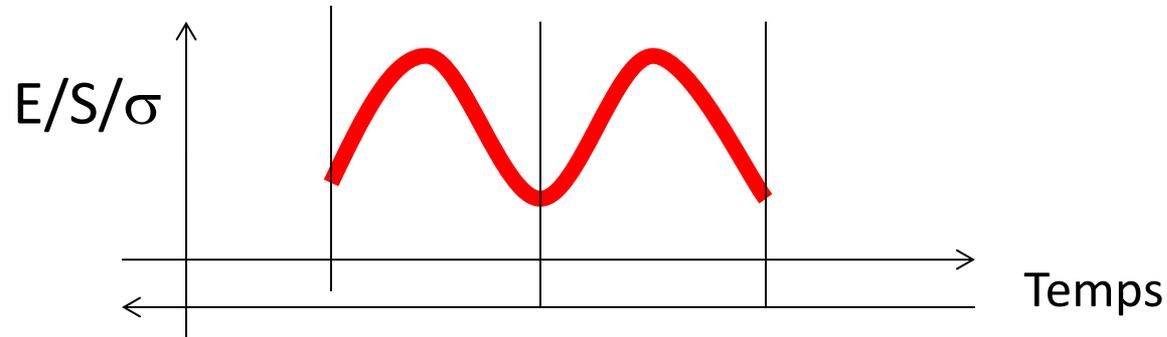
## Reversibilité/Irreversibilité



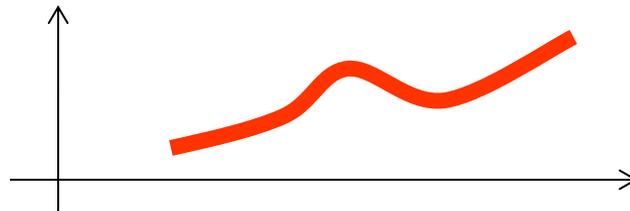
# Réversibilité/Irréversibilité

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

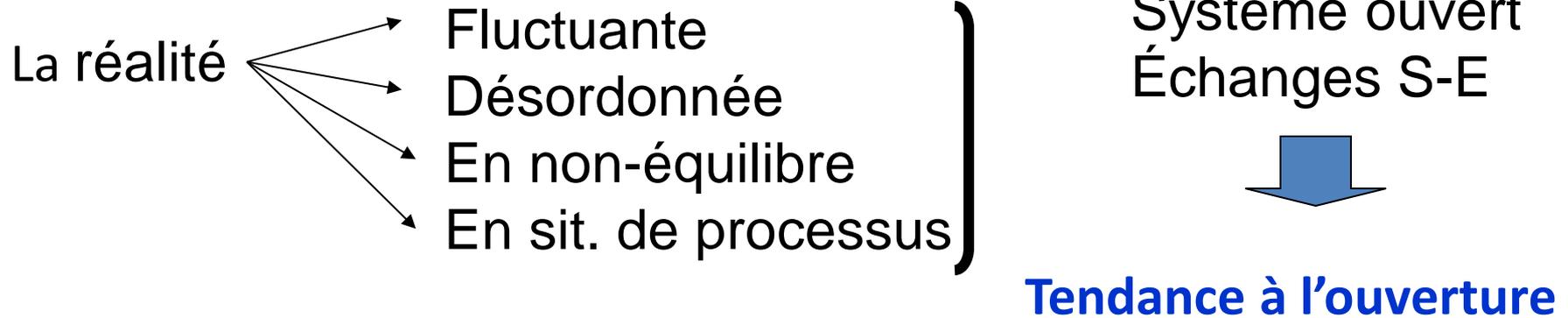


**L'évolution est plus irréversible que le fonctionnement**

# Réversibilité/Irréversibilité

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

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



## Temps

[ Réversible  
Irréversible

## Structure

[ Ordre  
Désordre

## Déterminisme

[ Chance  
Nécessité