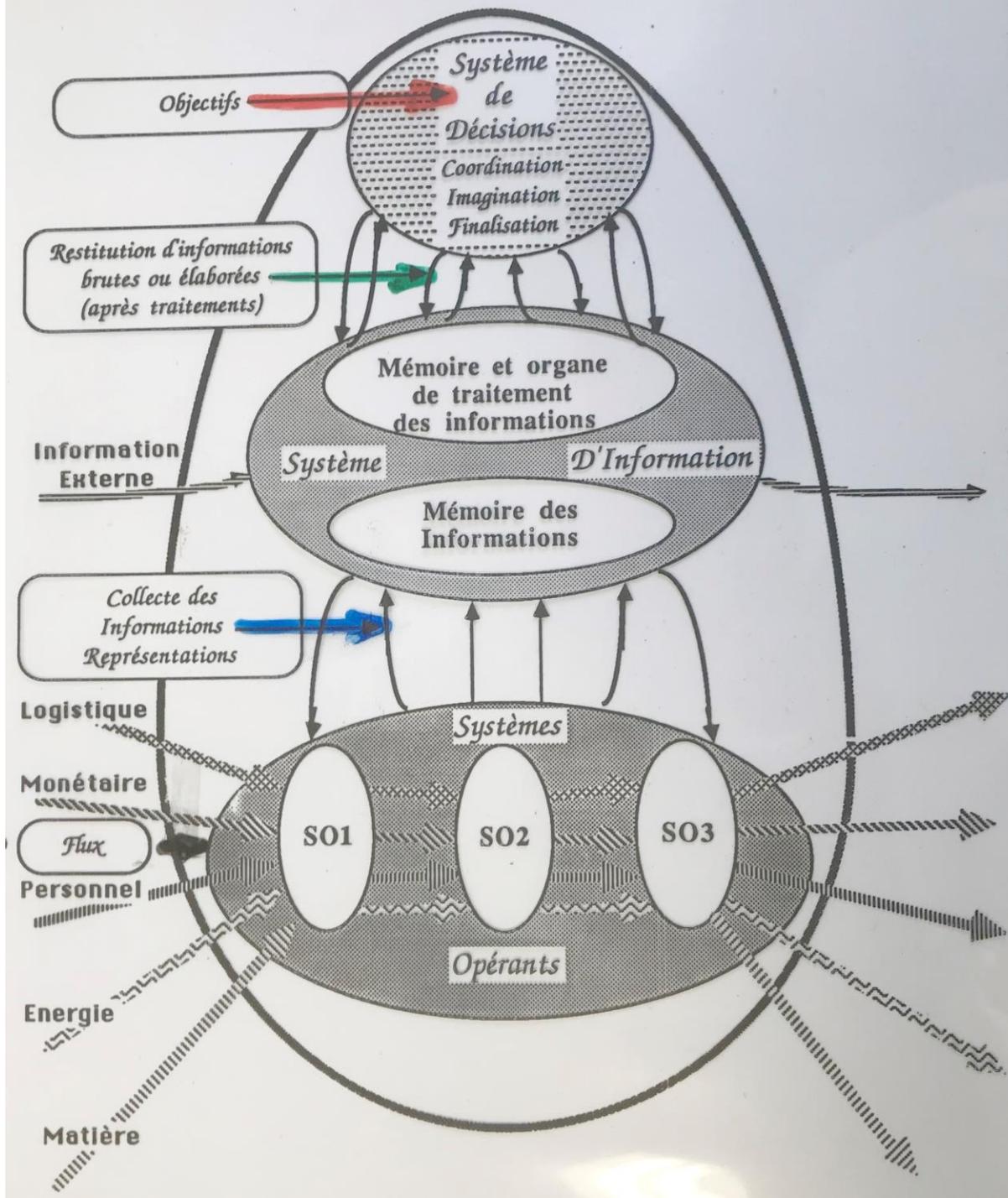


# **Systemique et apprentissage**

**Georges Chappaz**

Titre de formateur d'enseignants, de formateurs  
et de cadres pédagogiques



# HISTORIQUE

*L'explication* des phénomènes, leurs causes, leurs significations et la possibilité d'influer sur leur déroulement ont longtemps été recherchés à l'aide de la philosophie, des techniques, des sciences, et formalisés par des méthodes cartésiennes qui tentent de réduire les éléments à ses composants élémentaires ; la méthode est bien adaptées à des systèmes “compliqués”.

A partir 1925, Ludwig Von Bertalanfy ((1901-1972), biologiste autrichien), envisage une nouvelle approche des *systèmes complexes*. La démarche cherche à embrasser un plus grand nombre d'éléments en interactions où « *Le Tout est alors différent de la somme des parties qui le compose...* »

La méthode scientifique est efficace dans les applications technologiques qui supposent des systèmes fermés, mais ses principes ne suffisent pas pour comprendre la nature et la vie qui sont des systèmes ouverts.

L'approche systémique ou holistique n'est pas en opposition avec l'approche analytique. Elle n'a pas les mêmes objectifs. Elle vient compléter cette dernière par une préoccupation constante de penser le "Tout" et d'étendre la portée de la méthode scientifique aux systèmes ouverts.

# Trois Grands Auteurs parmi d'autres

*Ludwig Von Bertalanfi* : Précurseur, il fonde la “*Théorie du système général*”, puis en 1954 la *Société pour l'étude des systèmes généraux*.

*Joël De Rosnay* : Avec son ouvrage d'initiation à l'approche systémique, le *Macroscope*, il participe en 1974 à la connaissance de cette nouvelle manière de penser.

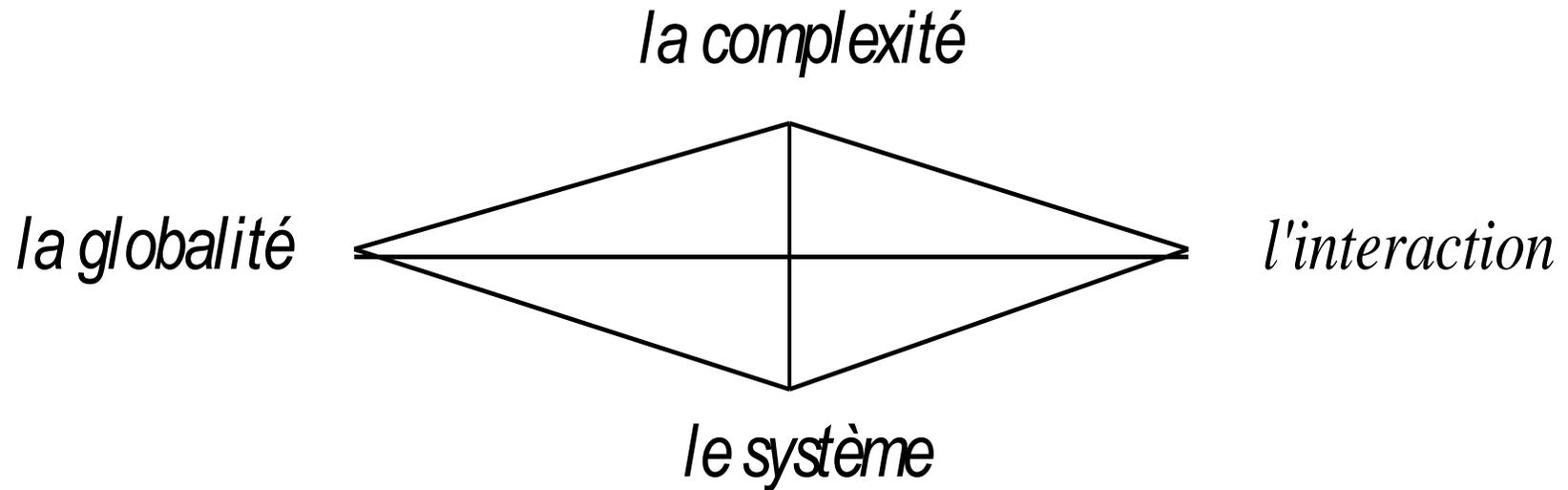
*Edgar Morin* avec ses ouvrages “*La Méthode*” (1977), œuvre comprenant six volumes, puis avec son livre *Science avec conscience* (1982), il approfondie les concepts de la pensée complexe.

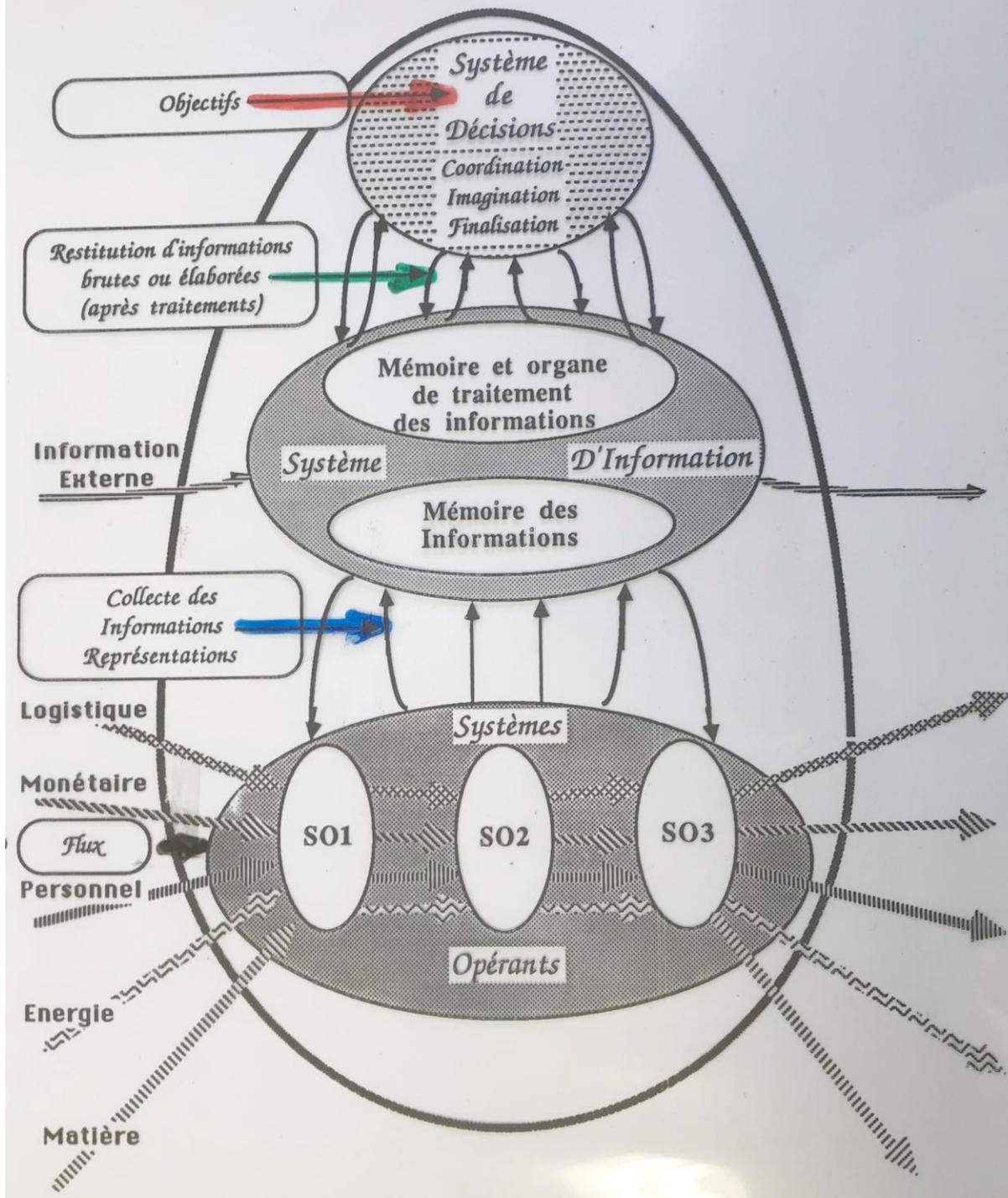
# La systémique : Une nouvelle discipline ?

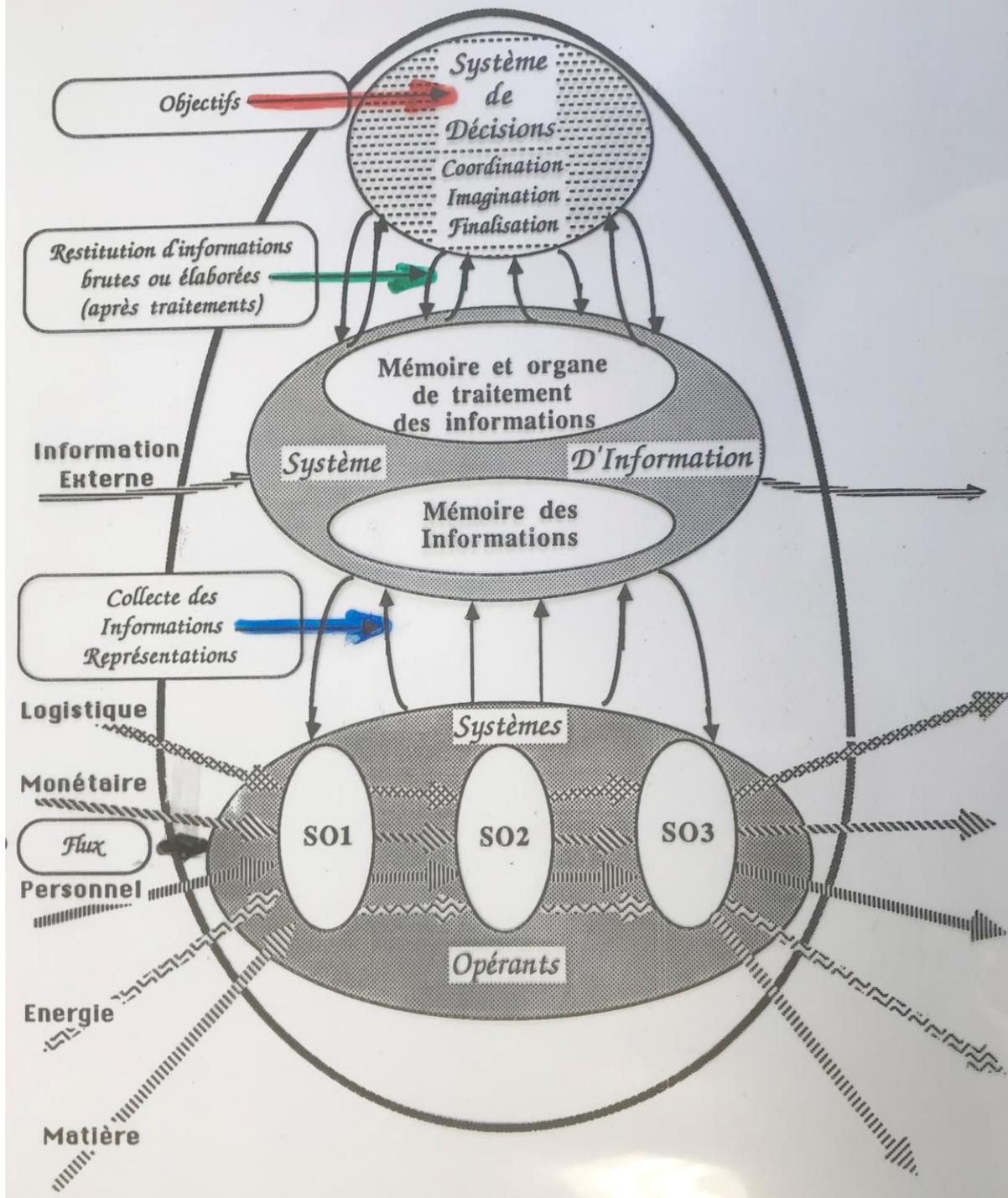
*Elle regroupe les démarches théoriques, pratiques et méthodologiques, relatives à l'étude de ce qui est reconnu comme trop complexe pour pouvoir être abordé de façon réductionniste, et qui pose des problèmes de frontières, de relations internes et externes, de structure, de lois ou de propriétés émergentes caractérisant le système...*

---

## Quatre concepts de base de la Systémique







# Les concepts

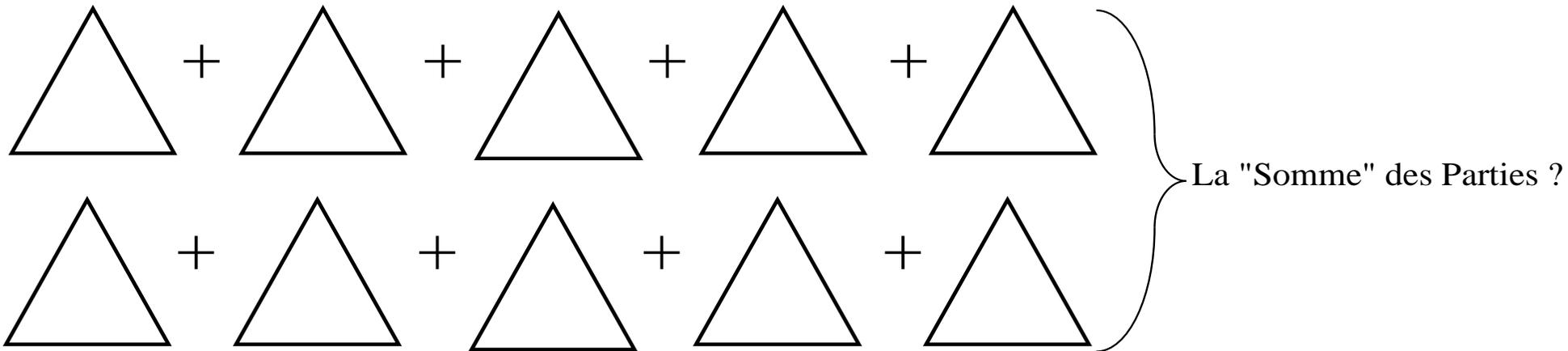
**La globalité** : Le *TOUT* est ~~plus que~~ (*différent* de) la somme des *parties* !

**La complexité** : Ce concept renvoie à toutes les difficultés de compréhension (flou, incertain, imprévisible, ambiguë, aléatoire) posées par l'appréhension d'une réalité complexe et qui se traduisent en fait pour l'observateur par un manque d'information.

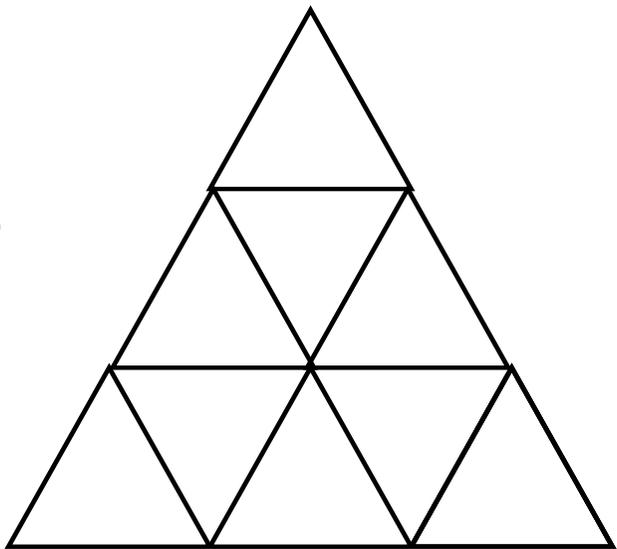
Les *interactions* entre éléments d'un système déterminent la *nature* du système et le caractérisent partiellement.

**Le système** : le mot provient du grec *sustêma* qui signifie “ensemble cohérent”. Un système est un ensemble d'éléments en interactions dynamiques, organisé en fonction d'un but. (De Rosnay)

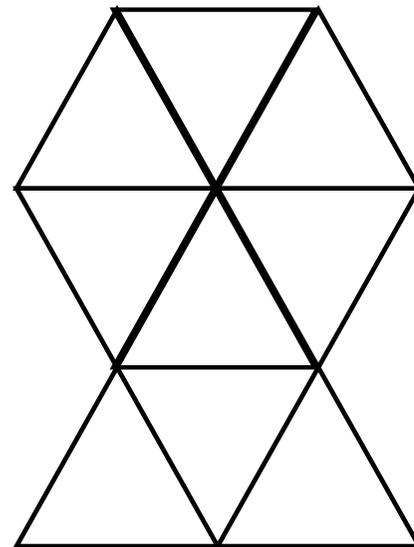
**Dans un système complexe, le Tout est différent de la somme des parties.**



= ?



ou = ?



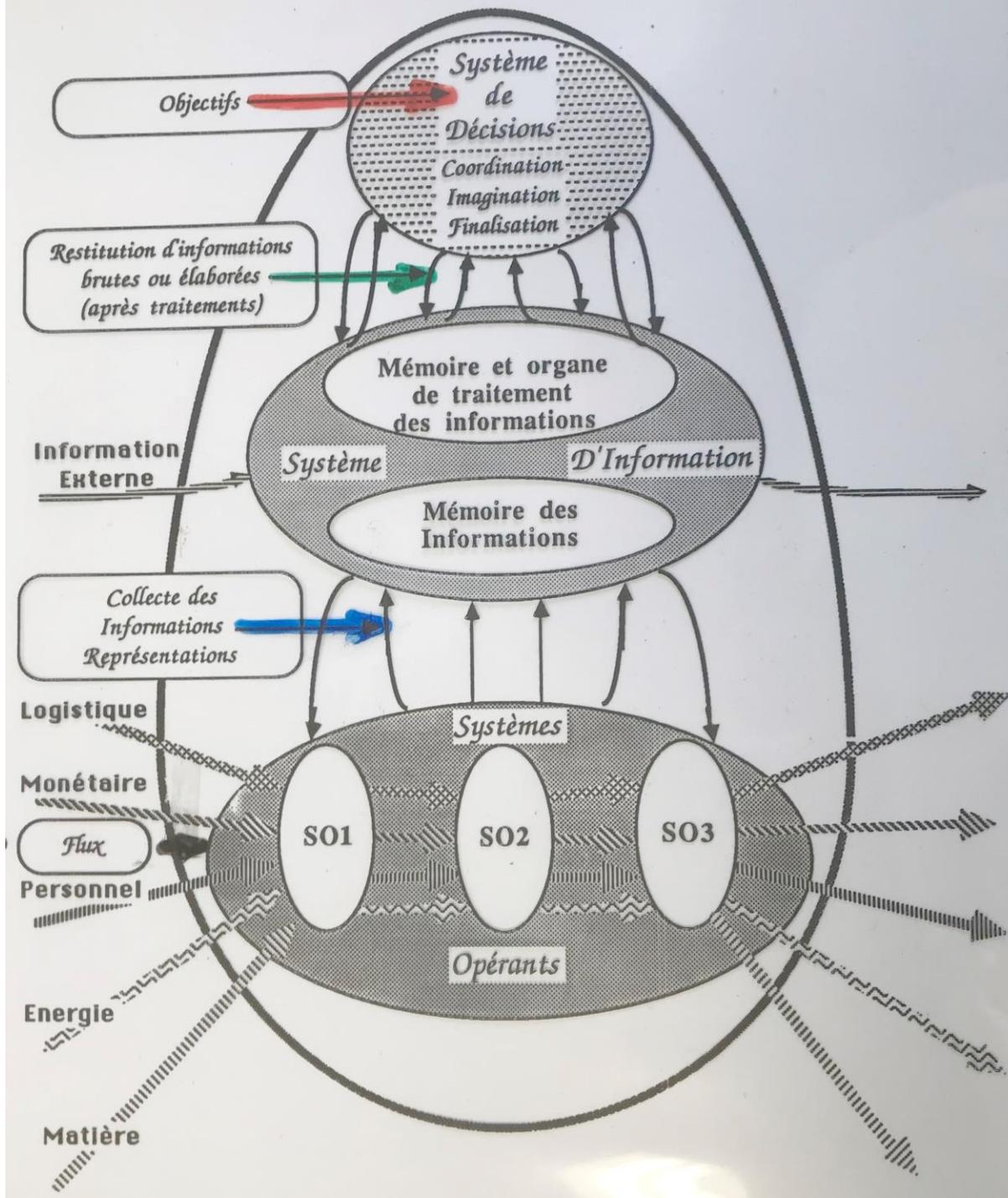
## *L'information*

Elle intervient en permanence dans les échanges entre et au sein des systèmes, parallèlement aux deux autres *flux fondamentaux de matière et d'énergie*.

On distingue l'information circulante et l'information structurante (mémoires du système : p.e. les brins d'ADN du chromosome).

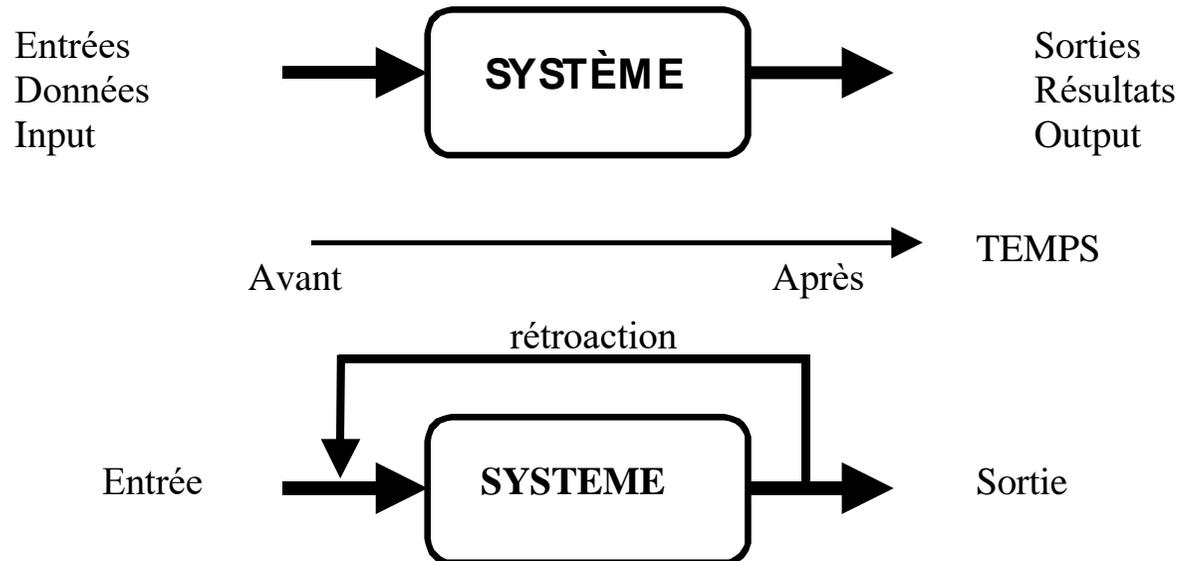
## *La finalité*

Tout système poursuit un but ou finalité propre. Question centrale à se poser quand on étudie un système : « *Pour quoi faire ?* » - avant de se demander : « *Comment ça marche ?* ».



# La rétroaction

Dans un système, il y a des *variables d'entrée et des variables de sortie*. Les entrées sont sous l'influence de l'environnement du système et les sorties résultent de son activité interne (transformations). On appelle alors *boucle de rétroaction (feed-back) tout mécanisme permettant de renvoyer à l'entrée du système sous forme de données, des informations directement dépendantes de la sortie*.



Il existe deux types de boucles de rétroaction :

- *les boucles positives (ou explosives)*, sur lesquelles reposent la dynamique du changement. La ré-injection sur l'entrée des résultats de la sortie contribue à faciliter et à amplifier la transformation déjà en cours. Les effets sont cumulatifs (effet "boule de neige") et on obtient un comportement divergent qui prend la forme, soit d'une expansion indéfinie ou explosion, soit d'un blocage total de l'activité.

- *les boucles négatives (ou stabilisatrices)*, sur lesquelles reposent *l'équilibre et la stabilité*. La rétroaction agit en sens opposé de l'écart à l'équilibre de la variable de sortie (ce qui suppose d'avoir fixé préalablement le niveau recherché pour cet équilibre, ce que l'on appelle en théorie de la régulation la valeur de consigne). Si la rétroaction se montre efficace, il y a *stabilisation* du système qui se montre comme étant finalisé, c'est-à-dire tendu vers la réalisation d'un but.

## *La causalité circulaire*

L'existence de rétroactions rend difficile le fait de distinguer l'effet de la cause d'un phénomène au sein d'un système. C'est le fameux paradoxe de la poule et de l'œuf : l'effet rétroagit sur la cause qui devient effet et il est impossible de dire qui se trouve à l'origine !

C'est pourquoi *on ne doit jamais ouvrir ou couper une boucle de rétroaction*. Lors de l'étude d'un système, ceci constitue l'erreur majeure.

Une boucle doit toujours être étudiée dans sa globalité dynamique.

## •*La régulation*

Le fonctionnement d'un système repose sur l'existence, au plus intime de lui-même, *de multiples boucles de rétroaction*, certaines négatives, d'autres positives, d'autres encore ago-antagonistes.

Articulées entre elles selon une logique de réseau, ces boucles combinent leurs actions pour maintenir à la fois la stabilité du système et l'adapter aux évolutions de son environnement. En cela consiste le processus de régulation.

## *La structure et les niveaux d'organisation*

La structure décrit le *réseau de relations* entre constituants du système et en particulier le *réseau des chaînes de régulation*. Elle matérialise son organisation.

Les *niveaux d'organisation* permettent d'ordonner les données d'un problème complexe, ce qui en facilite considérablement l'examen.

La confusion des niveaux ou l'appréhension du problème à un niveau inadéquat, sont des erreurs classiques qui handicapent la compréhension.

## *La variété*

Elle précise le nombre de configurations que peut prendre le système. Le *principe de variété requise* précise qu'un système S1 ne peut assurer la régulation d'un système S2 que si sa variété est supérieure ou au moins égale à celle de S2.

## *L'ouverture / fermeture*

Un système qui échange (des flux de matière, énergie, information) avec l'extérieur est dit *ouvert* sur son environnement. Il peut maintenir son organisation, voire la complexifier. Un système fermé n'échange rien avec son environnement. Conformément au *principe d'entropie*, il ne peut alors que se détruire (mort entropique).

## *La boîte noire / boîte blanche*

Il s'agit d'une technique d'observation qui consiste à considérer sélectivement :

— soit *l'aspect externe* uniquement, en ignorant la constitution du système (vision en boîte noire ou opaque) pour ne considérer que ses *entrées & sorties* et les *effets de son action* sur l'environnement ;

—

— soit *l'aspect interne* seulement, en regardant l'ensemble des *éléments en interactions mutuelles* (vision en boîte blanche ou transparente) pour mettre en évidence le *fonctionnement* du système.

## DEFINITION

- « *Un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but.* » (Ludwig Von Bertalanfy)
  - Pour représenter un *système ouvert*, la forme la plus habituelle est ce que l'on nomme “*boite noire*” (*ensemble où s'effectuent les transformations*).
- Variables d'entrées*  $\Rightarrow$  (*boite noire*)  $\Rightarrow$  *Variables de sortie*

# Caractéristiques principales d'un *systeme*...

Il possède une *limite* (*frontière*) ;

Il est “*plongé*” dans un *environnement* (pouvant être lui-même un système) ;

Il comprend des *éléments* (étant la plupart du temps des sous-systèmes).

Il possède des *structures* (des liaisons, des réservoirs, ...) ;

Il est doté de *fonctionnalités* (des vannes, des réservoirs, des centre de décision, des délais, des boucles de rétroaction, ... ) ;

Il est traversé par des *flux* (matières, énergies, informations, ...) ;

On y trouve un “*opérateur*” (*ensemble* des acteurs qui modifient les *variables d'action*)s ;

Des *variables d'actions* (*buts, moyens, tactiques, ...*) qui permettent d'influer sur *les entrées et sorties* du système et se réfèrent aux résultats à atteindre ;

Les *variables essentielles* qui se constituent des *indicateurs et des critères* mesurant la réussite de la mission confiée (ou que se confie) le **système** (*finalités et objectifs*).

**Les variables de flux et variables d'état expriment un résultat**

## **Variables de flux**

Elles contrôlent les flux et ne s'expriment qu'entre deux instants, ou pendant une durée déterminée. Elles sont donc essentiellement *dépendantes du temps*.

## **Variables d'état**

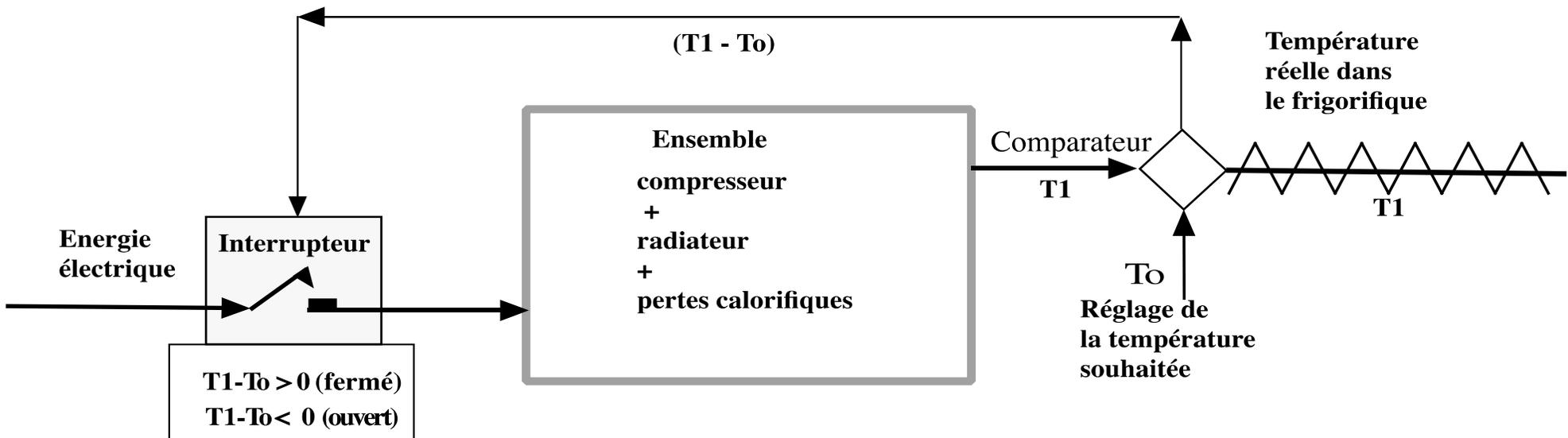
Les variables d'états (les niveaux) indiquent l'*accumulation* au cours du temps d'une quantité donnée. (ex : les connaissances d'une personne)

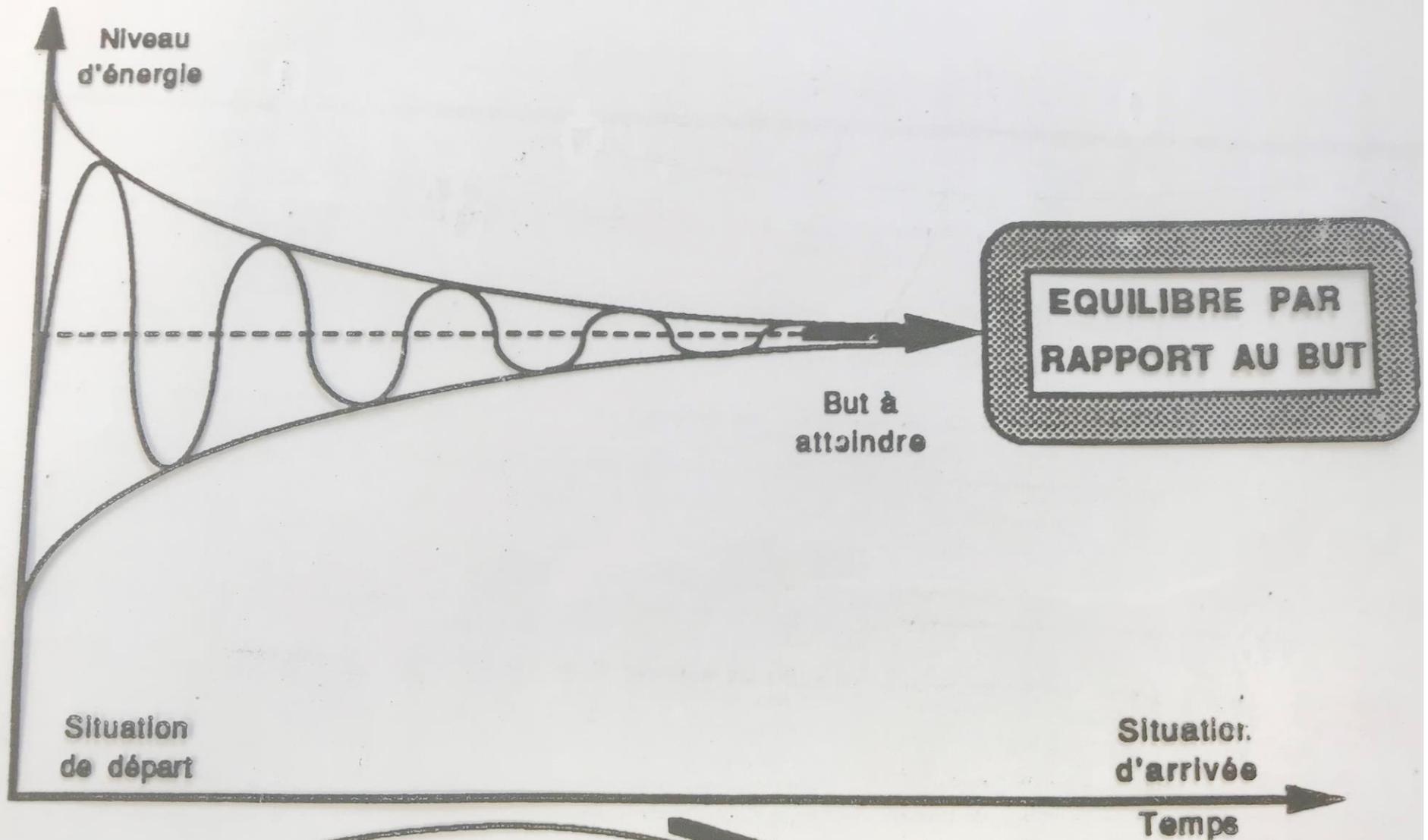
# Boucle de rétroaction “négative” ou convergente :

C'est l'homéostasie, le système est conçu pour produire une variable de sortie quasi-stable : ici la température intérieure désirée d'un frigorifique.

On fixe la valeur  $T_0$  et on commande l'interrupteur avec la valeur  $(T_1 - T_0)$

Schématisme d'une boucle de rétroaction dites "négative"

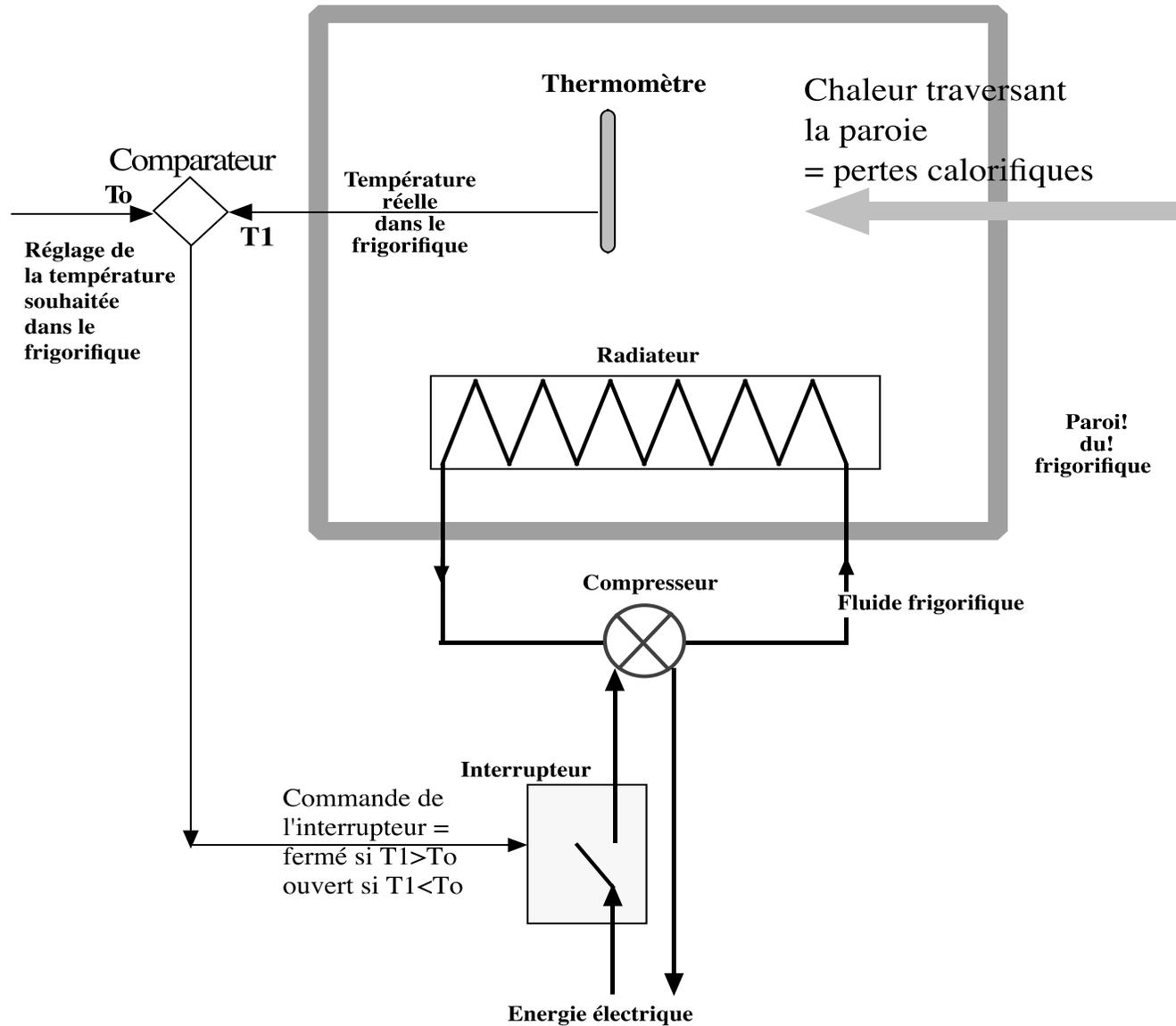




**RETRO-ACTION "NEGATIVE"**  
Convergence vers un "BUT"

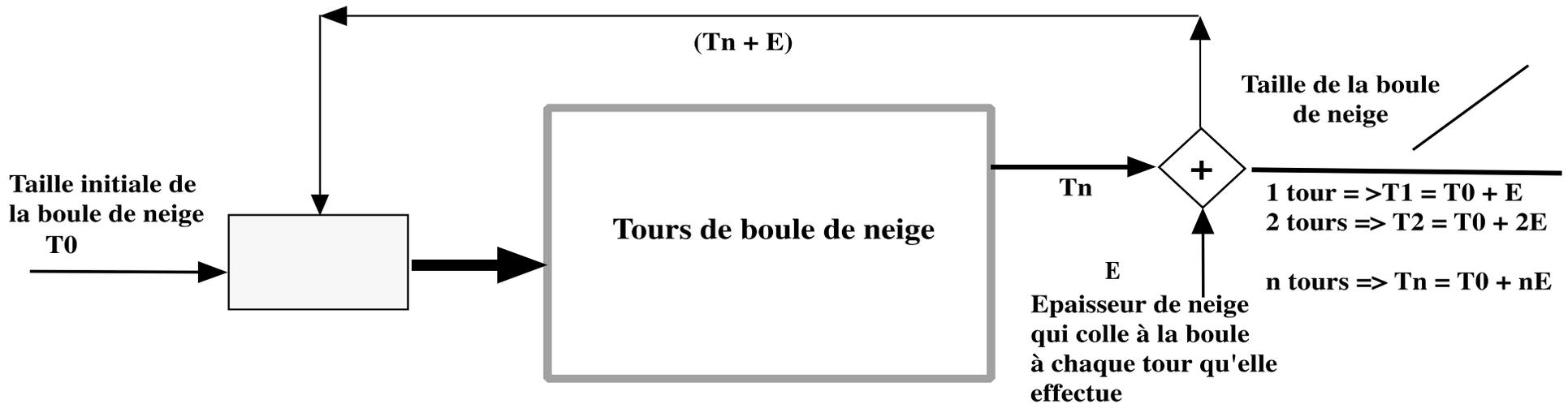
The diagram shows a large oval containing the text 'RETRO-ACTION "NEGATIVE" Convergence vers un "BUT"'. Two thick arrows originate from the right side of the oval and point towards the right, representing the feedback loop.

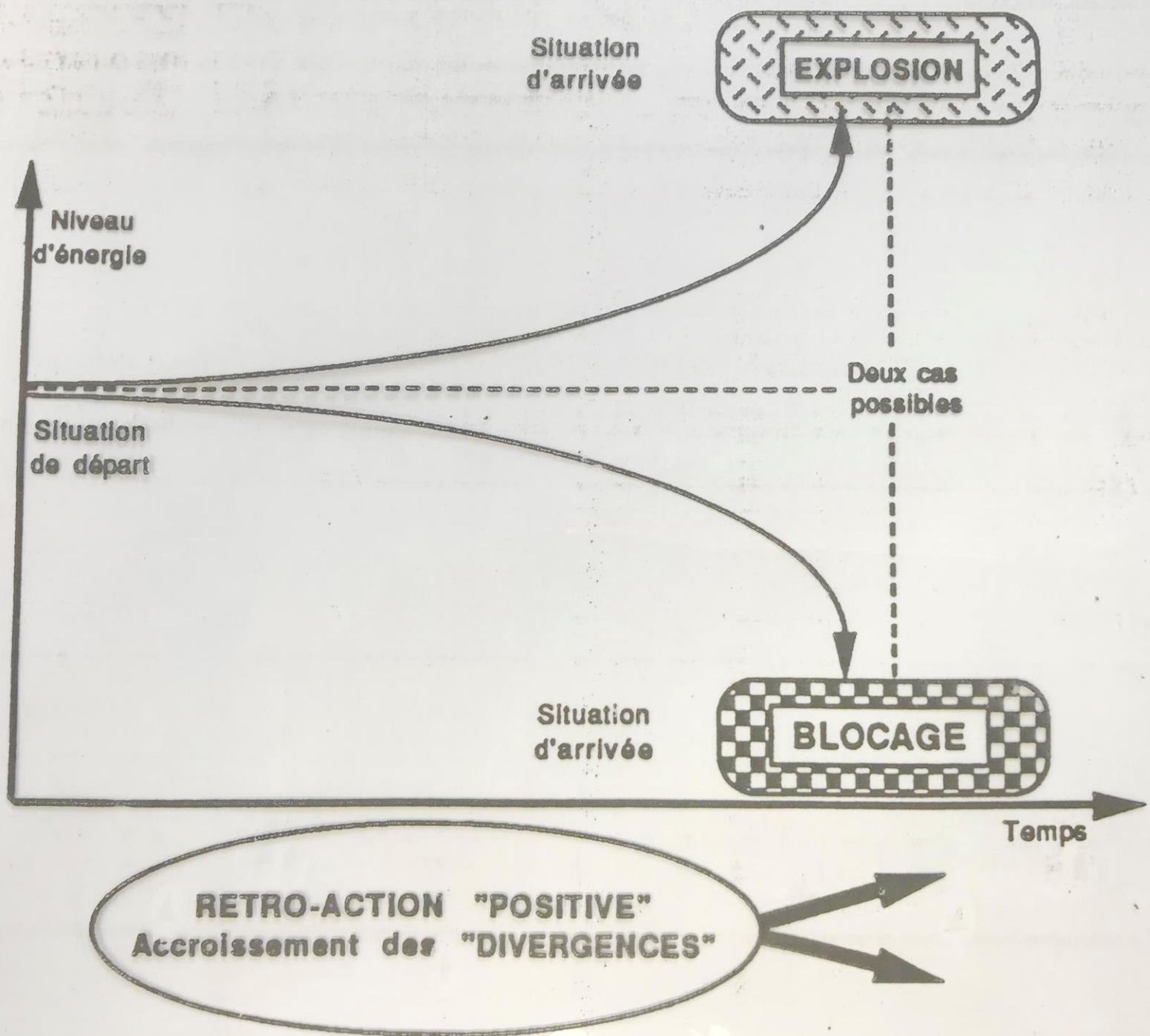
# Boucle de rétroaction "négative" ou convergente : du frigo à l'ABS



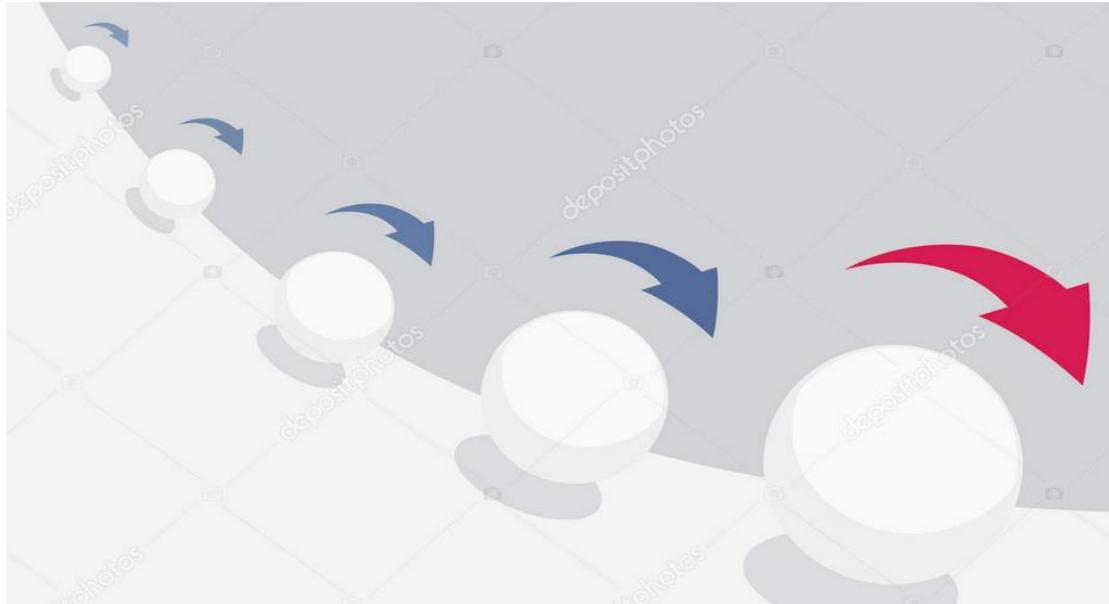
# Boucle de rétroaction "positive" ou divergente : effet boule de neige

Schématisation d'une boucle de rétroaction dites "positive"





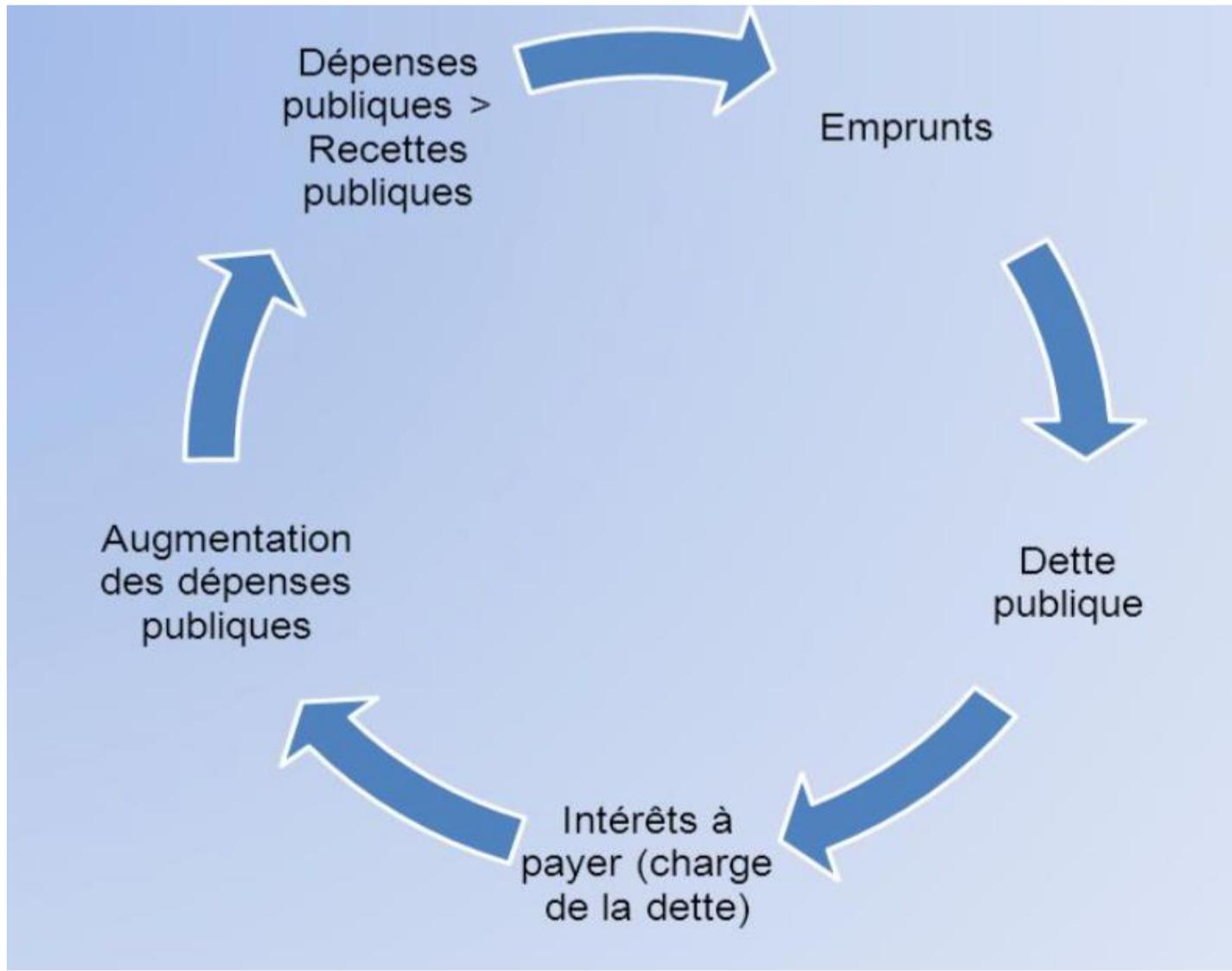
# Boucle de rétroaction “positive” ou divergente : effet boule de neige (bombe atomique ?)



C'est l'exemple le plus simple d'une boucle de rétroaction dite "positive". Cette boucle de rétroaction est également dite "explosive"... En effet, la boule initiale qui dévale la pente emporte à chaque tour une couche de neige qui s'enroule autour de la boule et augmente sa masse et son volume.

# Boucle de rétroaction “positive” ou divergente : effet boule de neige (bombe atomique ?)

On retrouve ce phénomène dans l'augmentation de la dette



# Les dix commandements pour étudier un système

(*In Le Macroscopie par Joël de Rosnay*)

## **1°) Conserver la Variété :**

Toute simplification est dangereuse car elle introduit des déséquilibres (par coupure des boucles de rétroaction : voir 2°)). Toute centralisation excessive, comme toute parcellisation entraîne une simplification des canaux de communication et un appauvrissement des interactions.

## **2°) Ne pas "ouvrir" les boucles de rétroaction :**

Pour obtenir une action à court terme, on "coupe" très souvent une boucle de rétroaction qui stabilise le système : on croit agir directement sur les causes afin de mieux contrôler les effets. Mais cela conduit souvent à la catastrophe, car à plus long terme (voir 10°) cela produit des perturbations irréversibles.

## **3°) Rechercher les points d'amplification :**

Les systèmes comportent des "points sensibles" où les variables agissent en synergie. En portant l'action à ce niveau, on déclenche soit des amplifications, soit des inhibitions contrôlées. On agit sur les "gains" !

## Les dix commandements (suite)

### *4°) Rétablir les équilibres par la décentralisation :*

Le rétablissement rapide des équilibres exige que les écarts soient détectés aux endroits mêmes où ils se produisent, et que l'action correctrice s'effectue également aux points exacts où les effets d'amplifications/inhibitions peuvent jouer : de manière décentralisée.

### *5°) Savoir maintenir les contraintes :*

Si on veut maintenir un comportement donné, jugé préférable à un autre, il faut accepter et maintenir certaines contraintes pour empêcher le système de dériver vers un mode de fonctionnement moins souhaitable. La liberté et l'autonomie ne s'obtiennent qu'à travers le choix et le dosage des contraintes.

### *6°) Différencier pour mieux intégrer :*

L'originalité, le caractère unique de tout éléments se révèle dans la **totalité** **organisé** à laquelle il participe. Une union différenciée qui ne gomme pas les antagonisme, les rapports de forces et les conflits : leurs prises en compte permet de passer à un niveau supérieur d'organisation.

### ***7°) Pour évoluer : se laisser agresser ...***

Capter les agressions comme des germes de changement et les utiliser dans son évolution. Admettre qu'il y a un risque transitoire, c'est accepter et vouloir le changement : pas de changement sans risque !

### ***8°) Préférer les objectifs à la programmation détaillée :***

Fixer un but précis et mettre en place des moyens de contrôle permettant de corriger les écarts et la fluctuation des paramètres. Une programmation trop rigoureuse laisse peu de place à l'imagination et à la participation.

### ***9°) Savoir utiliser l'énergie de commande :***

Il faut distinguer entre l'énergie de puissance et l'énergie de commande. Les retours d'information vers les centres de décisions aident à ce contrôle.

### ***10°) Respecter les temps de réponses :***

Un système a un temps de réponse qui lui est propre en raison des effets combinés des boucles de rétroaction et des *délais* dus aux réservoirs ou à la vitesse d'écoulement des flux. Saisir la dynamique interne du système permet de déclencher des actions ni trop tôt ni trop tard. .

# ***SYSTEMIQUE & APPRENTISSAGE***

Utiliser le concept de la systémique dans l'apprentissage amène à considérer son organisation dans *sa totalité et son historicité*.

Cela place la personne dans son contexte, situe l'apprentissage individuel dans l'organisation et prend en considération les multiples interactions existantes : *interactions avec son environnement, interrelations entre les personnes*.

# *SYSTEMIQUE & APPRENTISSAGE*

Dans un *systeme ouvert* avec entrée et sortie, le déclencheur de l'apprentissage est le résultat de l'investigation que les personnes qui apprennent réalisent lorsqu'elles constatent un écart entre les résultats espérés et les résultats obtenus.

L'apprentissage résulte de cette investigation.

# *SYSTEMIQUE & APPRENTISSAGE*

## **Deux niveaux d'apprentissage :**

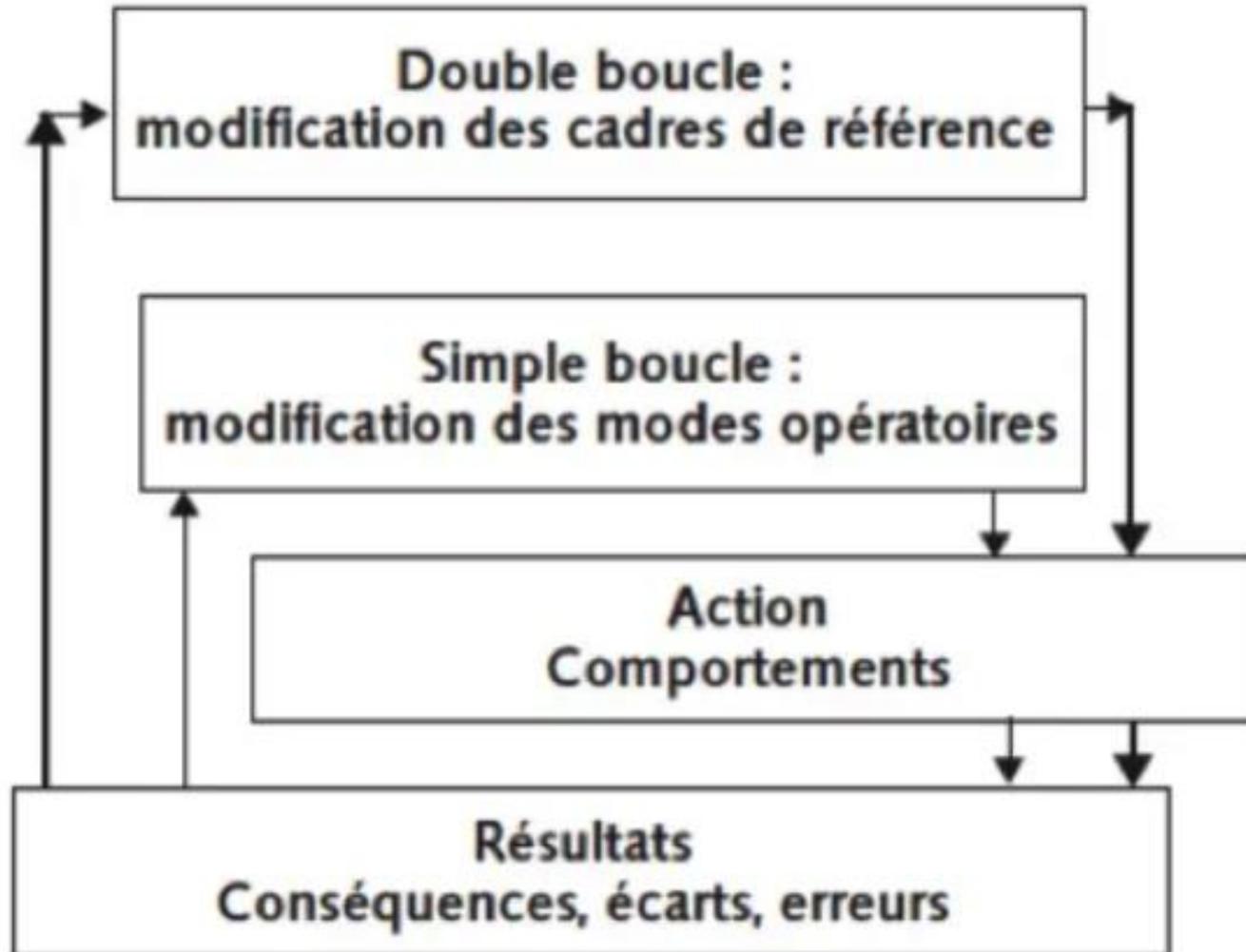
–L'apprentissage en *simple boucle* correspond à la modification d'un comportement, qui peut se produire sans compréhension réelle de la situation (Béhaviorisme).

–

–L'apprentissage en *double boucle* modifie en profondeur la *structure cognitive*, car il s'appuie sur une compréhension *fine de la situation et des relations entre éléments* (constructivisme , socioconstructivisme, ...).

# APPRENTISSAGE

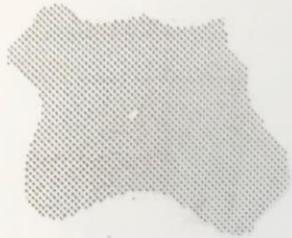
## SIMPLE & DOUBLE BOUCLE



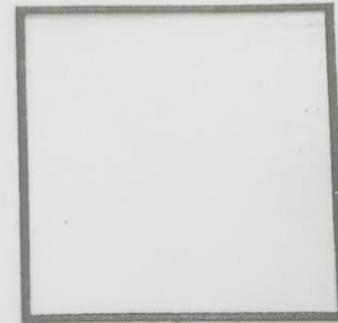
# Rappels

- Les connaissances ne sont pas transférées de quelqu'un qui sait vers quelqu'un qui ne sait pas !
- Les actions du sujet apprenant sont intériorisées et constituent les “schèmes”. Ceux-ci s'organisent en structures opératoires et permettent à la personne de répondre de façon satisfaisante à une situation = *adaptation*.
- *L'assimilation, l'accommodation et l'équilibration* expliquent le processus de l'adaptation.
- La théorie de Piaget revêt un aspect systémique car l'équilibration y est conçue comme une *homéostasie des structures cognitives*, qui fonde l'équilibre d'un organisme dans son ensemble.

Réalité complexe



Représentation



Système de représentation

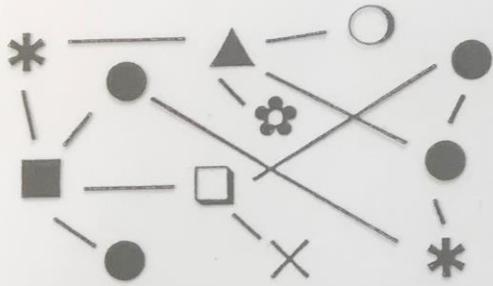


3 composantes



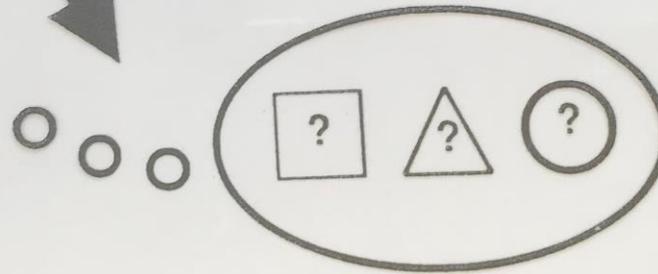
Paradigme + Contexte + Intention

Les trois composantes d'un système de représentation

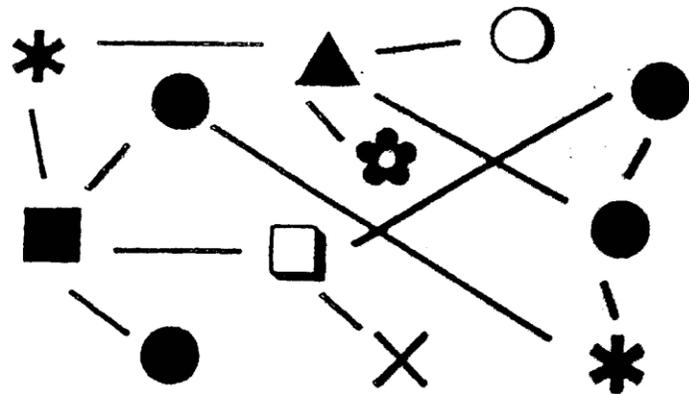


1. La réalité est  
présumée  
complexe

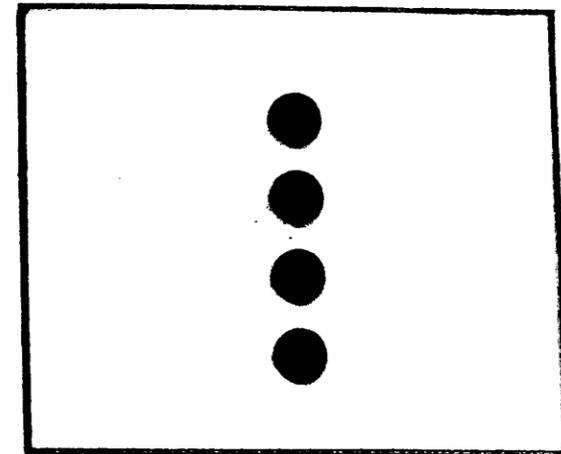
2. La représentation de  
la réalité est un acte  
préssumé complexe



Réalité complexe

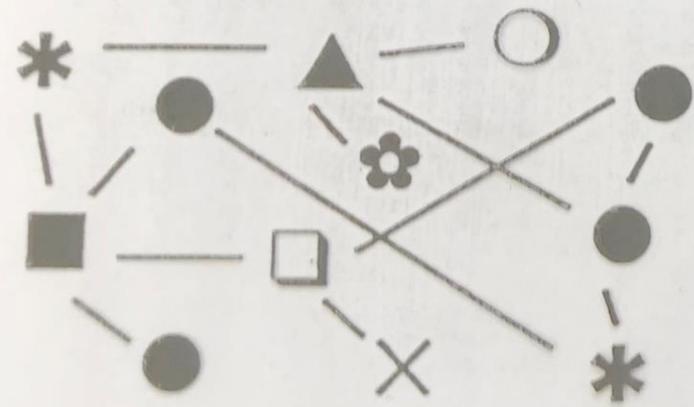


Représentation  
communicable  
(modèle)

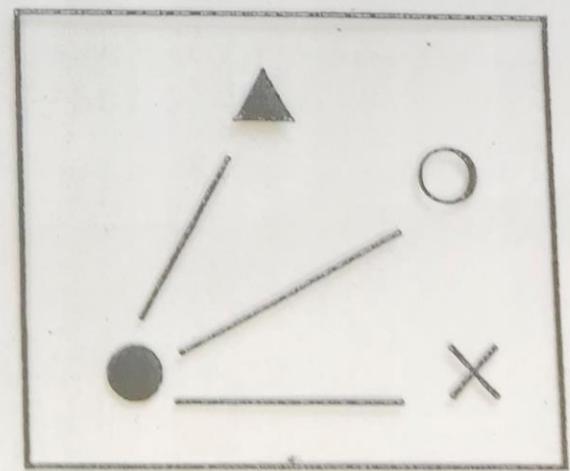


Le système de représentation prétend pouvoir ne retenir que certains aspects d'une situation

Réalité complexe



Représentation communicable (modèle)



Le système de représentation prétend pouvoir ignorer la complexité de la loi de composition du système



# CONCEPTUALISATION

Les informations obtenues lors des évaluations *formatives et formatrices* peuvent être présentées comme des *variables de flux*.

Les informations obtenues lors *d'évaluations sommatives* peuvent être présentées comme des *variables d'états*.

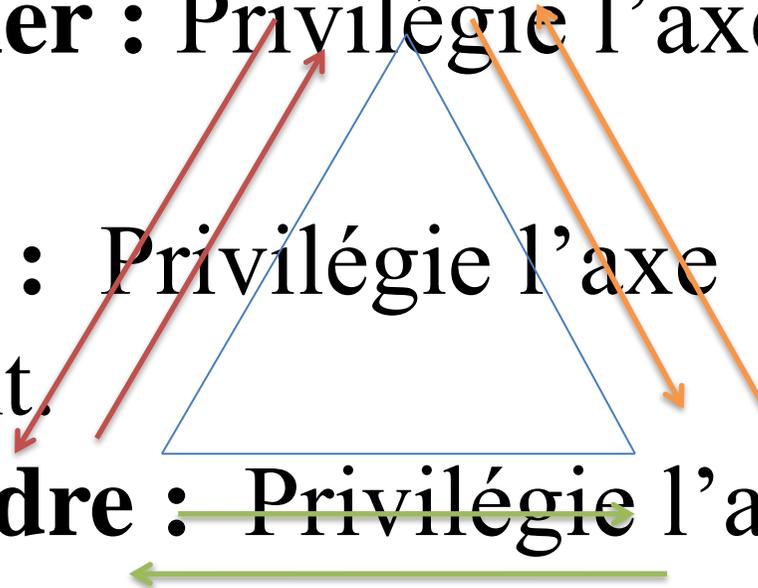
# MODELE SYSTEMIQUE

•Le triangle de Jean Houssaye est un modèle systémique, il présente trois processus qui interagissent en permanence :

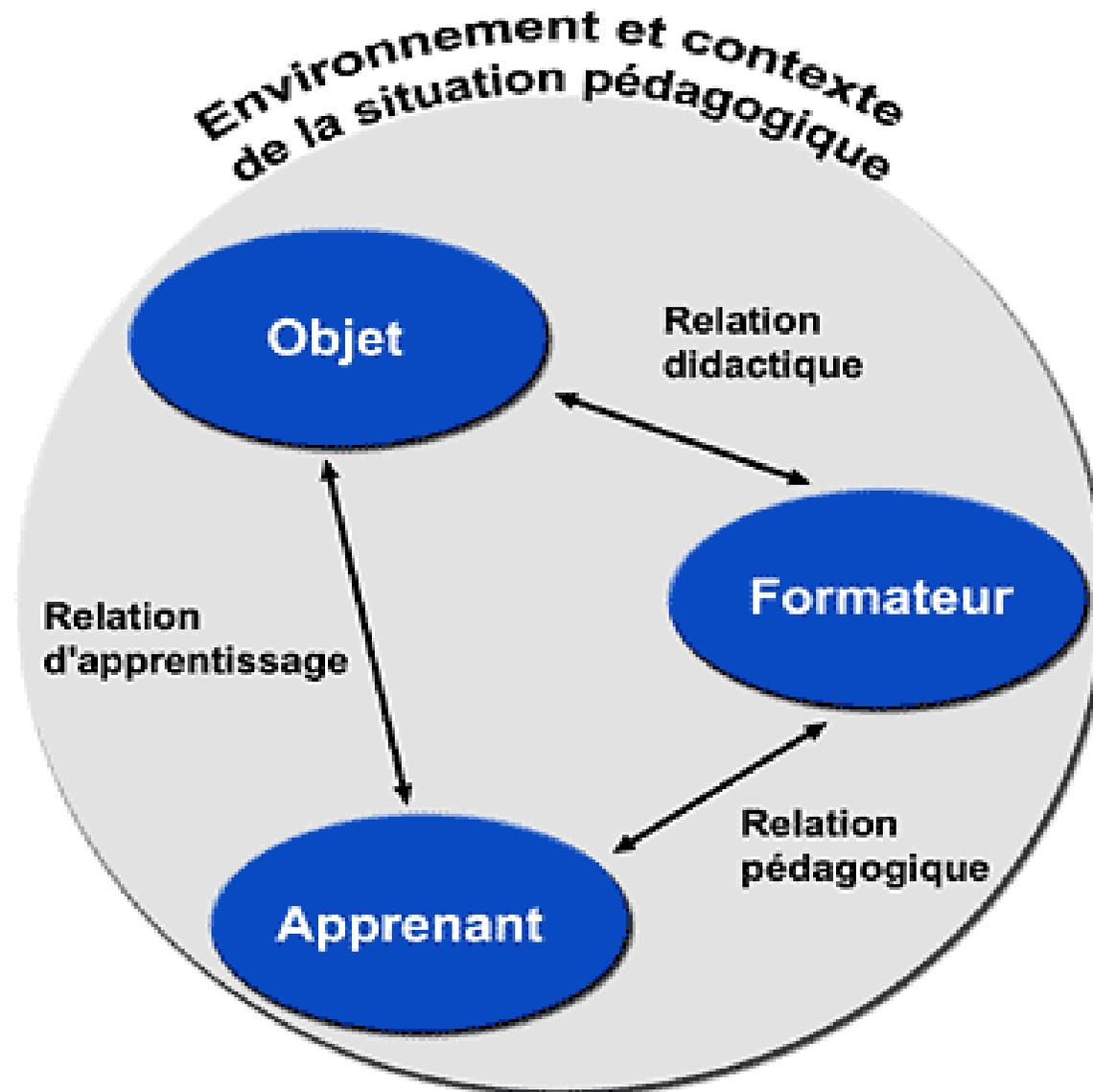
–**Enseigner** : Privilégie l'axe Formateur -  
Savoir.

–**Former** : Privilégie l'axe Formateur -  
Apprenant.

–**Apprendre** : Privilégie l'axe Apprenant -  
Savoir.



# Exemple...



# Deux manières d'analyser et de modéliser : transposition didactique



**Vision Classique  
de la  
Transposition Didactique  
(Causalité linéaire)**

**Savoirs Savants**



**Savoirs à Enseigner**



**Savoirs Enseignés**



**Vision Systémique  
de la  
Transposition Didactique  
(Causalité Circulaire)**

**Savoirs Savants**



**Savoirs Enseignés**

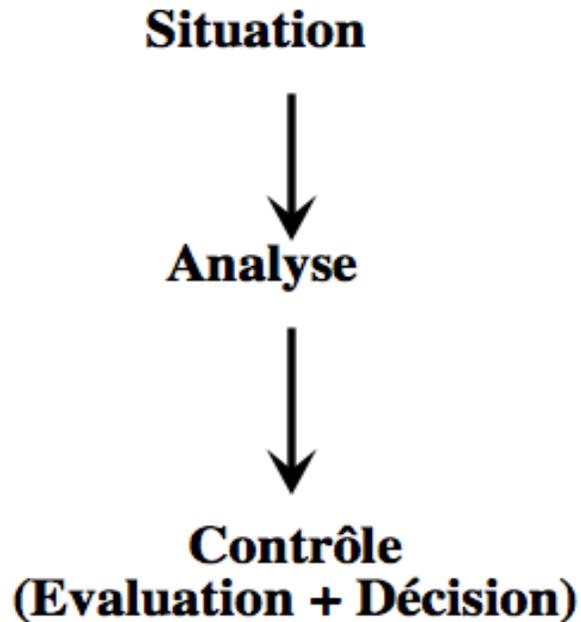


**Savoirs à Enseigner**

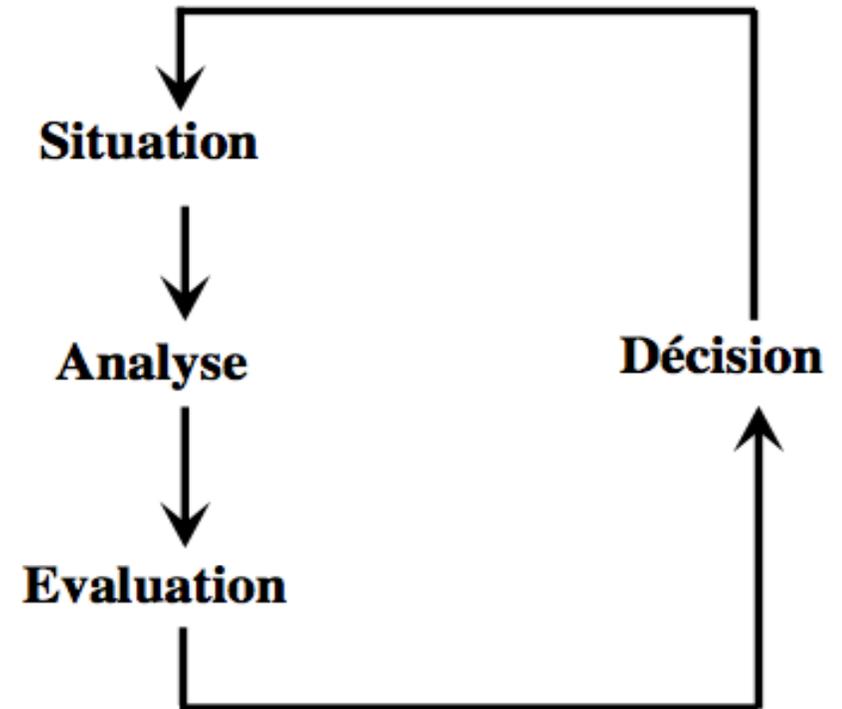


# Deux manières d'analyser et de modéliser : évaluation

**Vision Classique  
de  
l'Evaluation  
(Causalité linéaire)**

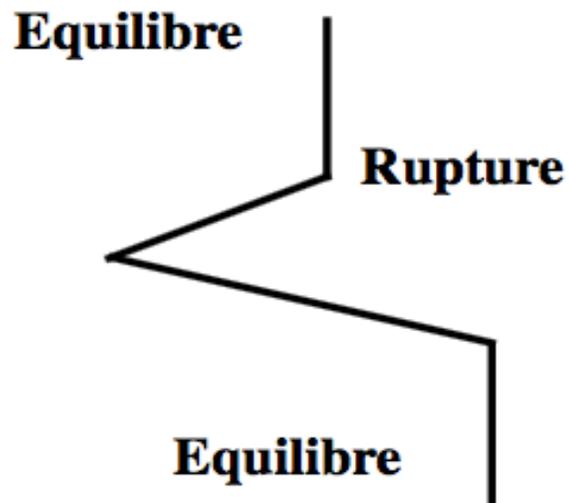


**Vision Systémique  
de  
l'Evaluation  
(Causalité Circulaire)**

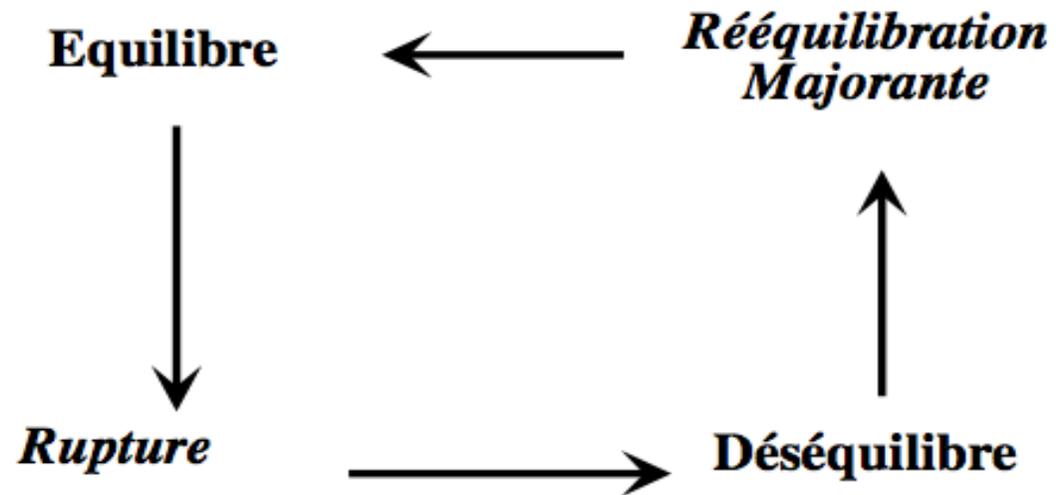


# Deux manières d'analyser et de modéliser : apprentissage

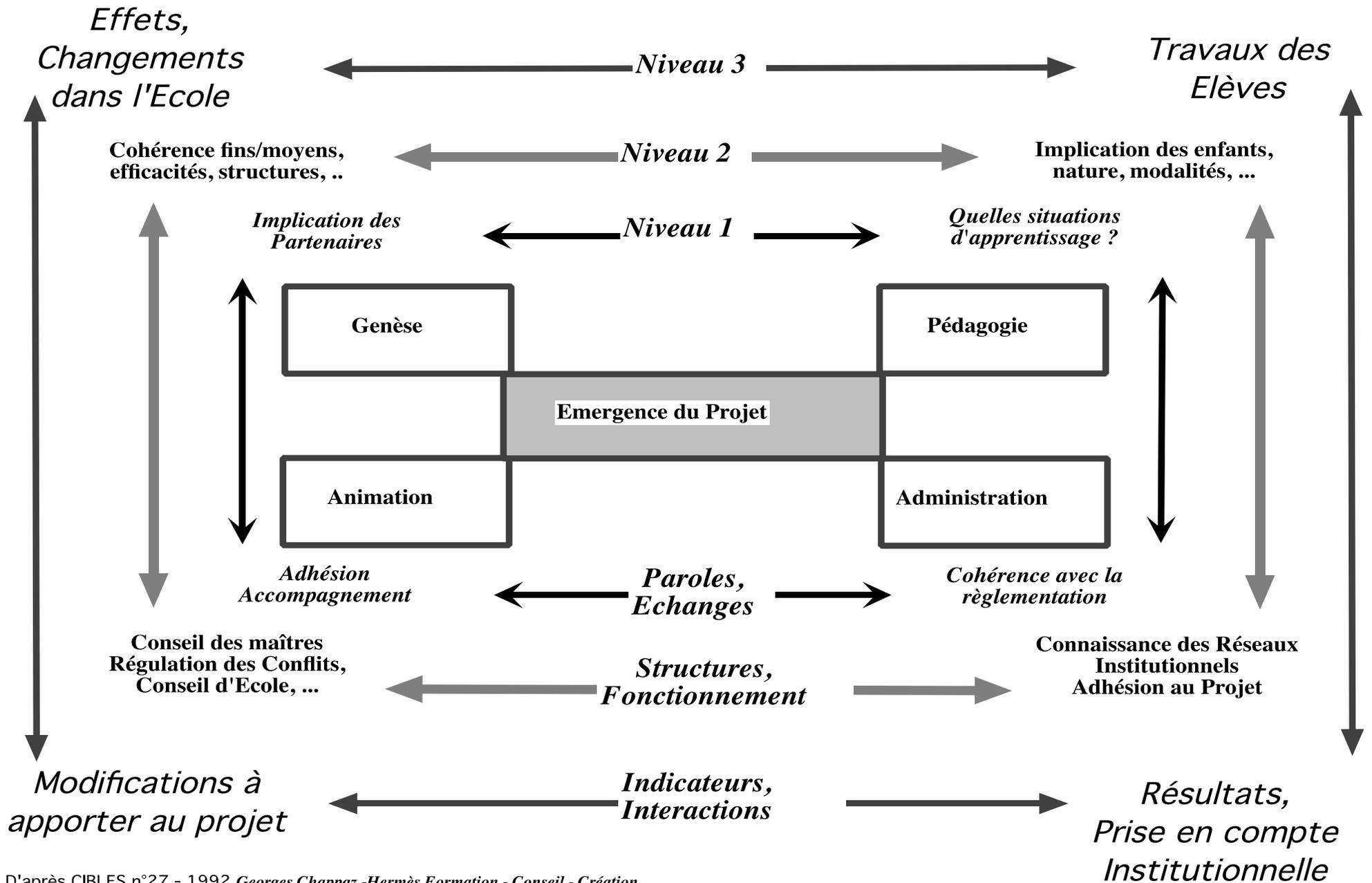
**Vision Classique  
de  
l'Apprentissage  
(Causalité linéaire)**



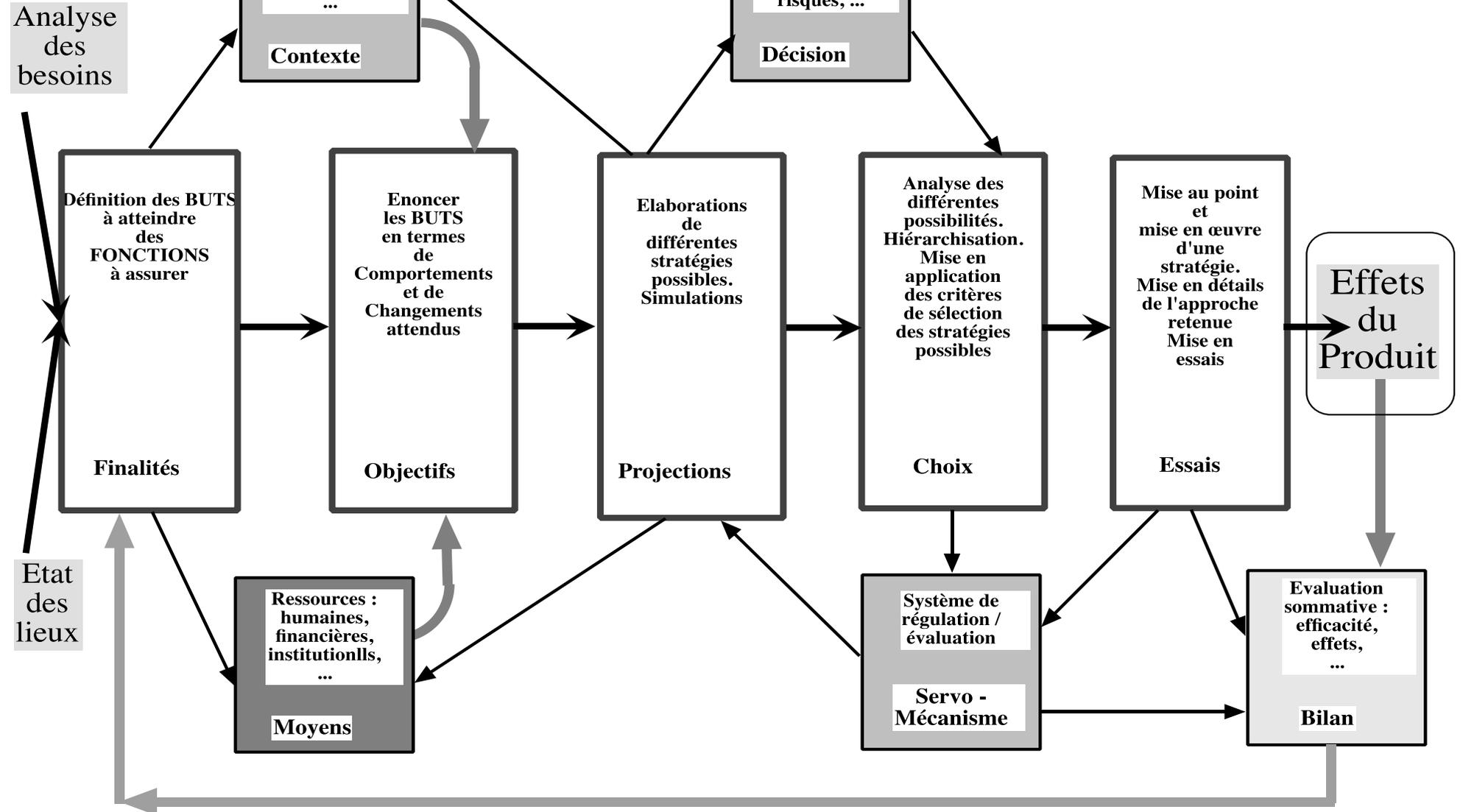
**Vision Systémique  
de  
l'Apprentissage  
(Causalité Circulaire)**



# Les Niveaux d'Analyse du Projet d'Etablissement



*Approche Systémique  
du  
Projet d'Etablissement*





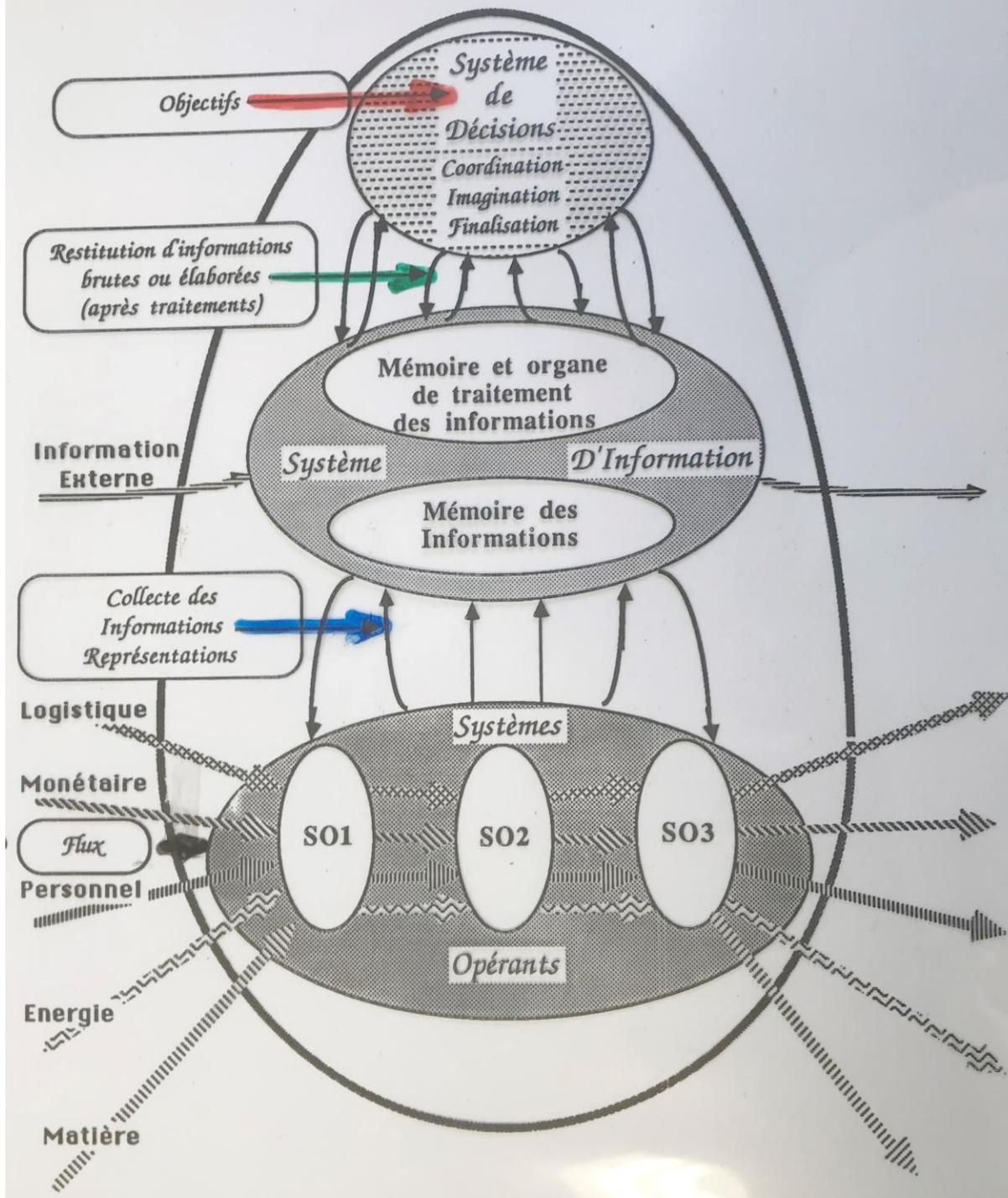


# Exemple...



Il me reste pour conclure de vous présenter sur un schéma (voir page suivante) une représentation générique d'un système, comme un "œuf à trois jaunes" :

-un *sous-système "opérants"* qui a en charge d'effectuer les transformations sur les différents flux qu'ils soient externes ou internes. Ce sous-système peut être constitué d'un nombre plus ou moins grand de sous-systèmes, et d'éléments divers. C'est en ces "lieux" que sont dans leur grande majorité "manipulées" les variables d'action ;



- *un sous-système "d'information"* qui a en charge la collecte interne et externe des informations utiles au fonctionnement du système, à sa survie, et sa transformation. Il collecte, mémorise et surtout il a en charge de "traiter" ces informations de manière à élaborer des informations spécifiques, tant en ce qui concerne les processus et procédures à mettre en œuvre au niveau du sous-système opérant qu'en direction du sous-système de décision. Il élabore également des informations en direction de l'extérieur du système.

- *un sous-système de décisions* qui à en charge de définir ou "conserver" les *variables essentielles*. Il est en quelques sortes le "gardiens" des finalités, et des objectifs ; mais il a également en charge de les faire évoluer en fonction des informations qui lui parviennent soit directement de l'extérieur, soit plus spécifiquement du sous-système d'information. Il demande des traitements spécifiques d'informations particulières au sous-système d'information de manière à prendre les décisions.

Remarquons toutefois, que cette représentation générale d'un système, s'applique aux sous-systèmes qui le compose (puisque tout sous-système est un système), ce qui veut dire que chaque sous-système, le sous-système opérant par exemple, sera à son tour (un peu comme des "poupées russes") redevable de cette représentation "d'œuf à trois jaunes".

# Exemple...

