

# SYSTÉMIQUE ET THÉORIE DES SYSTÈMES

**Date :** 19 décembre 2022

**Auteur(s) :** Benoît Eynard, Matthieu Bricogne

**Copyright :** B. Eynard, M. Bricogne, université de technologie de Compiègne

**Licence :** CC 4.0 BY-NC-SA [<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr>] + licence commerciale ET-LIOS [<https://et-lios.s-mart.fr/licencecommerciale/>]

# Table des matières

Introduction .....	3
1. Définition d'un système .....	4
2. L'approche systémique .....	5
3. La notion d'interaction .....	7
4. La notion de point de vues .....	9
5. Les concepts liés à la systémique .....	11
Glossaire .....	13
Bibliographie .....	15

# Introduction

---

## Objectifs pédagogiques

Appréhender les concepts de base liés à la systémique

Identifier quelques fondateurs de ce courant de pensée

Comprendre la contribution de la théorie des systèmes dans le développement d'une démarche d'ingénierie système

Acquérir le vocabulaire lié aux concepts clé de ce courant de pensée

# 1. Définition d'un système

Dans les fondamentaux de la systémique, un système est considéré comme un système ouvert qui présente des interactions dynamiques avec d'autres systèmes de son environnement. Ce paradigme d'interaction dynamique entre systèmes va permettre de théoriser la définition d'un système et de ses constituants ou d'un système de systèmes et de ses sous-systèmes.

La norme internationale ISO 15288 donne la définition suivante d'un système en tant que : **combinaison d'éléments en interaction, et qui sont organisés de manière à atteindre un ou plusieurs buts préétablis**. Cette définition illustre bien les préoccupations principales : un système est un ensemble d'éléments [préoccupation structurelle] en interaction [préoccupation dynamique], organisés pour atteindre un objectif [préoccupation liée à l'objectif].

Voir la norme internationale ISO 15288<sup>[p.15]</sup>.

La systémique trouve des applications nombreuses et variées en automatique, biologie, cybernétique, économie, informatique, génie industriel, management, sociologie...

## ★ Remarque

Parmi les pères fondateurs et contributeurs de la systémique mentionnons Karl Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), biologiste autrichien, auteur de General System Theory<sup>[p.15]</sup> en 1968 ou Jean-Louis Le Moigne (né en 1931), auteur de la Théorie du Système Général - théorie de la modélisation<sup>[p.15]</sup> en 1977.

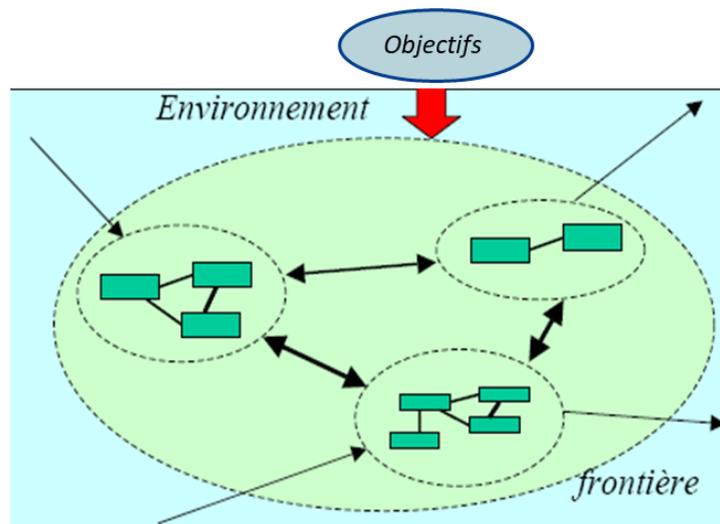


von Bertalanffy

## 2. L'approche systémique

Dans l'approche systémique, un système :

- est doté d'objectifs ;
- possède une frontière, qui détermine ses limites. Cela permet l'identification des éléments qui n'appartiennent pas au système mais qui interagissent avec lui ;
- est constitué de composants : description des éléments qui composent le système et des relations (interactions) entre ces éléments ;
- possède un environnement : ensemble des éléments n'appartenant pas au système mais susceptibles d'affecter ses propriétés ou son aptitude à atteindre ses objectifs.



Caractérisation d'un système

### ◆ Remarque

Un composant ou encore élément d'un système peut être de nature très diverse : matériel ou physique, compétence humaine, logiciel, données, procédure, processus.

L'intérêt de l'approche systémique est de mettre explicitement en évidence les différentes relations - ou interactions - entre les éléments de l'ensemble considéré, c'est-à-dire entre les constituants du système mais également entre le système et son environnement. Ainsi, l'AFIS rappelle dans son guide « introduction au penser système<sup>[p.15]</sup> » que le « penser système » permet d'appréhender des situations complexes et facilite l'identification du système à analyser par :

- la compréhension de la situation ou du système dans son contexte,
- l'anticipation d'évènements engendrés à terme par la situation actuelle,
- la prise en compte de plusieurs points de vue,
- la prise de décision vis-à-vis de risques à éviter ou d'opportunités à saisir.

**◆ Remarque**

On distingue les systèmes naturels (système solaire ou organismes vivants), non considérés dans ce module, et les systèmes créés par l'homme.

Ces derniers peuvent être des systèmes techniques (voiture, avion, réseau électrique...) ou sociaux-techniques (système politique, système économique, etc.). Ici, nous nous focalisons sur les systèmes techniques, même si de nombreux concepts restent valables pour les systèmes sociaux-techniques.

## 3. La notion d'interaction

### Notion d'interaction

La notion d'interaction entre les composants met en lumière l'influence que les éléments peuvent avoir les uns sur les autres.

L'interaction entre éléments peut être de l'échange de matière, d'énergie, d'information ou encore de données, conformément à une procédure (séquence en enchaînement de tâches pouvant préciser l'ordre des échanges réalisés) et selon un vecteur : contact physique, propagation d'ondes (acoustique, électromagnétique, lumineuse, vibratoire...), transfert énergétique ou thermique, transmission d'efforts mécaniques ou fluidiques, transmission de données ou de signaux...

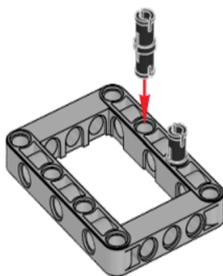
### Complément La notion d'interaction est rapidement liée à la notion d'interface

Une interface est un élément à la périphérie d'un système / sous système par laquelle quelque chose est échangé. Dans les travaux de thèse de Chen Zheng<sup>[p.15]</sup>, 4 types d'interface ont été proposés.

Type: which types of transfers occur through one interface?

1. Geometric interface

*Geometric interface indicates how one element is physically connected to another.*

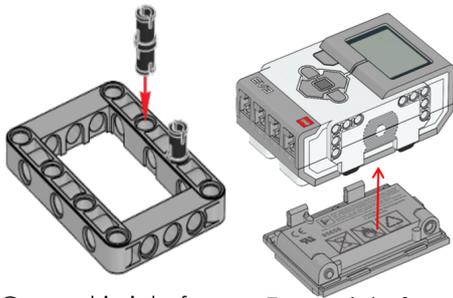


Geometric interface

Type: which types of transfers occur through one interface?

1. Geometric interface
2. Energy interface

*Energy interface indicates how energy (electrical energy, mechanical energy...) is transferred between elements*



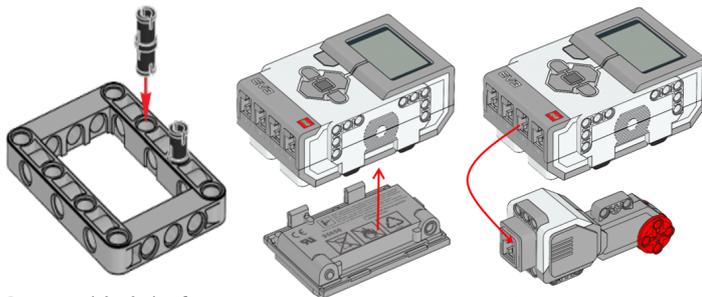
Geometric interface    Energy interface

▪ Interface classification

Type: which types of transfers occur through one interface?

1. Geometric interface
2. Energy interface
3. Control interface

*Control interface indicates how one element will be controlled by another.*



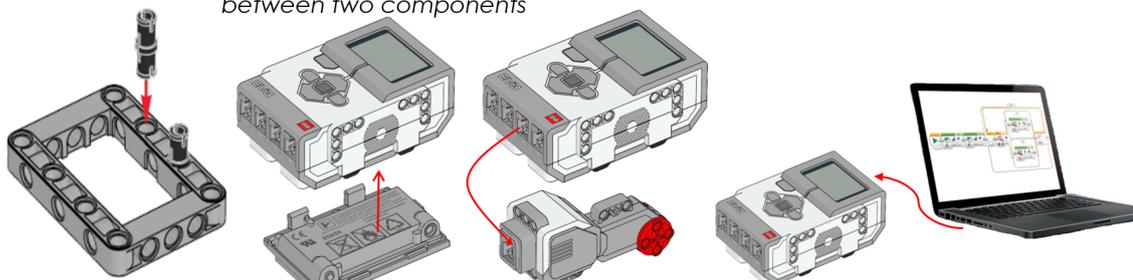
Geometric interface    Energy interface    Control interface

▪ Interface classification

Type: which types of transfers occur through one interface?

1. Geometric interface
2. Energy interface
3. Control interface
4. Data interface

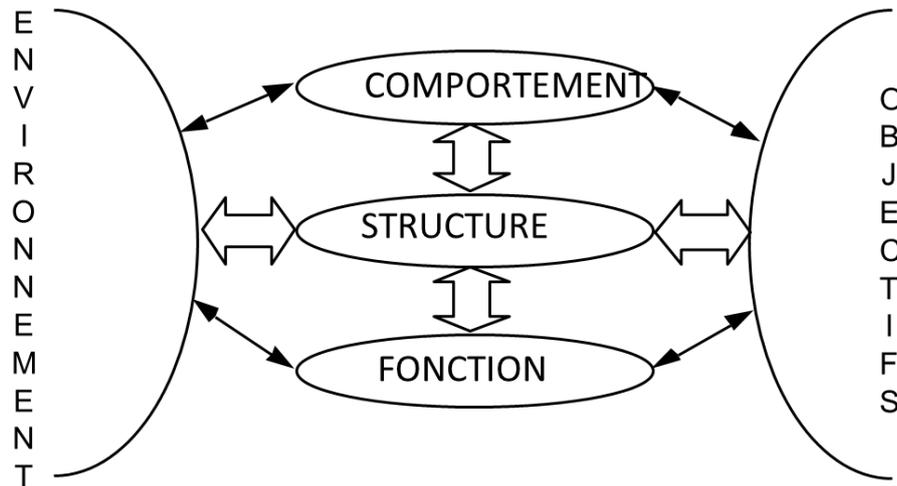
*Data interface indicates how communication information is transferred between two components*



Geometric interface    Energy interface    Control interface    Data interface

## 4. La notion de point de vues

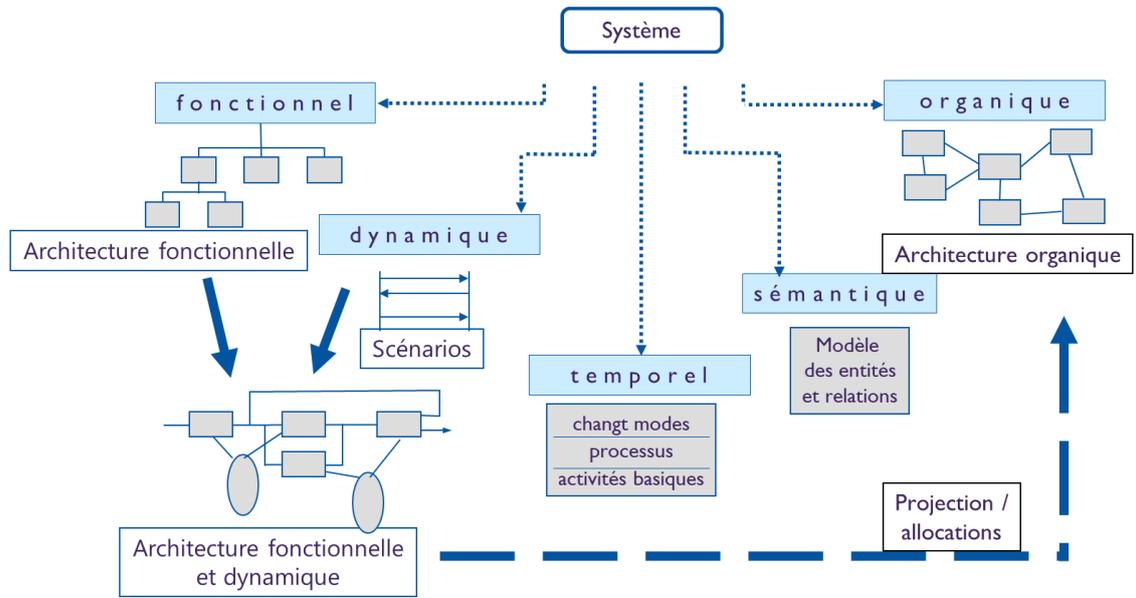
Un apport important de la systémique est également la notion de point de vues qu'il est possible d'adopter pour considérer un système. Classiquement les vues fonctionnelle, comportementale et structurelle (issues du modèle FBS : Function-Behavior-Structure<sup>[p.15]</sup>) sont a minima prises en compte.



*Concepts du modèle FBS*

Mais d'autres points de vues peuvent être adoptés. On parle ainsi des vues :

- Fonctionnelle : transformations des entrées en sorties
- Architecturale (organique) : les composants du système
- Sémantique : définition des concepts manipulés
- Statique : les relations entre éléments
- Dynamique : les évolutions dans le temps du système (comportement)
- etc.



(Adapté d'après Alain Faisandier)

## 5. Les concepts liés à la systémique

---

### Réglementaire

La plupart de ces définitions sont issues de Introduction au Penser Système<sup>[p.15]</sup>.

### Système

Un système est un tout, composé d'un ensemble d'éléments qui interagissent de façon organisée pour atteindre un ou plusieurs objectifs définis.

- Définition INCOSE : “An integrated set of elements, sub-systems, or assemblies that accomplish a defined objective. These elements include products (hardware, software, firmware), processes, people, information, techniques, facilities, services and other support elements”
- Définition ISO 15288 : “A combinaison of interacting elements organized to achieve one or more stated purposes”

### Finalité

La finalité est le caractère de ce qui tend vers un but.

La finalité du système correspond au « pourquoi », au sens de ce dernier. C'est sa raison d'être.

### Parties prenantes

Une partie prenante est une entité concernée par le système, sa conception, son utilisation, ses impacts dans un contexte donné. De ce fait, la partie prenante est susceptible d'émettre (ou d'avoir sans nécessairement savoir les exprimer !) des besoins ou des contraintes vis-à-vis du système.

### Structure

La structure est la manière dont les parties d'un tout sont arrangées entre elles.

Dans le cadre du système considéré, il représente l'organisation des parties du système qui lui donne sa cohésion et constitue une de ses caractéristiques permanentes.

### Architecture

L'architecture est l'organisation fondamentale d'un système représenté par ses constituants, leurs interrelations, leurs relations avec l'environnement.

L'architecture d'un système est une représentation, à un niveau d'abstraction et de granularité donné, d'un système sous forme d'une structure identifiant les éléments constitutifs du système et leurs interactions.

## Comportement

Le comportement du système est l'ensemble des phénomènes organisés par lesquels le système, agit et réagit pr rapport à son environnement et aux parties prenantes.

## Fonctionnement

Le fonctionnement d'un système est sa manière de remplir sa fonction, ses objectifs et d'atteindre sa finalité.

## Etat

Un état correspond à un comportement caractéristique et temporaire du système à un instant d'observation donné.

## Cycle de vie d'un système

Le cycle de vie d'un système correspond à son évolution dans le temps. Il peut-être décrit par des états successifs. Cette notion est à rapprocher de la notion de cycle de vie du « Product Lifecycle Management<sup>[[https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion\\_du\\_cycle\\_de\\_vie\\_\(produit\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_du_cycle_de_vie_(produit))]</sup> », mais ne possède pas nécessairement la même couverture.

## Relation

Une relation est un lien d'influence ou d'interaction.

Il existe des relations cause-effet : une situation, un événement, génère la mise en oeuvre d'une réponse dynamique de la part du système pour réguler, temporiser, démultiplier, etc.

Il existe des relations cause-effet-cause ou boucle de rétroaction : elles permettent d'appréhender l'impact de la variation d'un événement sur son environnement et la façon dont cet environnement réagit vis-à-vis du système, en créant un phénomène de régulation ou d'amplification.

## Influence

L'influence est l'action qu'exerce quelque chose sur une autre chose ou sur quelqu'un. Elle est monodirectionnelle.

## Interaction

L'interaction est la réaction réciproque de deux phénomènes l'un sur l'autre. Elle est bidirectionnelle

# Glossaire

<b>Architecture</b>	<p>L'architecture est l'organisation fondamentale d'un système représenté par ses constituants, leurs interrelations, leurs relations avec l'environnement.</p> <p>L'architecture d'un système est une représentation, à un niveau d'abstraction et de granularité donné, d'un système sous forme d'une structure identifiant les éléments constitutifs du système et leurs interactions.</p>
<b>Comportement</b>	<p>Le comportement du système est l'ensemble des phénomènes organisés par lesquels le système, agit et réagit pr rapport à son environnement et aux parties prenantes.</p>
<b>Cycle de vie d'un système</b>	<p>Le cycle de vie d'un système correspond à son évolution dans le temps. Il peut-être décrit par des états successifs. Cette notion est à rapprocher de la notion de cycle de vie du « Product Lifecycle Management <sup>[<a href="https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_du_cycle_de_vie_(produit)">https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_du_cycle_de_vie_(produit)</a>] » , mais ne possède pas nécessairement la même couverture.</sup></p>
<b>Etat</b>	<p>Un état correspond à un comportement caractéristique et temporaire du système à un instant d'observation donné.</p>
<b>Finalité</b>	<p>La finalité est le caractère de ce qui tend vers un but.</p>
<b>Fonctionnement</b>	<p>Le fonctionnement d'un système est sa manière de remplir sa fonction, ses objectifs et d'atteindre sa finalité.</p>
<b>Influence</b>	<p>L'influence est l'action qu'exerce quelque chose sur une autre chose ou sur quelqu'un. Elle est monodirectionnelle.</p>
<b>Interaction</b>	<p>L'interaction est la réaction réciproque de deux phénomènes l'un sur l'autre. Elle est bidirectionnelle</p>
<b>Notion d'interaction</b>	<p>La notion d'interaction entre les composants met en lumière l'influence que les éléments peuvent avoir les uns sur les autres.</p>
<b>Parties prenantes</b>	<p>Une partie prenante est une entité concernée par le système, sa conception, son utilisation, ses impacts dans un contexte donné. De ce fait, la partie prenante est susceptible d'émettre (ou d'avoir sans nécessairement savoir les exprimer !) des besoins ou des contraintes vis-à-vis du système.</p>
<b>Relation</b>	<p>Une relation est un lien d'influence ou d'interaction.</p>

<b>Structure</b>	<p>La structure est la manière dont les parties d'un tout sont arrangées entre elles.</p> <p>Dans le cadre du système considéré, il représente l'organisation des parties du système qui lui donne sa cohésion et constitue une de ses caractéristiques permanentes.</p>
<b>Système</b>	<p>Un système est un tout, composé d'un ensemble d'éléments qui interagissent de façon organisée pour atteindre un ou plusieurs objectifs définis.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Définition INCOSE : “An integrated set of elements, sub-systems, or assemblies that accomplish a defined objective. These elements include products (hardware, software, firmware), processes, people, information, techniques, facilities, services and other support elements”</li><li>● Définition ISO 15288 : “A combinaison of interacting elements organized to achieve one or more stated purposes”</li></ul>

## Bibliographie

---

<b>FBS model</b>	Gero J.S. (1990) "Design prototypes: a knowledge representation schema for design", AI Magazine, 11(4), pp. 26–36
<b>General System Theory, von Bertalanffy</b>	General System Theory, Karl Ludwig von Bertalanffy, 1968
<b>Introduction au Penser Système</b>	Ouvrage AFIS - Edition Collectif AFIS, sous la direction de B.Daniel-Allegro, J.Tucoulou, A.Le Put
<b>ISO15288</b>	ISO/IEC/IEEE 15288:2015, Systems and software engineering - System life cycle processes, Geneva
<b>Jean-Louis Le Moigne, La théorie du système général</b>	Jean-Louis Le Moigne, La théorie du système général - théorie de la modélisation, 1977
<b>Thèse Chen Zheng (2015)</b>	Thèse Chen Zheng (2015)
<a href="#">Manuscrit thèse Chen Zheng</a>	