

# Ingénierie Système

# Table des matières

Objectifs	3
I - Système industriel	4
1. Notion de système.....	4
2. Classification des systèmes.....	4
3. Domaine d'application.....	5
4. Critères technico-économiques.....	5
II - Ingénierie système	6
1. Introduction.....	6
2. Cycle de vie.....	6
3. Expression du besoin.....	6
4. Le système et son environnement.....	7
4.1. Frontière d'étude .....	7
4.2. Services rendus.....	7
4.3. Exigences.....	7
5. Le cahier des charges fonctionnel.....	7
III - Triptyque des Sciences de l'Ingénieur	9

# Objectifs

L'objectif des Sciences de l'Ingénieur est de mettre en place les outils permettant d'**analyser** et de **comprendre le fonctionnement** des systèmes complexes industriels afin de valider leurs **performances**.

# Système industriel

## 1. Notion de système

### Système

- **Association structurée** d'éléments, en relation entre eux
- Entité remplissant des **fonctions**
- **Répondant à un besoin**

### Définition

### Exemple

- **système d'équations** : plusieurs équations liées entre elles par des inconnues communes
- **système nerveux** : neurones et synapses qui assurent les connexions entre neurones



*Ensemble de pièces, robot humanoïde, solveur de Rubixcube*

Ce sont les **pièces** et les **relations entre les pièces** qui font un système.

## 2. Classification des systèmes

On distingue deux grandes catégories de systèmes :

- les systèmes **naturels** (système solaire)
- les systèmes **artificiels**, créés par l'Homme pour remplir une fonction précise. Ces derniers sont appelés **systèmes techniques ou industriels**.

Les systèmes industriels peuvent être de natures différentes, mais sont tous caractérisés par une **complexité forte** et une **interdisciplinarité**. La conception d'un système industriel ne doit pas être faite au hasard, au risque d'aboutir à un produit qui n'intéressera ou ne satisfera pas aux exigences des clients.

Pour faciliter l'étude d'un **système complexe**, il sera possible de le **décomposer en sous-systèmes plus simples**. Chaque sous-système pourra alors être considéré comme un système composé d'autres sous-systèmes en relation. Cette décomposition peut être effectuée jusqu'à aboutir aux **composants simples**

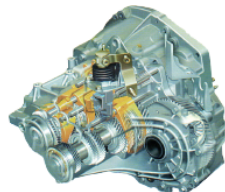
### Exemple

Véhicule



BdV, moteur, carrosserie...

Boîte de vitesses



carter, fourchettes, engrenages, roulements à billes...

Roulement à billes



bague intérieure, bague extérieure, billes, cages à billes, billes

*Exemples de sous-systèmes appliqués à une automobile*

### 3. Domaine d'application

Le **domaine d'application** est le milieu physico-économique dans lequel évolue le système et pour lequel il a été conçu. La majorité des domaines d'application seront rencontrés lors de l'étude des systèmes en TD et en TP au cours de l'année : aéronautique, robotique, domotique, médical, recherche, énergie, transport...



IRM, *médical*



Voiture électrique, *transport*



Robot, *conditionnement*

*Systèmes associés à leur domaine d'application*

#### Remarque

Dans son domaine d'application, le système est dit système **industriel** ; dans le laboratoire de TP, pour une utilisation dans un cadre pédagogique, il sera appelé **système d'étude**.

### 4. Critères technico-économiques

Des critères technico-économiques sont pris en compte dès la phase de conception du système industriel. On utilise par exemple les critères de durée de vie, de coût, de fiabilité, de quantité, de faisabilité, d'impact environnemental...

#### Rasoir

#### Exemple

Les **solutions techniques** qui permettent de satisfaire le besoin "se raser" sont très variées : du rasoir jetable une lame (peu cher et peu robuste) au rasoir électrique sans fil à trois têtes rotatives, diffuseur de crème hydratante, écran intégré (très cher et le client attend qu'il soit robuste).

## 1. Introduction

### Définition

L'**Ingénierie Système - IS** est une approche scientifique interdisciplinaire récente, dont le but est de formaliser et d'appréhender la conception de systèmes complexes.

Le développement d'un système technologique nécessite des **moyens de communication** précis, afin que **tous les intervenants se comprennent** (dans un contexte de travail collaboratif).

Il existe un grand nombre d'outils de communication normalisés, plus ou moins utilisés par les industriels, mais le langage **SysML** (*Systems Modeling Language*) tend à se généraliser actuellement.

Ce langage, normalisé par l'*Object Management Group* en 2008, est issu de la norme portant sur le génie logiciel **Unified Modeling Language 2**.

- Il permet d'**unifier la démarche** depuis le cahier des charges jusqu'à l'obtention détaillée d'un produit virtuel testable.
- C'est un langage **graphique** informatisé à base de **diagrammes**.
- Ceux-ci ne sont pas indépendants les uns des autres : les données qui les constituent sont des objets **informatiques** munis de propriétés.

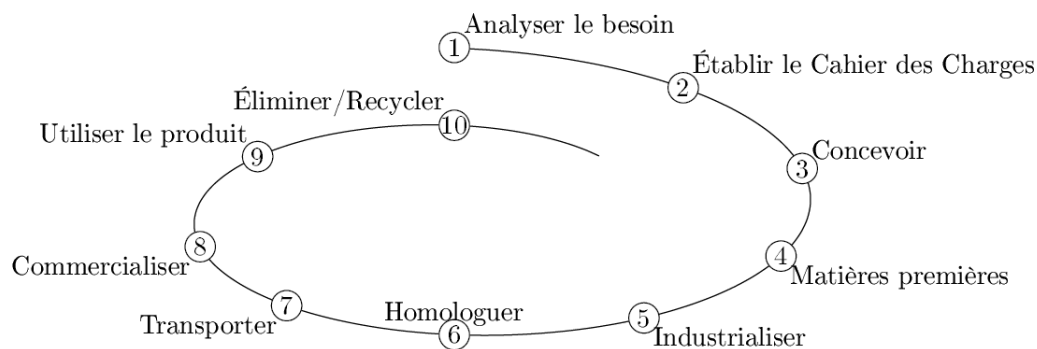
### Programme MPSI - PCSI

### Remarque

Le programme de MPSI et PCSI précise que vous devez être capable de **lire et comprendre** la plupart de ces diagrammes. Il n'est pas nécessaire de connaître toutes les subtilités d'écriture.

## 2. Cycle de vie

La notion de **cycle de vie** est indissociable d'un système. Elle exprime les différentes étapes qui vont de l'analyse du besoin jusqu'à l'élimination et/ou le recyclage de ses constituants.



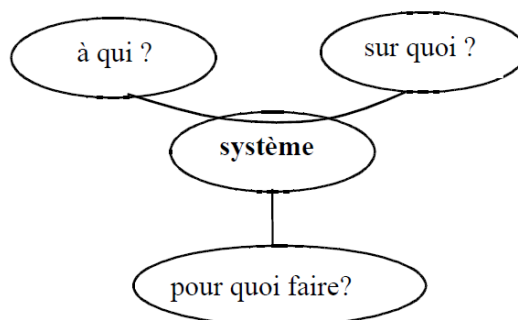
*Quelques phases du cycle de vie d'un produit*

## 3. Expression du besoin

Lors du souhait de la création d'un système, trois questions de base se posent :

- **À qui** (quoi) rend-il service ?
- **Sur quoi** (qui) agit-il ?
- **Pourquoi**, dans quel but ?

La "bête à cornes" est un diagramme traditionnellement utilisé pour représenter cette **expression du besoin**.



## 4. Le système et son environnement

Un système est toujours en **interaction avec son environnement**.

L'étude d'un système ne se limite donc pas à l'étude de ses composants et des interactions entre eux ; elle comprend également les relations avec les **éléments du milieu extérieur**. Ces derniers définissent alors les limites (**frontière**) du système.

### 4.1. Frontière d'étude

Le *diagramme de contexte SysML* permet de visualiser clairement le système proprement dit et les éléments extérieurs. La **frontière d'étude** est clairement définie.

### 4.2. Services rendus

Le *diagramme des cas d'utilisation SysML* fait le bilan des **services rendus** en autonomie par le système.

### 4.3. Exigences

Le *diagramme des exigences SysML* regroupe tout ce que le système **doit respecter** par rapport à chacun des éléments du milieu extérieur.

## 5. Le cahier des charges fonctionnel

Les exigences du client sont rassemblées traditionnellement dans un cahier des charges fonctionnel (**CDCF**). C'est actuellement la norme européenne NF EN 16271 de février 2013 qui spécifie ce qu'est l'**expression fonctionnelle du besoin** et le **cahier des charges fonctionnel**.

### Cahier des charges fonctionnel

#### Définition

Document normalisé qui **formalise ce dont le client a besoin**, ainsi que l'ensemble de ses requêtes (appelées **critères**).

#### Attention

Le CDCF ne spécifie absolument pas de **solution technique** particulière.

### Qualification

Pour satisfaire les besoins du client, le système doit remplir des **fonctions**. Celles-ci sont exprimées en toutes lettres à l'**infinitif**. Afin de remplir chaque fonction, des **critères** doivent être spécifiés.

### Quantification

Les critères spécifiés doivent nécessairement être quantifiés sous la forme de **niveaux**, associés à une **flexibilité**.

Fonctions	Critères	Niveaux	Flexibilité
<b>Permettre</b> d'écouter de la musique numérisée	Capacité de stockage	1 à 2 Go	0
	Erreur de lecture	Aucune	0
<b>Plaire</b> à l'utilisateur	Coloris	<div> <div>RAL 7035</div> <div>RAL 5015</div> <div>RAL 3013</div> <div>RAL 5007</div> <div>RAL 4008</div> </div>	0
	Formes arrondies	Rayons > 2 mm	2
	Présence de voyants	Oui	1
	Dimensions :		
	Hauteur	27,3 cm	1
	Largeur	41,2 cm	1
	Épaisseur totale	10,5 cm	1
	Esthétique	90% le trouve beau	0
<b>Résister</b> au milieu ambiant	Masse	< 20 g	1
	Humidité relative	5 à 95 %	1
	Température de stockage	-20 à 45°	1
<b>Permettre</b> de lire tout type de données	Format	MP3, WAV, AAC...	0
<b>Être</b> adapté à l'oreille de l'utilisateur	Volume sonore	Entre 0 et 60 dB	0

*Extrait du Cahier des Charges Fonctionnel de l'iPod*



# Triptyque des Sciences de l'Ingénieur



Le métier de l'ingénieur consiste à poser et à résoudre de manière performante et innovante des problèmes complexes de création, de conception, de réalisation ou de mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services au sein d'une organisation compétitive. Il peut aussi éventuellement organiser leur financement ou leur commercialisation.

Les Sciences de l'Ingénieur apportent des méthodes et concepts permettant de répondre à ce besoin. En s'appuyant sur trois domaines d'étude décrits ci-après, les compétences développées durant ces deux années de CPGE seront de :

- **vérifier** les performances attendues d'un système complexe réel ;
- **prévoir** les performances d'un système à partir d'une modélisation ;
- **valider** une modélisation à partir d'expérimentations.

