

# Avant-propos

**Réussir en classes préparatoires** nécessite d'assimiler rapidement un grand nombre de connaissances, mais surtout de savoir les utiliser, à bon escient, et les rendre opérationnelles au moment opportun. Bien sûr, l'apprentissage du cours de votre professeur jour après jour est indispensable. Cependant, on constate que pour beaucoup, c'est loin d'être suffisant. Combien d'entre vous ont bien appris leur cours et pourtant se trouvent démunis lors d'un devoir surveillé, et plus grave, le jour du concours.

Cette collection a été conçue pour répondre à cette difficulté. Suivant scrupuleusement le programme, chaque ouvrage est scindé en chapitres, dont chacun correspond, en gros, à une semaine de cours. Leur structure est identique pour chaque niveau, en sciences industrielles pour l'ingénieur comme en mathématiques, en physique ou en chimie.

**Le résumé de cours** est là pour vous remettre en mémoire tous les résultats à connaître. Sa relecture est indispensable avant un devoir surveillé, le passage d'une colle relative au thème traité et lors des révisions précédant les concours. Ils sont énoncés sans démonstration.

**La partie « méthode »** vous initie aux techniques utiles pour résoudre les exercices classiques. Complément indispensable du cours, elle l'éclaire et l'illustre.

**La partie « vrai/faux »** vous permet de tester votre recul par rapport au programme, vous révéler les mauvais réflexes à corriger. Son corrigé est l'occasion de mettre en garde contre des **erreurs classiques**.

**Les exercices** sont incontournables pour assimiler le programme et pour répondre aux exigences du concours. Des **indications**, que les meilleurs pourront ignorer, permettront de répondre aux besoins de chacun, selon son niveau. Les **corrigés** sont rédigés avec soin et de manière exhaustive.

Ainsi l'ouvrage de sciences industrielles pour l'ingénieur comme ceux de physique, de chimie et de mathématiques vous accompagneront tout au long de l'année et vous guideront dans votre cheminement **vers la réussite aux concours**.

Bertrand Hauchecorne



# Sommaire

1. La spécification du besoin .....	1
2. Architectures fonctionnelle et structurelle .....	35
3. Les outils de communication technique.....	69
4. La représentation géométrique normalisée.....	103
5. La spécification géométrique des pièces mécaniques .....	139
6. Introduction aux systèmes asservis .....	171
7. Modélisation des systèmes linéaires continus et invariants.....	197
8. Modélisation des S.L.C.I. asservis et schémas blocs.....	223
9. Réponse temporelle des S.L.C.I. ....	251
10. Étude fréquentielle des S.L.C.I. ....	281
11. Identification des S.L.C.I. ....	313
12. Position et orientation relative de deux solides indéformables ..	341
13. Vitesse et accélération .....	367
14. Torseur distributeur des vitesses.....	397
15. Applications de cinématique graphique.....	429
16. Modélisation cinématique des liaisons.....	459
17. Mécanismes.....	491
18. Quelques transmetteurs de puissance simples.....	521
19. Modélisation des actions mécaniques .....	551
20. Résolution d'un problème de statique .....	581
21. Cas de forces coplanaires : résolution graphique.....	611
22. Les systèmes logiques .....	641
23. Les systèmes à événements discrets .....	667
24. Sources et circuits électriques .....	699
25. Modélisation des convertisseurs statiques.....	723
26. La transmission de données.....	761
27. Matériaux.....	797
28. L'obtention des pièces brutes .....	825
29. Génération de surfaces par enlèvement de matière .....	851
30. La liaison encastrement .....	893
31. Le guidage en rotation par contacts glissants .....	927
Table de notations .....	959
Unités .....	962



# Chapitre 1

## La spécification du besoin

Le **paquebot France** est sorti des Chantiers de l'Atlantique, à Saint-Nazaire ; il est mis en service en janvier 1962 avec le Havre pour port d'attache. Sa construction mobilise durant quatre ans de nombreuses entreprises nationales. Long de 315 m, il pèse environ 60 000 tonnes et sa puissance est de l'ordre de 160 000 ch. Il peut embarquer près de 2 000 passagers et 1 000 membres d'équipage qu'il peut emmener en cinq jours de l'autre côté de



l'Atlantique. Il dispose de superstructures en alliage léger d'aluminium et d'une coque presque entièrement soudée ce qui lui permet d'atteindre la vitesse de 31 nœuds à l'aide de ses 4 hélices de 5,8 m de diamètre. Devenu peu rentable, il est vendu en 1974 puis finalement démantelé fin 2009 en Inde.

## ■■ Objectifs

### ■ Ce qu'il faut connaître

- ▷ Les notions de système, besoin, acteurs et interactions
- ▷ Les différents types de fonction
- ▷ La définition des exigences, du cahier des charges fonctionnel et de sa spécification
- ▷ Le diagramme des exigences
- ▷ Le diagramme des cas d'utilisation
- ▷ Le diagramme de séquence.

### ■ Ce qu'il faut savoir faire

- ▷ Isoler un système et décrire le besoin
- ▷ Présenter la fonction globale
- ▷ Traduire un besoin fonctionnel en exigences
- ▷ Définir les domaines d'application, les critères technico-économiques
- ▷ Définir les éléments influents du milieu extérieur
- ▷ Qualifier et quantifier les exigences (critère, niveau)
- ▷ Décrire le comportement attendu d'un système.

# ■ ■ Résumé de cours

## ■ La spécification des exigences

### □ Système, besoin et exigences

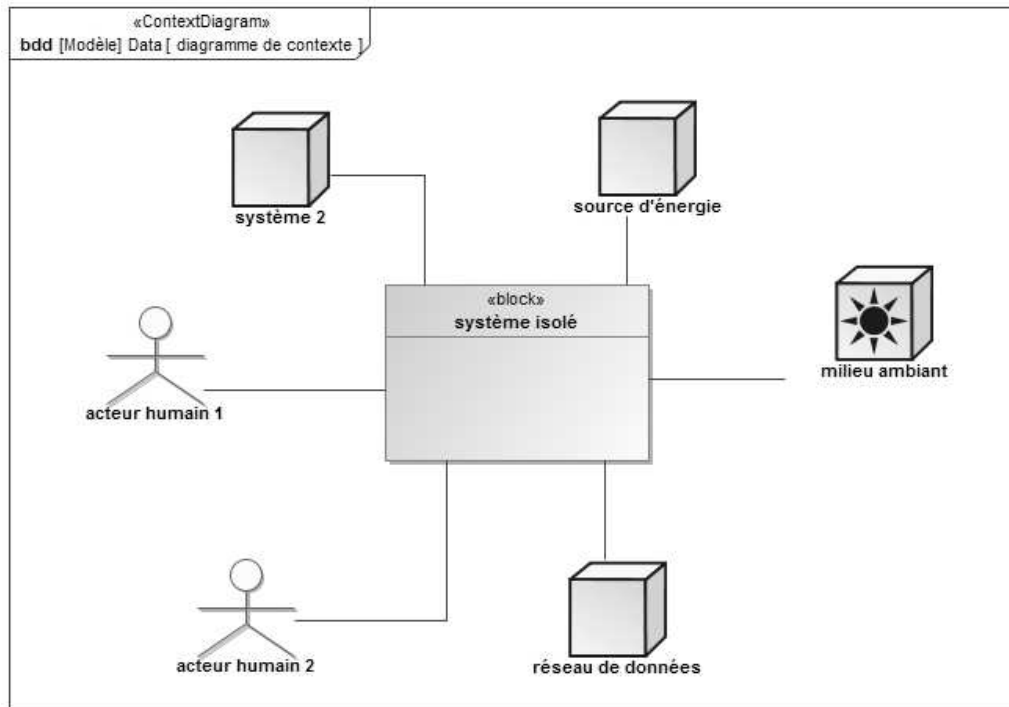
Un **système technique** est un ensemble fonctionnel permettant de répondre à un **besoin**. Il doit satisfaire à des **exigences**. Celles-ci peuvent être liées à des performances (vitesse, effort, etc.), à des contraintes induites par l'utilisation de certains constituants (type d'énergie, tension d'alimentation, etc.), le milieu ambiant (humidité, température, etc.), et bien d'autres choses.

### □ Acteurs et interactions

L'isolement du système technique permet de délimiter une frontière d'étude.

Il est alors possible de définir les **interactions** entre le système et son milieu extérieur. Les **acteurs** qui représentent ce dernier, peuvent être de nature humaine, une source d'énergie, des objets, un réseau de données, etc.

Le **diagramme de contexte** est un diagramme particulier de définition de blocs (blocks definition diagram ou **bdd**) SysML (voir chapitre 2) qui n'est pas normalisé. Il permet de montrer de manière synthétique système, acteurs et interactions sans les détailler.



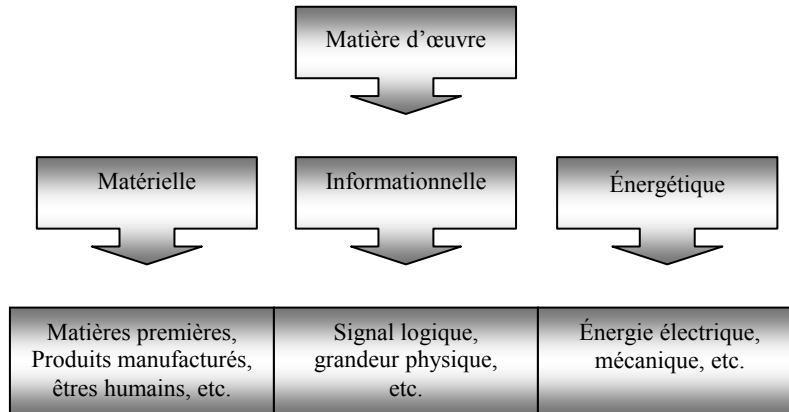
⇒ Méthode 1.1. Lecture et construction d'un diagramme de contexte

## □ Fonctions

Le système technique assure une **fonction de service globale** en agissant sur une ou plusieurs **matières d'œuvre** afin de créer une **valeur ajoutée**.

Une fonction est un verbe d'action à l'infinifitif (déplacer, traiter, acquérir, transformer, etc.) parfois suivi d'un complément.

La matière d'œuvre est un élément d'entrée sur lequel s'exercent les activités du système. Elle peut être de différents types, c'est le triptyque Matière / Information / Énergie :



On peut classer les fonctions réalisées en plusieurs catégories :

- les fonctions de service (FS) qui définissent les actions essentielles du système répondant au besoin de l'utilisateur ;
- les fonctions techniques (FT) qui dépendent des solutions technologiques utilisées pour réaliser les fonctions de service. Elles sont en général ignorées par l'utilisateur.

## □ Critères d'appréciation, niveau et flexibilité

Les **critères** permettant d'apprécier un système sont notamment liés aux caractéristiques techniques (tension d'alimentation, énergies, etc.), aux performances (force, vitesse, temps pour passer de 0 à 100 km/h, etc.), à l'esthétique (notion très subjective), mais aussi à l'usage (fiabilité, durée de vie, coût global de possession, etc.).

Le **niveau** permet de quantifier un critère en indiquant une valeur, un intervalle, une norme, etc.

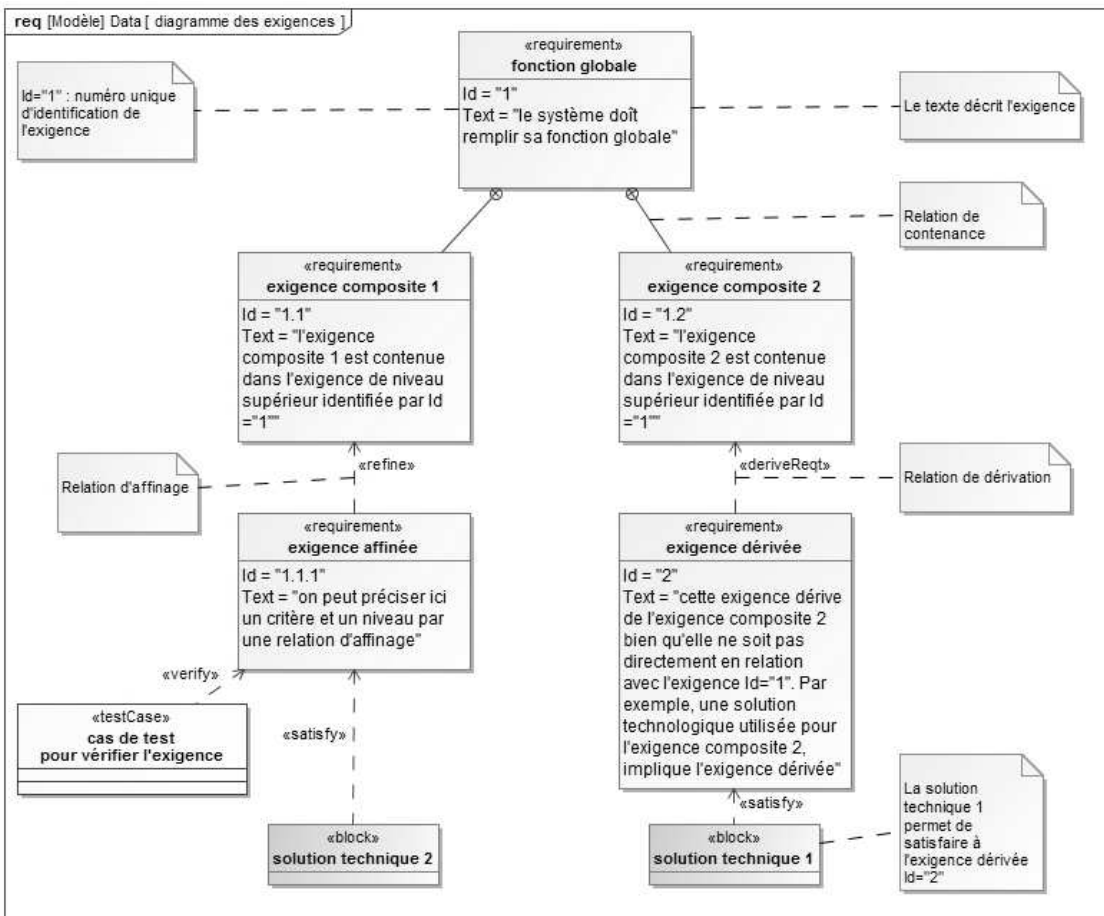
La **flexibilité** donne une indication sur la marge de manœuvre laissée au concepteur.

## □ Diagramme des exigences

Le diagramme des exigences (requirements diagram ou **req**) est un diagramme SysML normalisé. Il montre notamment les exigences, leur hiérarchie et les relations qui les lient.

Il peut également indiquer les solutions techniques retenues, des tests en cours de validation, etc.





⇒ Méthode 1.2. Lecture et construction d'un diagramme des exigences

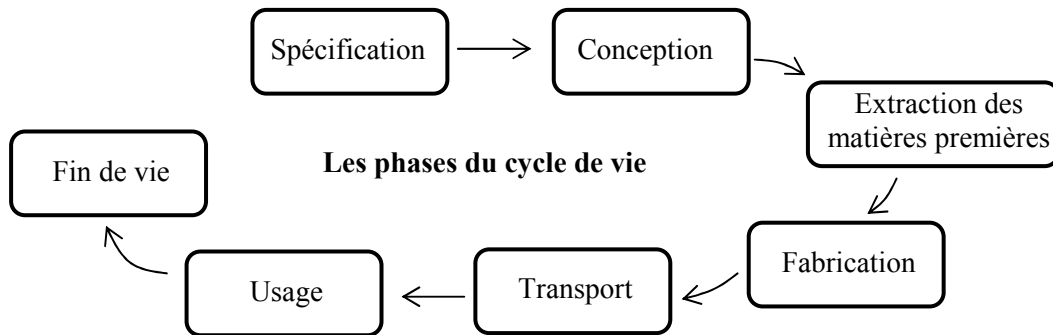
### □ Cahier des charges fonctionnel (CdCF)

C'est un document par lequel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en terme de **fonctions de services** ou d'**exigences**. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux. Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une flexibilité (norme AFNOR X 50-150).

Exigences	Critères	Niveaux	Flexibilités
Exigence "1.1.1 "	Critère a	Niveau 1	nulle
	Critère b	Niveau 2	faible
Exigence "2"	Critère c	Niveau 3	moyenne

## ■ La spécification des cas d'utilisation

### □ Cycle de vie

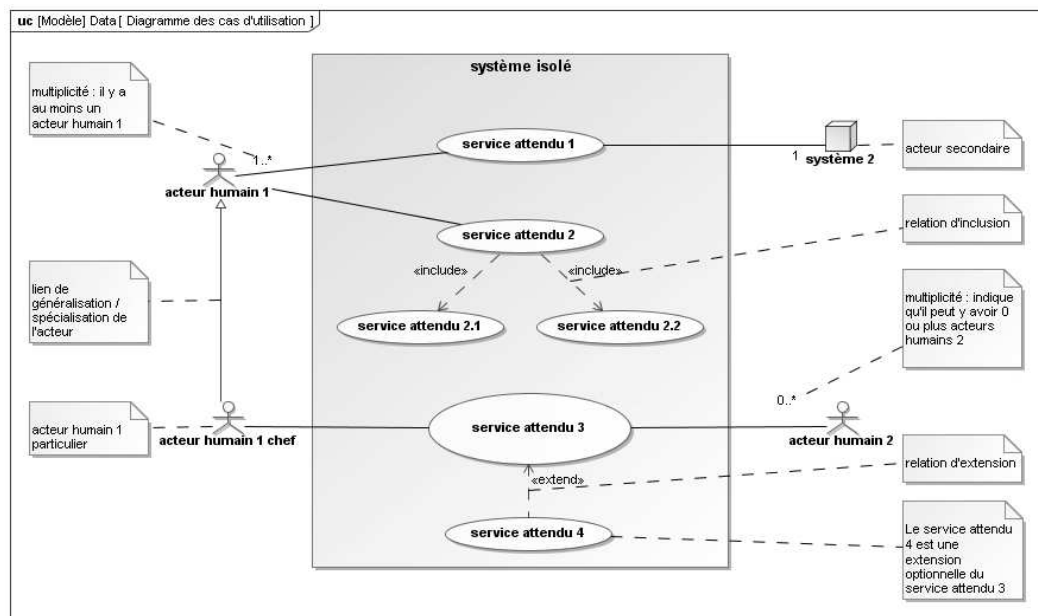


Chaque étape est caractérisée par des exigences, des contraintes et des risques propres. Leur expression et leur caractérisation lors de l'étape initiale de spécification, sont des points clés pour la réussite et l'avenir du système. Dans certains types de produits ou systèmes, on peut aussi mettre en évidence les phases d'étude de marché, de maintenance, etc.

### □ Diagramme des cas d'utilisation

Un **cas d'utilisation** est un **service attendu** par un acteur à l'aide du système. Il peut y en avoir plusieurs dans une phase du **cycle de vie**.

Le **diagramme des cas d'utilisation** (uses case diagram ou **uc**) est un diagramme normalisé SysML de haut niveau montrant les fonctionnalités ainsi que les relations entre le système et ses acteurs. Il n'est ici pas question de savoir comment ces dernières sont réalisées.



⇒ Méthode 1.3. Lecture et construction d'un diagramme des cas d'utilisation