

Analyse des systèmes

1	Introduction.....	1
2	Analyse Fonctionnelle.....	1
2.1	Analyse du besoin.....	2
2.2	Analyse fonctionnelle du besoin.....	3
2.2.1	Diagramme pieuvre-diagramme des interacteurs.....	3
2.2.2	Cahier des charges fonctionnel.....	4
3	Analyse fonctionnelle technique.....	6
3.1	Diagramme FAST.....	6
3.2	Diagramme SADT.....	9
4	Description structurelle.....	11
4.1	Partie commande-partie opérative.....	11
4.2	Chaîne d'énergie.....	13
4.2.1	Distribuer l'énergie.....	13
4.2.2	Convertir l'énergie.....	13
4.2.3	Adapter ou transmettre l'énergie.....	14
4.2.4	Agir sur la matière d'oeuvre.....	14
4.3	La chaîne d'information.....	14
4.3.1	Acquérir l'information.....	14
4.3.2	Traiter l'information.....	14
4.3.3	Transmettre l'information.....	14
5	Description technique.....	15

1 Introduction

Nous allons aborder dans ce chapitre les outils et concepts qui vont nous permettre d'approfondir la description et la compréhension des systèmes. Le formalisme et les outils de représentation que nous allons employer sont ceux utilisés dans l'industrie en phase de projet ou de conception par exemple. L'utilisation rigoureuse des démarches et des outils que nous allons explorer permet à chacun de communiquer sans ambiguïté, ainsi **le vocabulaire et le formalisme employés doivent être respectés.**

2 Analyse Fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est une démarche utilisée dans les premières phases d'un projet, que ce soit dans une optique de conception ou d'amélioration d'un produit, pour établir **les fonctions que doit assurer le système pour satisfaire le besoin.** Elle comporte deux phases:

- **l'analyse du besoin** qui permet d'identifier clairement le besoin auquel doit répondre le système,
- **l'analyse fonctionnelle du besoin** qui permet de répertorier l'ensemble des fonctions à satisfaire par le système et qui débouche sur l'écriture du cahier des charges.

Extrait de la norme française NF X 50-151:

“Le premier pas d’une démarche rationnelle de conception de produit est l’expression du besoin (...) la pratique de l’analyse de la valeur a montré que l’expression fonctionnelle du besoin était un facteur déterminant de la compétitivité. Un outil méthodologique pour détecter et formuler le besoin et justifier en aval les exigences techniques. (...) la démarche originale et rigoureuse du cahier des charges fonctionnel répond à cette attente (CdCF).”

En somme, l’analyse fonctionnelle permet:

- d’identifier les besoins explicites et implicites du client,
- le dialogue avec le client
- l’établissement du **cahier des charges fonctionnel** qui prend une valeur contractuelle.

2.1 Analyse du besoin

La raison d’être d’un produit est la satisfaction d’un besoin, ce besoin permet de définir la fonction globale ou principale du système, et non pas le contraire! On ne peut pas exprimer la fonction globale et donc la prestation à apporter par le système tant que l’on ne connaît pas le besoin.

La méthode la plus employée (créée par la société Application des Techniques d’Entreprises) est **la bête à cornes**. Le principe est de répondre à trois questions:

- A qui (à quoi) le système rend-il service ?
- Sur quoi (sur qui) le système agit-il ?
- Dans quel but est-il utilisé ?

On représente ces trois questions (ou les réponses exprimées le cas échéant) sur le diagramme bête à corne qui se lit de cette manière:

“Le produit rend service au client en agissant sur la matière d’oeuvre pour satisfaire le besoin”

Exemple: besoin satisfait par le lanceur Ariane V

2.2 Analyse fonctionnelle du besoin

2.2.1 Diagramme pieuvre-diagramme des interacteurs

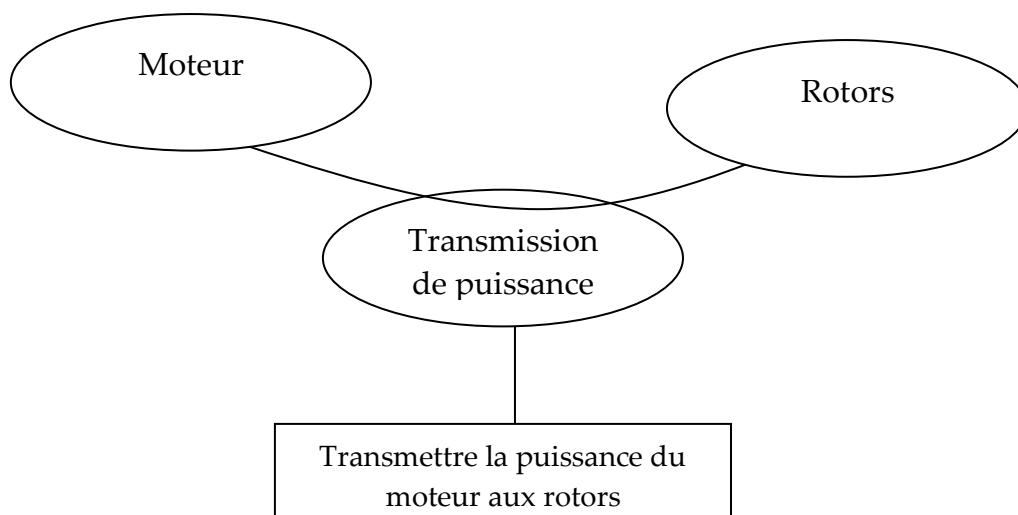
Pour satisfaire le besoin et donc réaliser sa fonction principale, le système doit agir sur son environnement. La frontière du système étant définie, on peut répertorier l'ensemble des EME sur lesquels le système va devoir agir pour réaliser la fonction principale. **Les relations entre le système et ses EME sont appelées fonctions de service.** Afin d'identifier toutes les fonctions de service, on utilise le diagramme pieuvre qui permet de représenter le système, les EME et les relations.

2.2.2 Cahier des charges fonctionnel

Le cahier des charges fonctionnel est le document qui permet de regrouper les fonctions de services avec leur énoncé et tous les critères de performance nécessaires à leur caractérisation.

Exemple d'analyse fonctionnelle: transmission de puissance d'un hélicoptère écureuil (extrait du concours de l'agrégation de mécanique 2003):

Analyse du besoin:

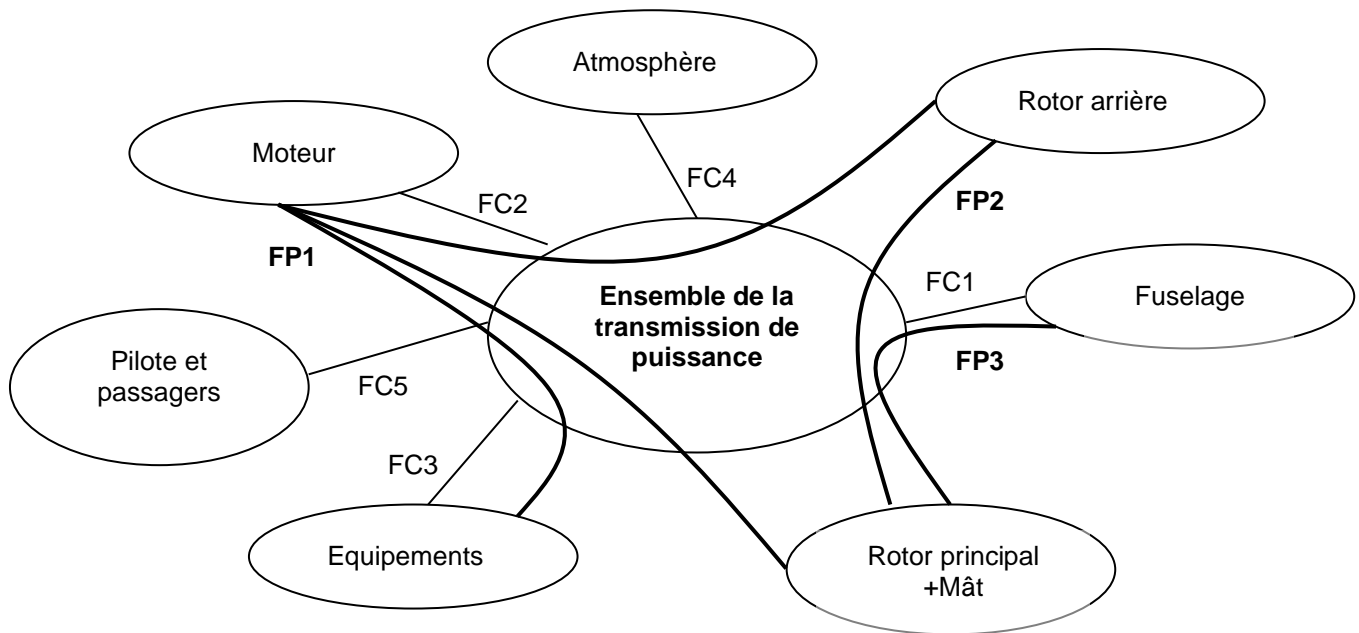


La fonction principale de la transmission de puissance est d'assurer le passage de la puissance du moteur (390 KW maxi, soit 530 chevaux) au rotor principal, au rotor arrière et aux divers équipements (pompes hydrauliques, compresseurs de climatisation, etc...).

Dans cette transmission de puissance, deux composants principaux interviennent:

- La boîte de transmission principale qui doit transmettre la puissance au rotor principal et aux divers équipements
- La boîte de transmission arrière qui fournit la puissance au rotor arrière.

On établit le diagramme pieuvre en considérant le système: BTP+BTA+arbres de transmission.



On peut alors exprimer les fonctions de services. Ici, elles sont séparées en FP (fonction principale) et FC (**fonctions contraintes**). On appelle les fonctions contraintes les fonctions de services autres que principales, elles résultent d'une contrainte d'adaptation aux éléments du milieu extérieur.

FP1: Transmettre la puissance du moteur au rotor principal, au rotor arrière et aux différents équipements.

FP2: Assurer une liaison cinématique permanente entre les deux rotors (transmettre le mouvement de rotation)

FP3: maintenir le rotor principal en position par rapport au fuselage

FC1: S'adapter au fuselage en le perturbant le moins possible

FC2: Assurer la liaison entre le moteur et la transmission

FC3: Assurer la liaison entre les équipements et la transmission

FC4: Etre opérationnel sous les conditions climatiques usuelles

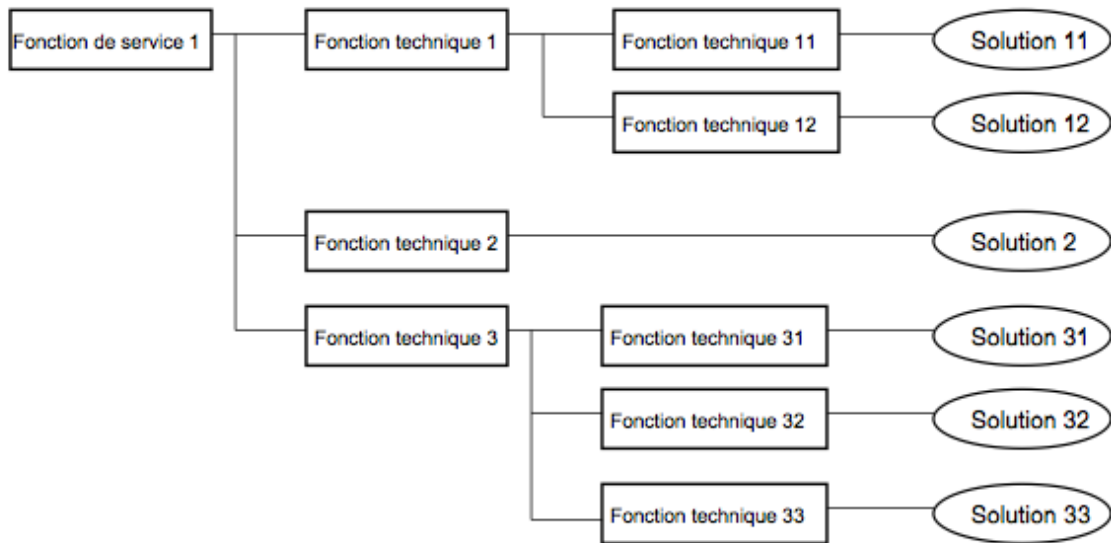
FC5: Préserver la manoeuvrabilité de l'appareil en cas de dysfonctionnement majeur

3 Analyse fonctionnelle technique

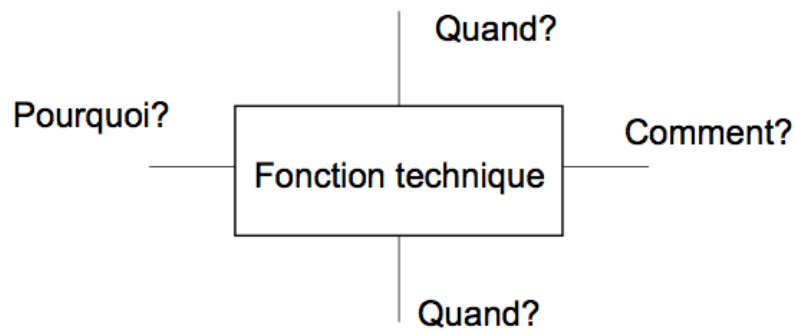
Une fois les fonctions de services exprimées, l'analyse fonctionnelle technique permet de qualifier **les fonctions techniques** qui vont permettre de les réaliser. L'identification de ces fonctions techniques permet d'établir et de choisir les solutions constructives associées.

3.1 *Diagramme FAST*

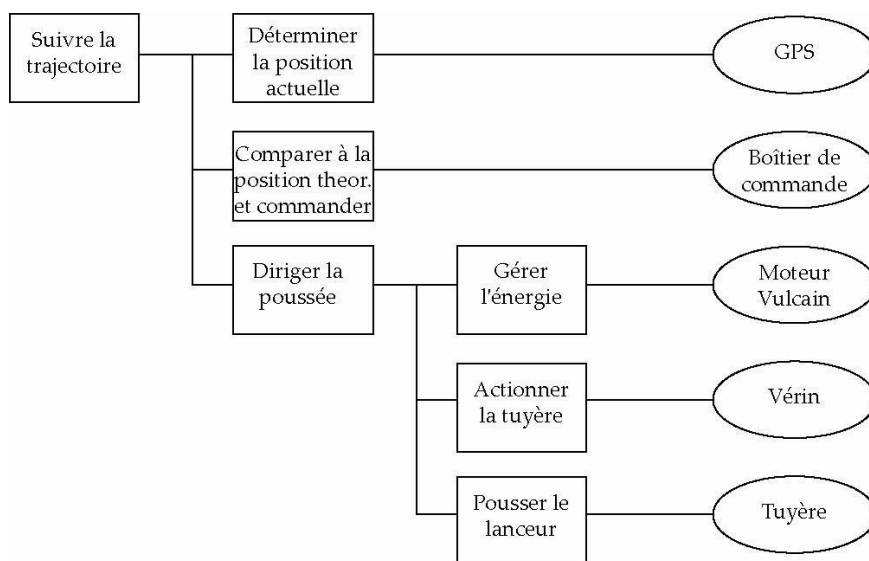
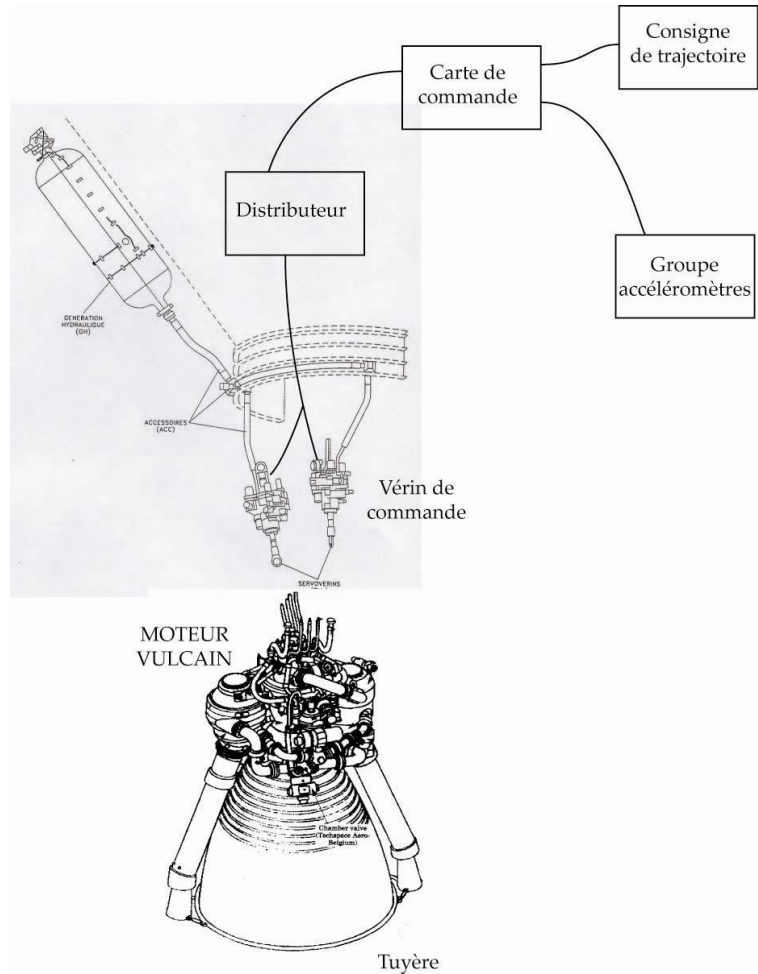
Le diagramme FAST (Function Analysis System Technic) permet de décomposer chaque fonction de service en fonctions techniques, qui peuvent elles-mêmes se décomposer en fonctions techniques. Le diagramme FAST débouche sur la solution constructive qui permet de réaliser ces fonctions. Il s'agit d'une analyse qualifiée de descendante:



La lecture et l'écriture du diagramme se fait en répondant aux questions: "pourquoi, comment, quand". La question "quand" peut se reformuler par: en parallèle avec quelle autre fonction technique?



Exemple: revenons au lanceur Ariane V. Nous allons étudier la fonction de service "suivre la trajectoire":



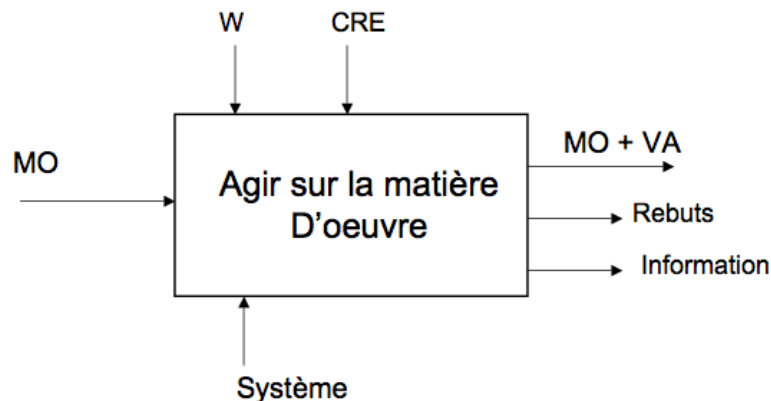
3.2 Diagramme SADT

Le diagramme SADT est un outil d'analyse fonctionnelle technique décrivant les flux à travers les fonctions du système. **Il est adapté à la description de l'organisation du système en fonctionnement.** Contrairement au FAST, il s'accommode bien aux systèmes utilisant des technologies très variées.

Le diagramme SADT permet une analyse descendante par blocs avec une organisation hiérarchique. La notion de flux est essentielle.

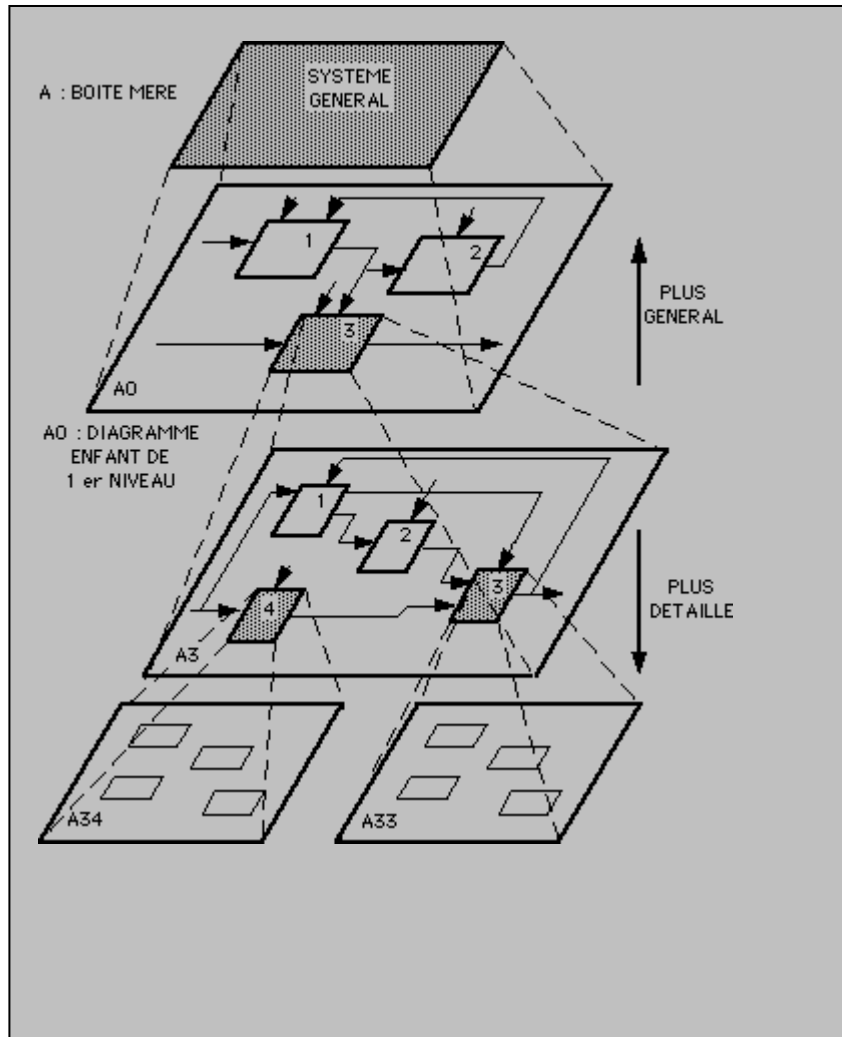
Chaque bloc exprime une action (décrite par un verbe à l'infinitif) sur la matière d'oeuvre entrante. On fait apparaître pour chaque bloc la matière d'oeuvre entrante, la matière d'oeuvre sortante et les rebuts ou information qui l'accompagne. On trouve également en entrée les informations suivantes:

- W: énergie
- C: configuration
- R: réglages
- E: exploitations

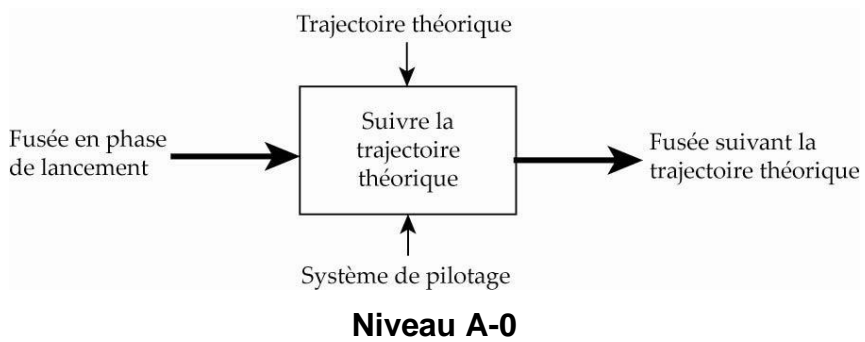


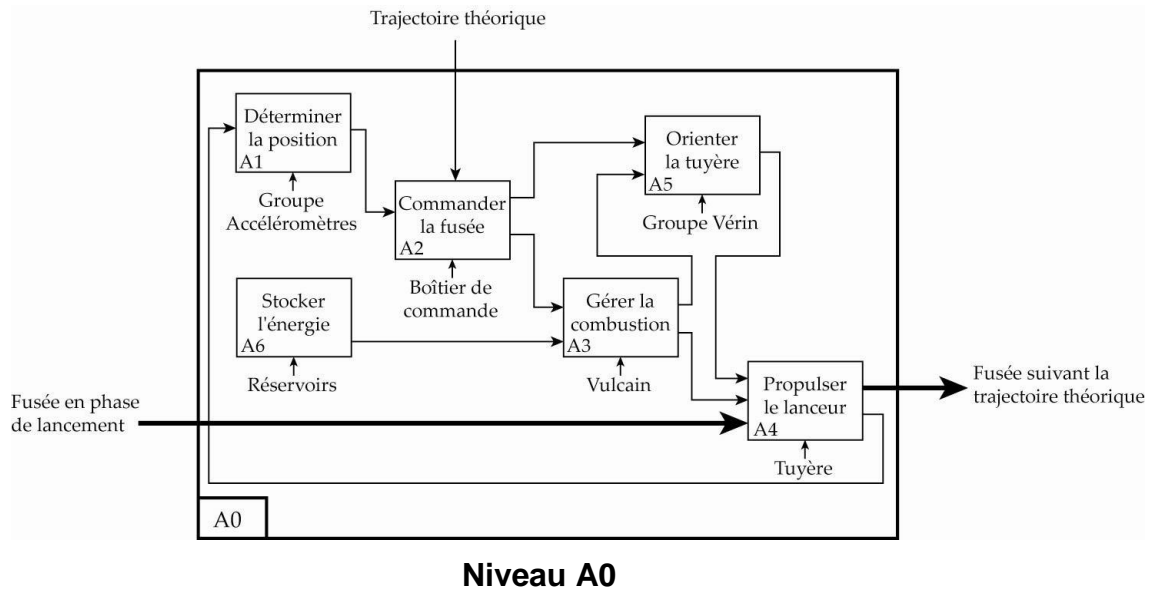
Chaque bloc se décompose en plusieurs blocs permettant de réaliser la fonction exprimée:

- Le bloc A-0 exprime la fonction globale du système.
- Le bloc A0 représente la décomposition de A-0 en blocs A1, A2, A3...
- eux-mêmes décomposés en blocs A11, A12, A21 etc...



Exemple: lanceur Ariane V

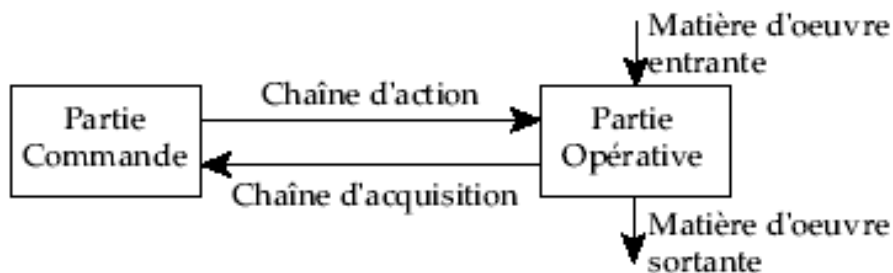




4 Description structurelle

4.1 Partie commande-partie opérative

L'objectif de la description structurelle est de décomposer le système en composants et sous composants (alors que l'analyse fonctionnelle le décomposait en fonctions et sous fonctions). Tout système est composé d'un ensemble de composants que vous devrez être capable de reconnaître et de caractériser. L'agencement de ces composants suit une architecture que l'on retrouve dans la plupart des systèmes automatisés. On peut distinguer deux parties: la **partie commande (PC)** et la **partie opérative (PO)**.



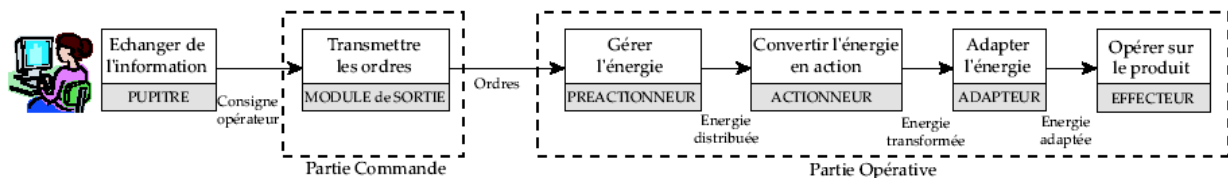
La partie commande échange et traite les informations avec l'extérieur, l'opérateur et la partie opérative pour commander la partie opérative. Elle élabore les ordres pour la partie opérative. Elle représente le cerveau du système, les énergies utilisées sont souvent faibles (alimentation 5V en électrique, 15 bars en hydraulique etc...). Les principales technologies employées pour la partie commande sont les technologies câblées (électrique, pneumatique, électropneumatique) ou les technologies programmées (électronique, logiciel).

La partie opérative exécute les ordres de la partie commande et agit sur la matière d'oeuvre pour lui apporter la valeur ajoutée. Elle représente la partie "musculaire" du système. Les énergies employées sont souvent bien supérieures à celles de la partie commande (220 V ou 380 V au moins en électrique, 200 à 400 bars en hydraulique etc...). Les principales techniques rencontrées pour la partie opérative sont: électrique, pneumatique, hydraulique, thermique et mécanique.

On peut représenter la structure du système avec **le schéma de structure** qui doit bien faire apparaître l'organisation topologique des constituants et les relations entre les fonctions du système:

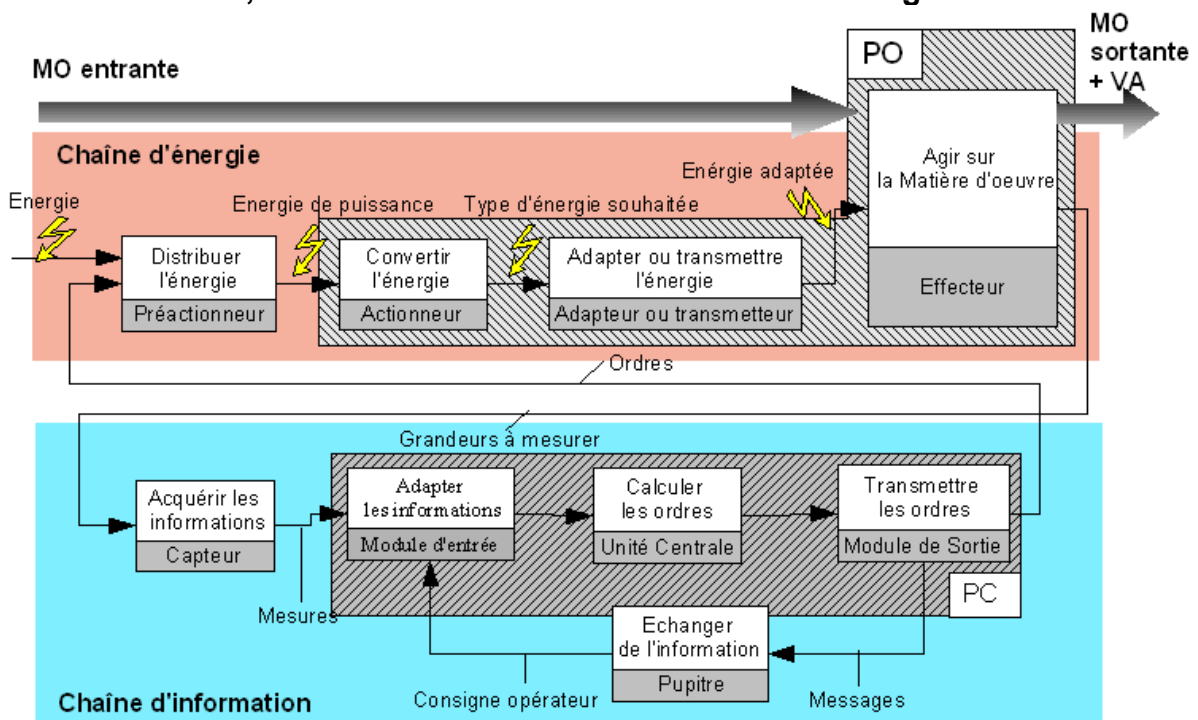
- Chaque bloc représente un composant, on y fait apparaître le nom du composant et sa fonction.
- Chaque liaison entre deux blocs représente le lien entre deux composants, on y indique la nature de l'information ou de l'énergie échangée.

Exemple de schéma générique sans chaîne d'acquisition:



Ce type de système est dit en chaîne ouverte, la partie commande ne dispose pas d'information sur l'état de la partie opérative ou sur la façon dont elle exécute les ordres.

On peut modifier l'architecture du schéma structurel pour y faire apparaître deux chaînes distinctes, **la chaîne d'information et la chaîne d'énergie**:



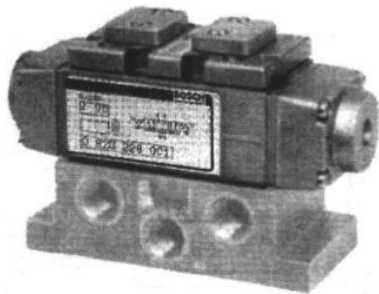
4.2 Chaîne d'énergie

La chaîne d'énergie regroupe l'ensemble des constituants à haute énergie de la partie opérative ou bien servant à fournir l'énergie à la partie opérative. On peut distinguer plusieurs fonctions auxquelles on associera les composants qui les réalisent.

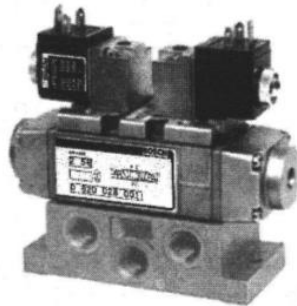
4.2.1 Distribuer l'énergie

Il s'agit de transmettre l'énergie aux actionneurs de la partie opérative selon les ordres de la partie commande. Les composants qui distribuent l'énergie sont les **préactionneurs**: contacteurs et distributeurs électriques, distributeurs hydrauliques ou pneumatiques, relais électrique de moteur...

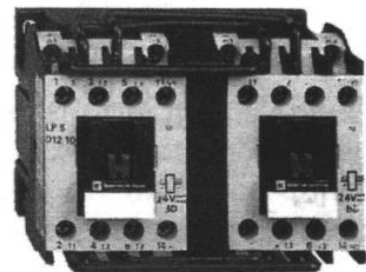
Distributeurs PN (2)



Distributeur élect. PN (2)



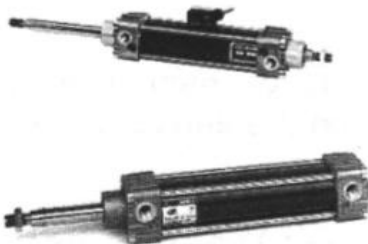
Contacteurs



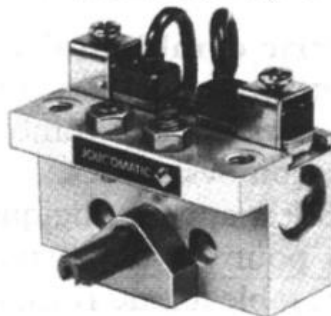
4.2.2 Convertir l'énergie

Il s'agit de convertir l'énergie fournie par le distributeur afin de la rendre utilisable pour l'effecteur qui agit sur la matière d'oeuvre. Cette fonction est réalisée par les **actionneurs**: vérins et moteurs (thermiques, électriques, hydrauliques, pneumatiques) sont les principaux actionneurs.

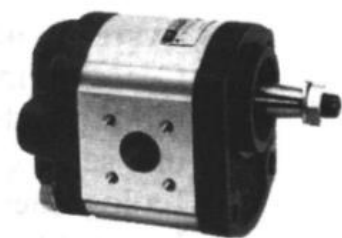
Vérins linéaires (2)



Vérin rotatif (1)



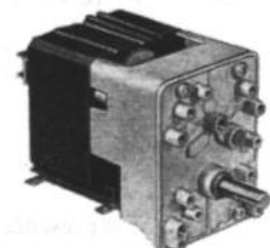
Moteur hydraulique (2)



Vérin sans tige (1)



Moteur électrique



4.2.3 Adapter ou transmettre l'énergie

L'objectif est de modifier l'énergie transmise sans en modifier la nature pour la rendre utilisable par l'effecteur ou l'actionneur. Les composants usuels sont les transformateurs de mouvement (système roue-vis, réducteurs à engrenage ou à chaînes...) ou les transformateurs électriques par exemple.

4.2.4 Agir sur la matière d'oeuvre

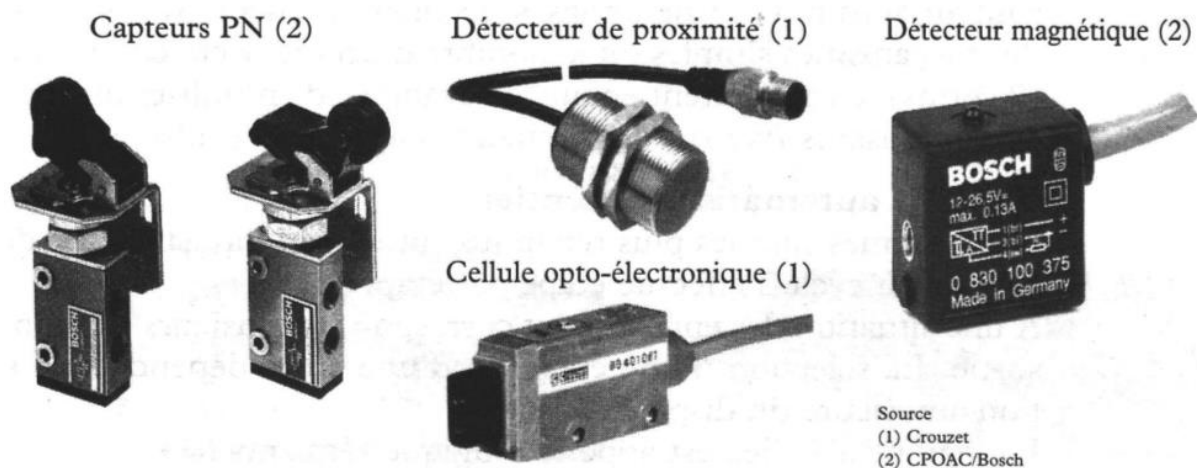
C'est la fonction principale du système réalisée par les effecteurs, ils agissent sur la matière d'oeuvre. C'est en cela que l'on peut les distinguer des simples actionneurs.

4.3 La chaîne d'information

Elle assure l'acquisition, le traitement et la transmission de l'information entre les différents composants de la partie commande et de la partie opérative. On peut distinguer deux fonctions principales:

4.3.1 Acquérir l'information

Cette fonction est réalisée par les capteurs dont le rôle est de renseigner sur l'état du système. Ils mesurent des grandeurs physiques telles que des vitesses, des températures et transmettent ces informations à la partie commande.



4.3.2 Traiter l'information

Cette fonction est réalisée par des ordinateurs, des automates programmables, des microcontrôleurs, des circuits de logique câblée...

4.3.3 Transmettre l'information

C'est la partie qui permet de transmettre les ordres à la partie opérative. Il peut s'agir de liaisons informatiques simples ou de bus plus complexes dédiés à la spécificité de l'information à transmettre.

Remarque: nous avons fait un inventaire de l'ensemble des fonctions et composants que l'on peut retrouver dans la description structurelle d'un système. Ils ne sont bien sûr pas tous présents dans tous les systèmes.

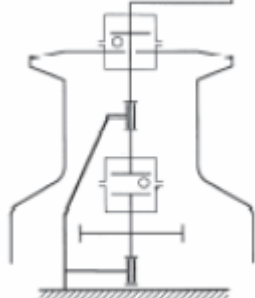
5 Description technique



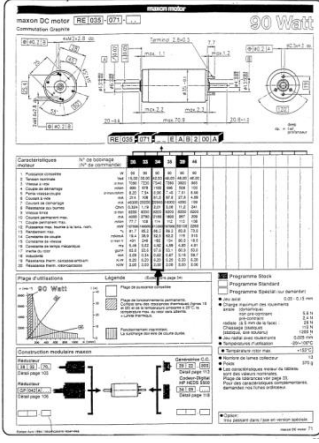
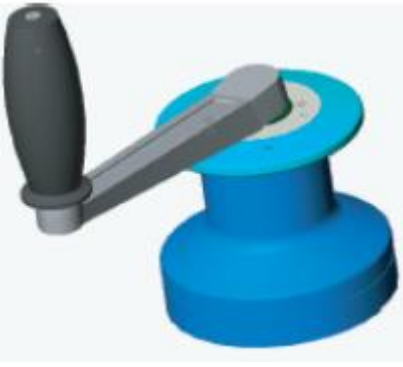

L'objectif de la description technique est de représenter le système dans le but d'en communiquer le détail technique à une tierce personne. Le choix d'un outil de représentation dépend bien entendu de l'usage envisagé et de la personne avec qui l'on communique. La mise en place d'outils performants de représentation technique permet en général de communiquer, de capitaliser l'information et d'accroître l'efficacité du processus industriel.

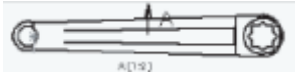
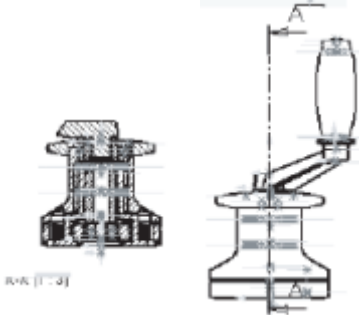
Pour un usage personnel, des outils tels que les croquis, les vues et perspectives à main levée permettent de capitaliser et développer ses propres idées. Lorsqu'il s'agit de communiquer ces idées ou leur réalisation, le croquis n'est bien entendu plus suffisant. **Un outil de représentation approprié doit permettre une communication rapide et sans ambiguïté entre les différents protagonistes**: au sein d'une entreprise, sur un même projet, on peut retrouver un grand nombre de collaborateurs travaillant chacun sur une partie différente du système.

On voit donc la nécessité d'utiliser un **outil normalisé** dont l'établissement et le décodage obéit à des règles ou normes. Ces outils peuvent varier selon la phase de projet ou l'interlocuteur. Au sein d'un même service, l'outil de représentation peut émaner d'un simple consensus. Lorsqu'il s'agit de communiquer avec d'autres sociétés par exemple on utilise des outils régis par des normes nationales ou internationales telles que **le dessin technique**. Le développement de l'informatique et des modeleurs 3D ont également permis d'établir des modèles virtuels permettant de représenter de manière visuelle et compréhensible des systèmes complexes.

Le tableau suivant décrit les différents outils usuels que l'on rencontrera en SII et en particulier dans les sujets de concours.

	Outil	Exemple d'application
Représentation à usage personnel uniquement	Croquis / schémas	

Représentation d'un système physique	Objet réel ou prototype physique	
	Photos ou films	
	Notices	
Représentation d'un système virtuel	Modèles volumiques 3D	
	Images de synthèse, éclaté perspectives	

Dessin technique	Dessin de définition	
	Dessin d'ensemble	
	Perspective	