Analyse fonctionnelle

F. Richard[1]

[1] Institut PPRIME
UPR-3346 - CNRS
Département "Fluides, Combustion, Thermique"
France

Science du risque et de la donnée
ENSAR

Introduction

Un constat

Les ***statistiques*** prouvent qu'il existe davantage de produits mal conçus par ***insuffisance d'analyse fonctionnelle*** que par manque de reflexion dans la recherche de solutions

- ***Séchoir à cheveux***

  - *Fonction principale* : sécher les cheveux
    $\Rightarrow$ satisfaite
  - *Fonction complémentaire* : stocker le fil après usage
    $\Rightarrow$ non satisfaite

- ***Bouteille de bière***
  (au bouchon prétendu dévissable qui laisse les doigts "en feux")

  - *Fonction principale* : boucher récipient hermétiquement
    $\Rightarrow$ satisfaite
  - *Fonction complémentaire* : faciliter le débouchage
    $\Rightarrow$ non satisfaite

Définitions

Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un ***produit*** pour satisfaire les ***besoins*** de son ***utilisateur***

Besoin

Insatisfaction qui motive la création du produit

Fonction

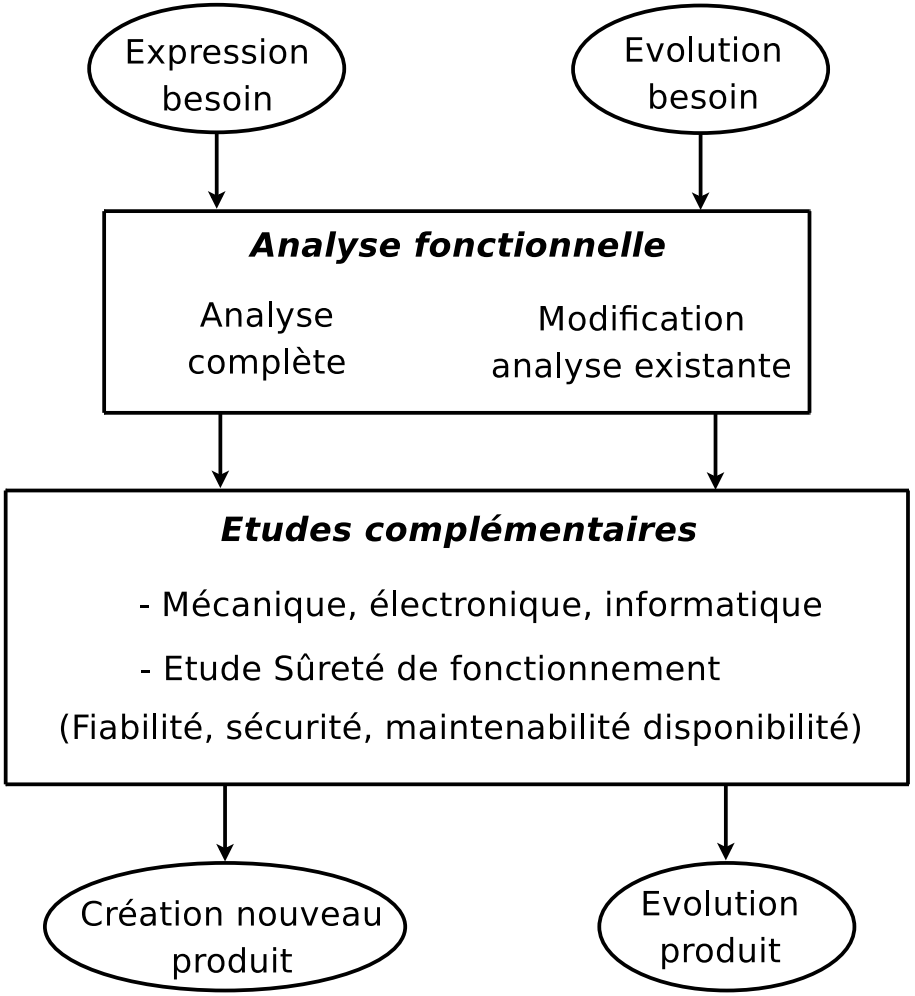
Action d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimée uniquement en terme de ***finalité*** (AFNOR X50-151)

Produit

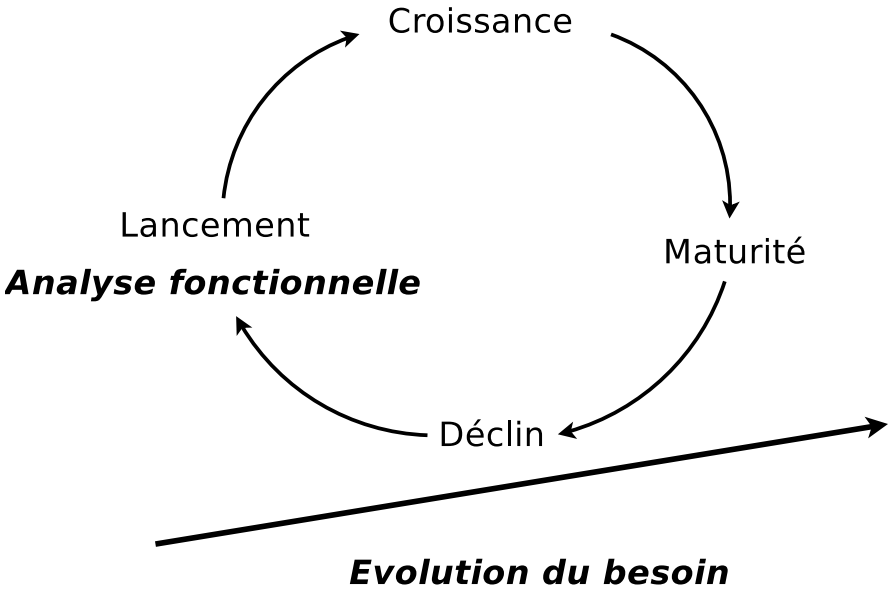
Elément concret qui répond au besoin à travers la ***satisfaction*** des fonctions

Objectif de l'analyse fonctionnelle

Objectif ponctuel



Intégration dans cycle de vie



Analyse de la valeur

Définition

Analyse fonctionnelle : Apport et application

Apport

- Outil simple ***d'expression du besoin***
- Outil indispensable pour la ***maîtrise des couts***
- Moyen de ne pas ***converger trop vite*** vers une solution (technique) qui aurait peu de chance d'être la meilleure

Champ d'application

- ***Produits et systèmes complets***
  Produits physiques : mécanique, électrique, électronique
- ***Sous systèmes***
  Moteurs, équipements
- ***Autres***
  Logiciels et système d'information, processus administratifs, services, logistique, maintenance

Un peu d'histoire ...

- Méthode US (fin 2nde guerre mondiale)

  $\Rightarrow$ M. Lawrence Delos Miles (ingénieur General Electric)
- Pénurie de matériaux nobles

  $\Rightarrow$ Objectif : diminuer les couts de production
- Constat : produit

  $\Rightarrow$ C'est la fonction qu'exerce le produit $\forall$ solution technique employée qui est important
- Mise au point de la méthode

  $\Rightarrow$ Rechercher solutions créatives (économies)

Résultat Miles : 15% d'économie sur couts de production

Les normes

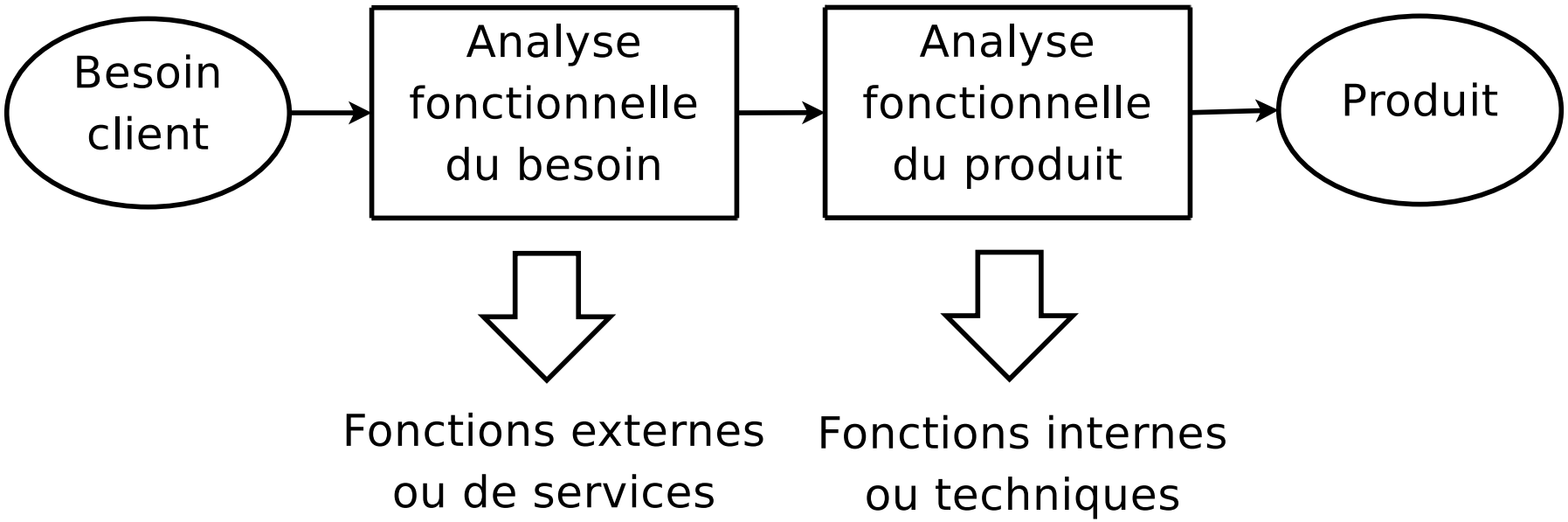
Organismes

- ***AFAV*** : Agence Francaise d'analyse de la valeur
- ***NF X 50-153*** : Analyse de la valeur - Recommandations pour sa mise en oeuvre (mai 1985)
- ***NF X 50-152*** : Management de la valeur - Caractéristiques fondamentales de l'analyse de la valeur (septembre 2007)
- ***NF X 50-151*** : Management de la valeur -Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel (septembre 2007)
- ***NF EN 1325-1*** : Vocabulaire management de la valeur, analyse de la valeur et analyse fonctionnelle - partie 1 : analyse de la valeur et analyse fonctionnelle (1996)
- ***NF X 50-100*** : Analyse fonctionnelle - Caractéristiques fondamentales (1996)

Analyse fonctionnelle : Démarche

2 démarches :

- Analyse fonctionnelle du ***besoin*** ou ***externe***
- Analyse fonctionnelle du ***produit*** ou ***interne***



Analyse fonctionnelle du besoin (externe)

Objectif

Définir le ***besoin***

Comment ?

- Identifier les fonctions

Fonctions principales : "Pourquoi le produit a t-il été créé ?"

Fonctions contraintes : "Quelles sont les contraintes auxquelles il doit satisfaire ?"

Analyse fonctionnelle du produit (interne)

Objectif

Caractériser le fonctionnement ***interne*** du produit

Comment ?

- Identifier les fonctions

Fonctions techniques : "Comment le produit fonctionne ?"

Matérialiser les concepts de solutions techniques

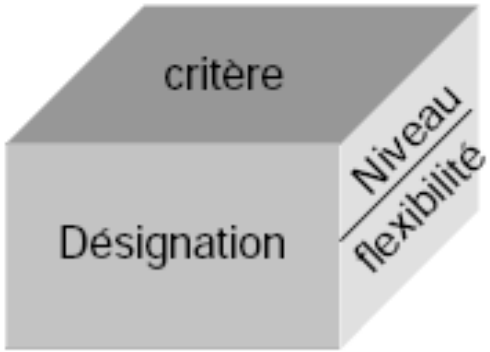
Les fonctions

Formulation des fonctions

Définition

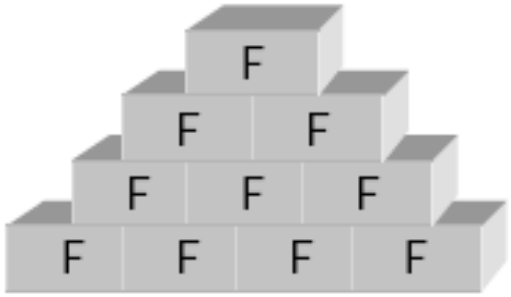
- ***Action*** d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimée exclusivement en terme de ***finalité***. Une fonction est formulée par un verbe à l'infinitif suivie d'un complément (AFNOR X50-151)
- La formulation doit être ***indépendante*** des solutions susceptibles de la réaliser

Formulation des fonctions



Exemple :

Fonction : être rapide
Critère : vitesse
Niveau : 160 km/h
Flexibilité : +5; -0 km/h



Un produit est un assemblage de fonctions

Les 4 types de fonctions

Fonction principale (ou fonction d'usage)

- C'est la fonction qui ***satisfait*** le ***besoin***
- Elle assure la prestation du service rendu
- Une fonction principale peut être répartie en plusieurs ***fonctions élémentaires*** (action attendue d'un produit pour répondre à un élément du besoin)

Exemples :

- Fonction principale "aspirateur" : enlever la poussière
- Fonction principale "lampe" : fournir de la lumière

Les 4 types de fonctions

Fonction complémentaire

- Fonction qui facilite, améliore, ou complète le service rendu
- Ce type de fonction ne résulte pas de la demande explicite du client, et n'est pas non plus une contrainte
- Il s'agit de proposer au client des améliorations pour son produit

Exemple : Briquet

- Fonction principale : Fournir une flamme
- Fonctions complémentaires :
  - ⇒ Ne pas salir les poches
  - ⇒ Ne pas dégager de mauvaises odeurs
  - ⇒ ...

Les 4 types de fonctions

Fonction contrainte

- La contrainte c'est la ***limitation*** à la ***liberté*** de choix du concepteur réalisateur d'un produit
- Il s'agit de recenser les conditions qui doivent être impérativement vérifiées par le produit, mais qui ne sont pas sa raison d'être

Ces fonctions résultent d'une limitation de liberté de conception et / ou de réalisation d'un produit dans les domaines suivants :

- Environnement
- Technologie
- Couts
- Réglementations et normes

Les 4 types de fonctions

Fonction technique

Ce sont les fonctions ***internes*** au ***produit*** résultant d'un type de conception déterminé

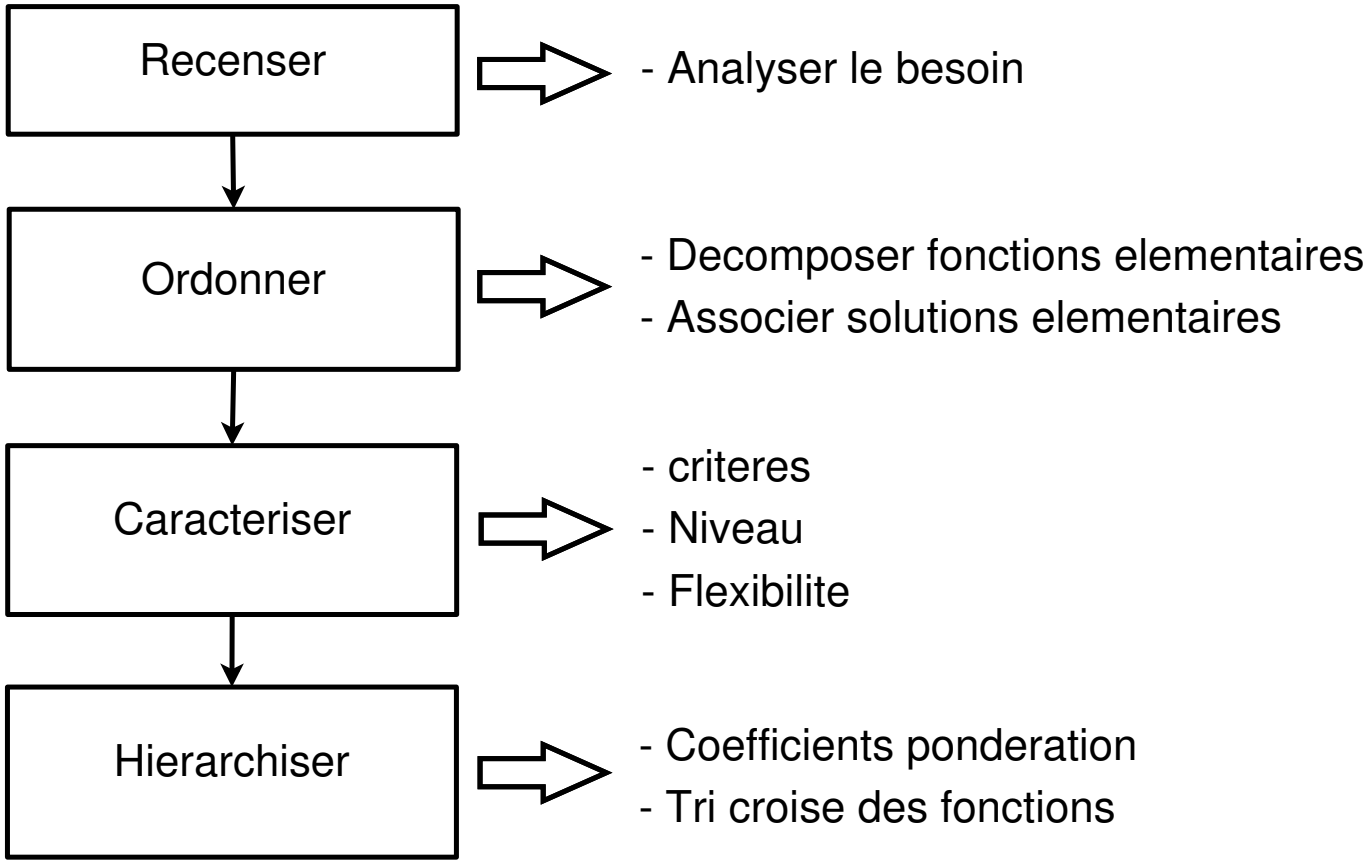
Exemple :

- Le refroidissement d'un moteur à explosion d'une voiture n'a pas été demandé par l'utilisateur
- C'est une fonction issue de la conception

Exemple

Méthodes et outils d'analyse fonctionnelle

Démarche projet



Recenser : Analyser le besoin

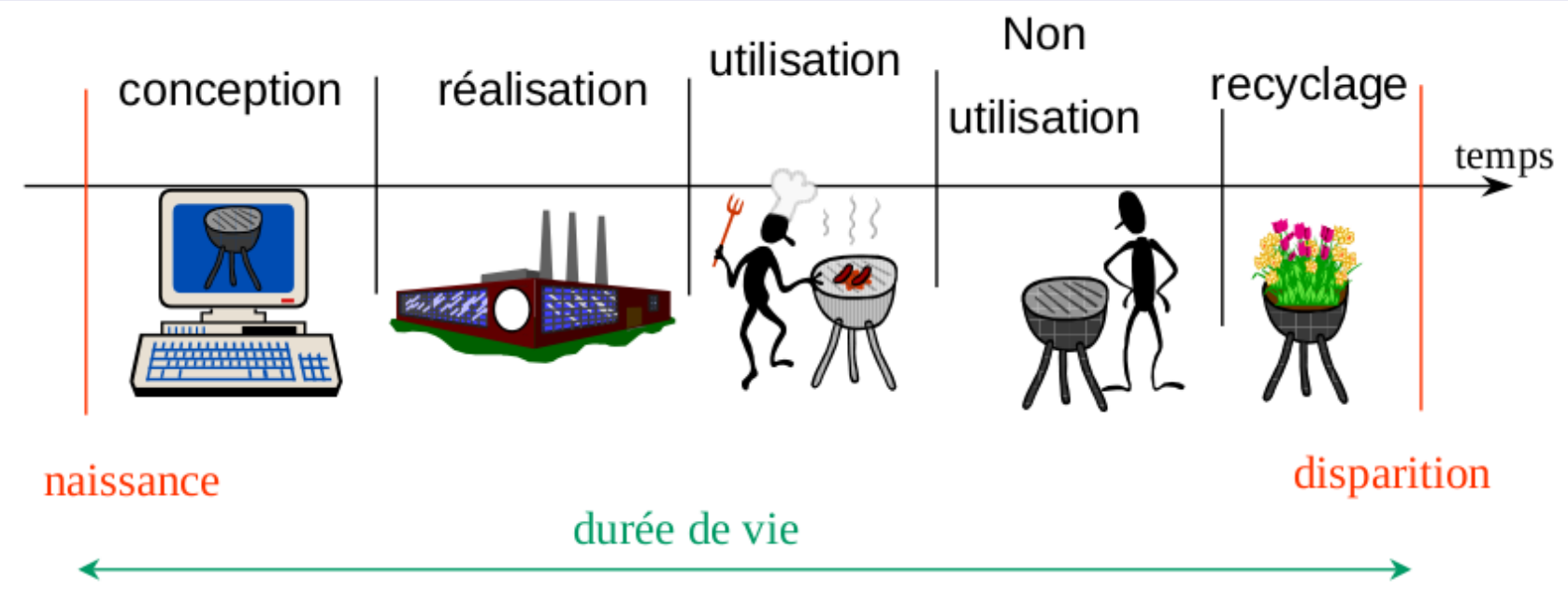
Outils principaux

- Recherche informelle, spontanée ("Brainstorming")
- Etude d'insatisfaction liée aux systèmes existants ou antérieurs
- Benchmarking
- Etude des normes et règlementations
- Etude des flux d'entrée et de sortie
- Etude du cycle de vie du système
- Recherche à partir de l'environnement du système

Recenser : Analyser le besoin

Cycle de vie d'un produit

- ***Le cycle de vie*** est l'ensemble de toutes les phases de l'existance d'un produit, de sa ***naissance*** à sa ***disparition***



- Un ***besoin*** ne peut exister que pendant une ***partie de la vie*** d'un produit

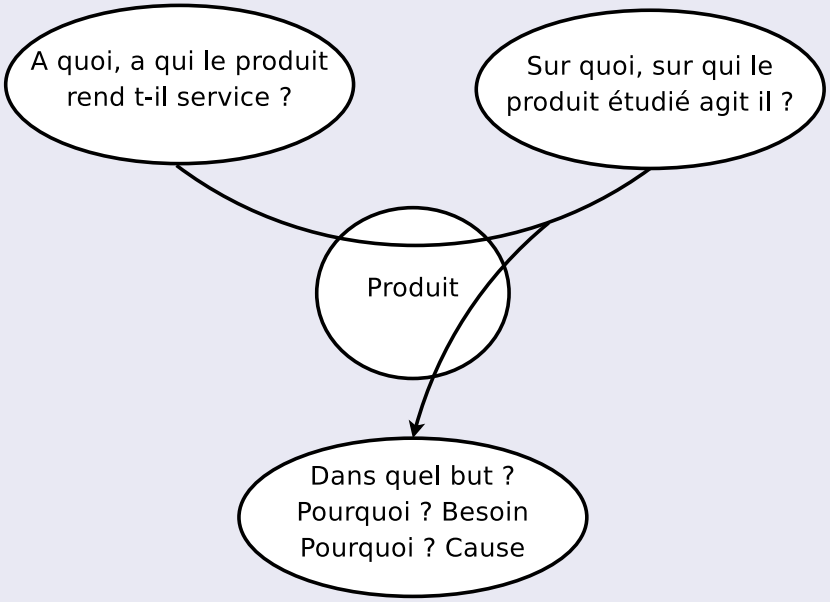
Recenser : Analyser le besoin

Bête à cornes (analyse externe)

Objectif : Définir fonction globale (expression besoin)

3 questions à se poser :

- A qui, a quoi le produit rend t-il service ?
- Sur qui, sur quoi agit il ?
- Dans quel but ? (pour quoi faire ?)



"La bête à cornes est un outil de représentation de ces questions"

Exemple

Recenser : Analyser le besoin

Pieuvre ou graphe des interactions (analyse externe)

Objectif : Identifier fonctions du produit

- ***Fonctions principales***

  $\Rightarrow$ Raisons pour lesquelles l'objet a été créé ?

  Relation entre 2 éléments extérieurs à travers le produit

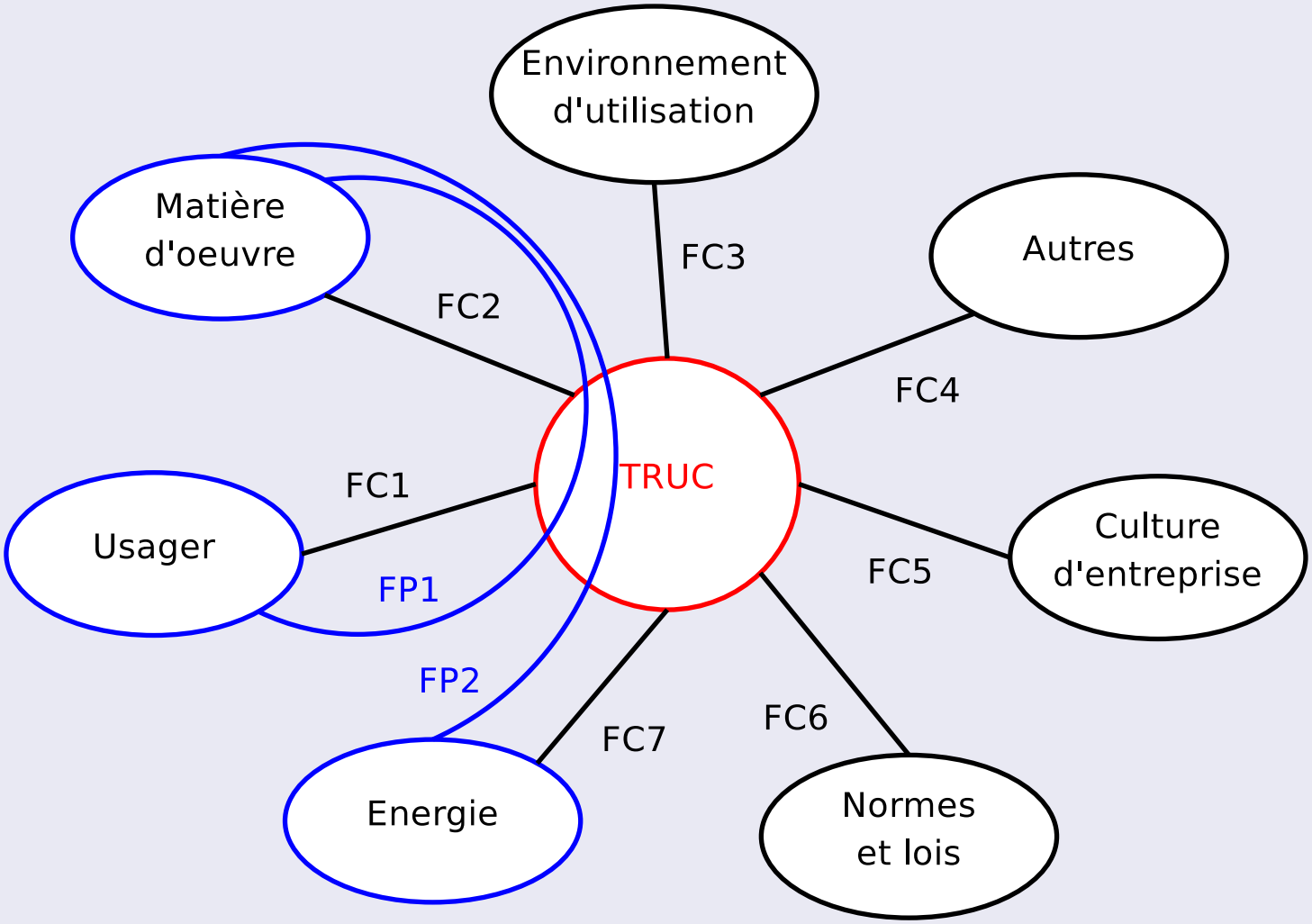
- ***Fonctions contraintes***

  $\Rightarrow$ Contraintes auxquelles l'objet doit satisfaire ?

  Traduit une contrainte de conception liée à 1 élément extérieur

Recenser : Analyser le besoin

Pieuvre ou graphe des interactions (analyse externe)



Recenser : Analyser le besoin

Pieuvre ou graphe des interactions (analyse externe)

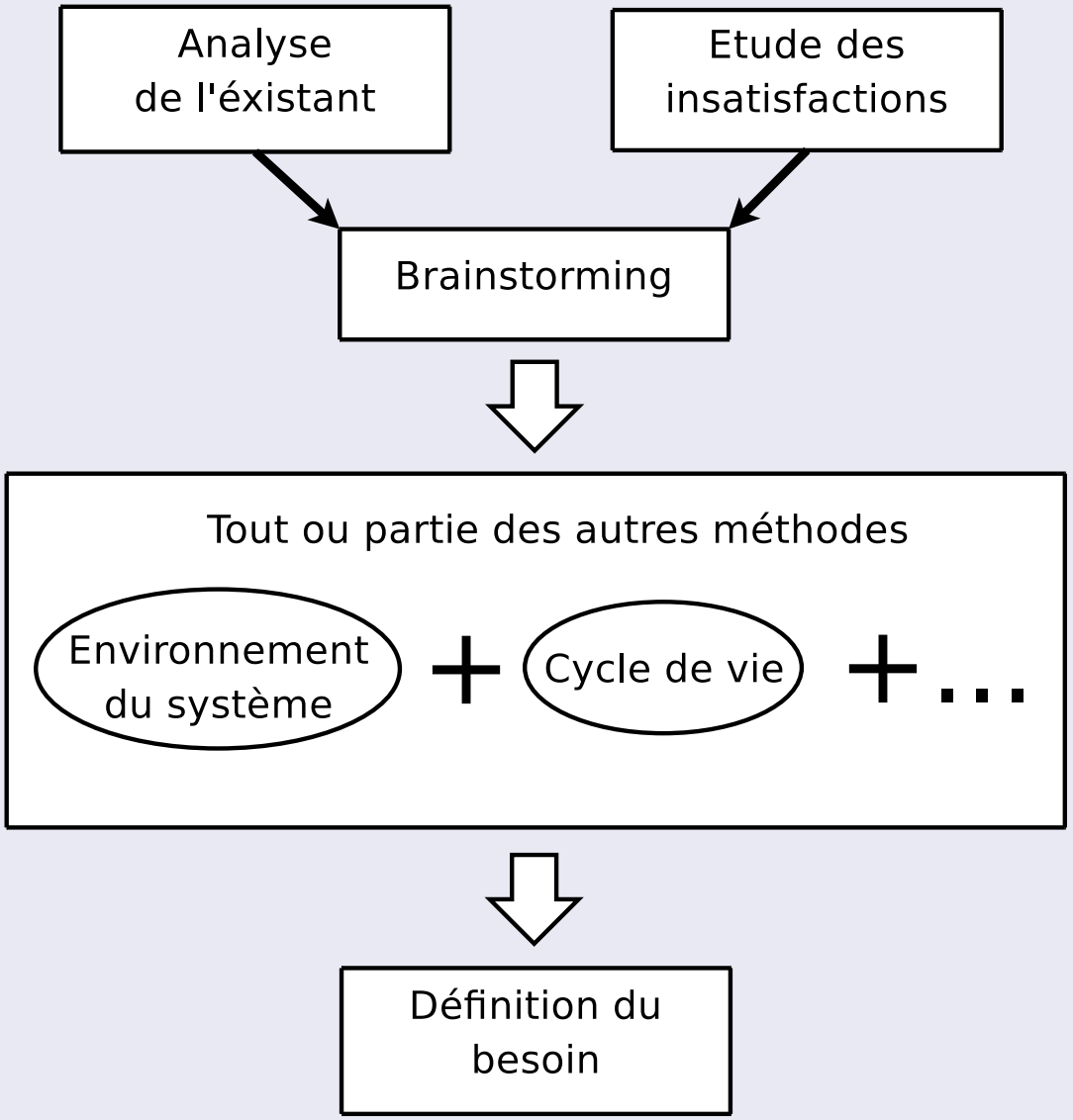
Méthode de construction :

- Bien définir le produit
- Répertorier tous les éléments extérieurs
- Etablir les fonctions contraintes
- Etablir les fonctions principales

Exemple

Recenser : Analyser le besoin

Exemple de combinaison de méthodes



Ordonner

Diagramme FAST (analyse interne)

Définition :

Le diagramme FAST (Functional Analysis System Technique) est une traduction des fonctions de services en fonctions techniques puis matériellement en solutions constructives

Fonctions de service :

Constituent 1 relation entre le système et le milieu extérieur

- Fonctions principales
- Fonctions contraintes

Diagramme FAST (analyse interne)

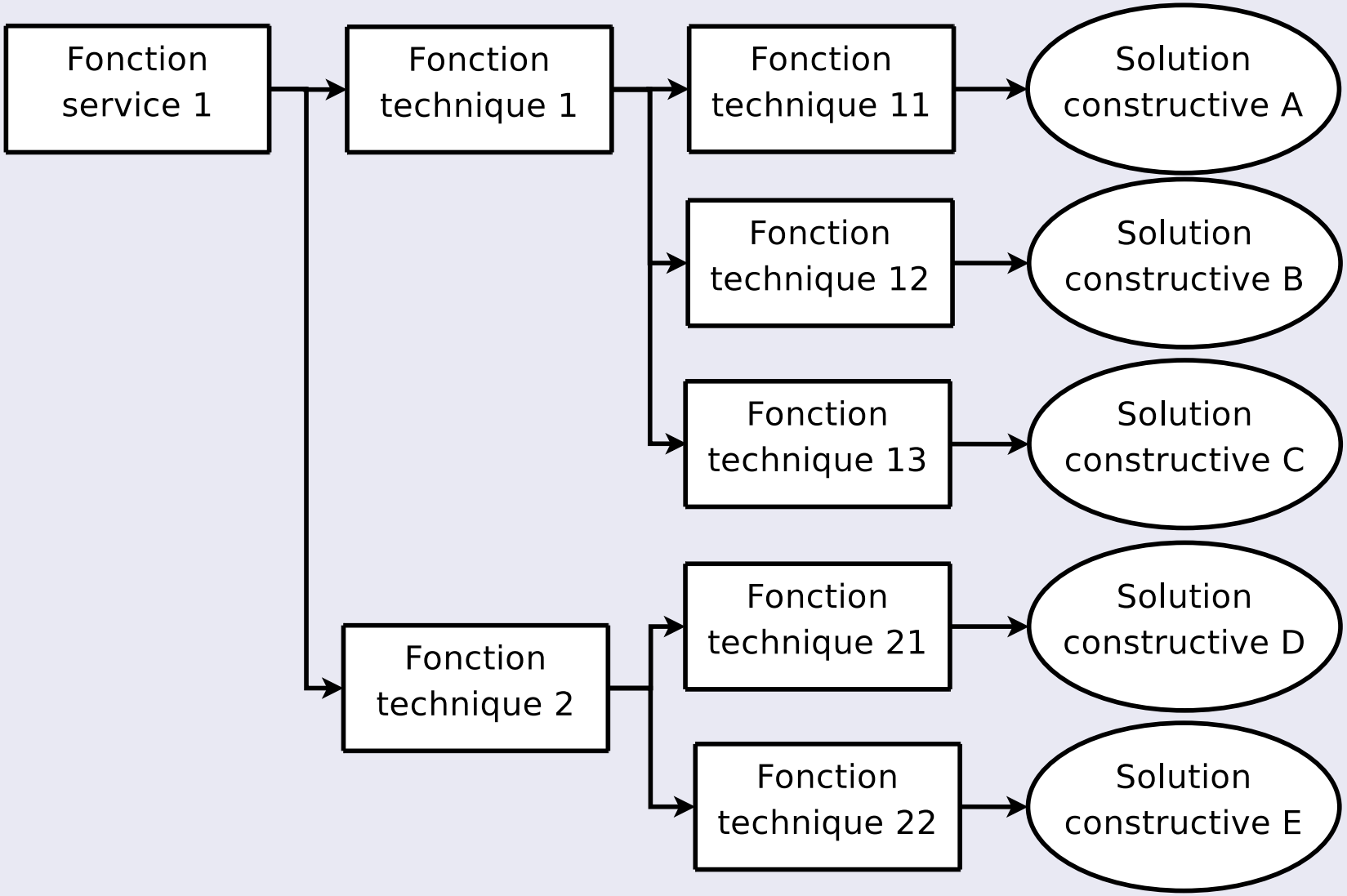


Diagramme FAST (analyse interne)

Technique intérogative :

- ***Pourquoi ?***

  ⇒ Pourquoi une fonction doit elle être assurée ?
  ⇒ Accès à une fonction technique d'ordre supérieure

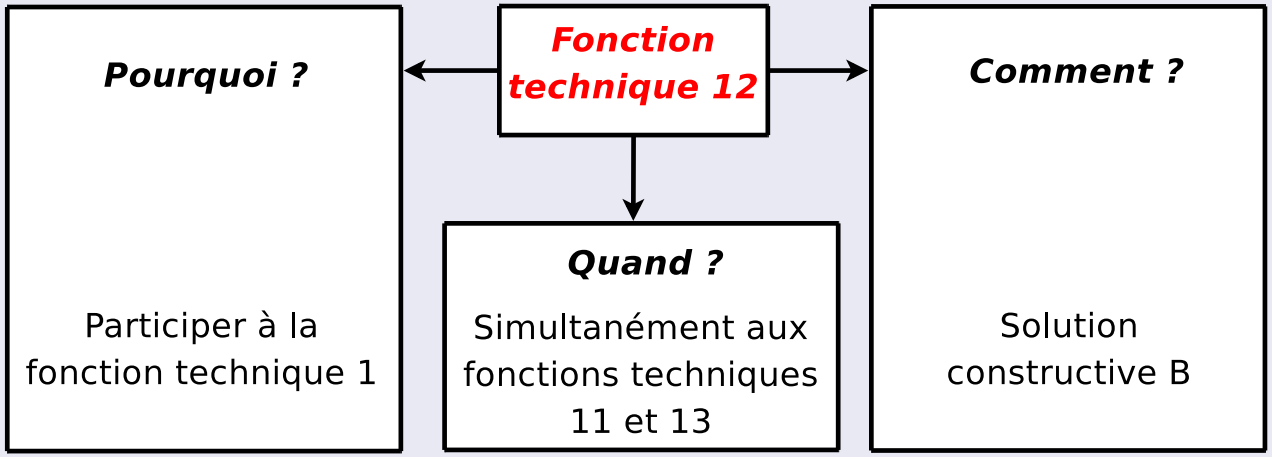
- ***Comment ?***

  ⇒ Comment cette fonction doit elle être assurée ?
  ⇒ On décompose alors la fonction

- ***Quand ?***

  ⇒ Quand cette fonction doit elle être assurée ?
  ⇒ Recherche des simultanéités

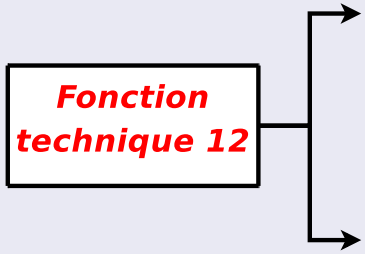
Diagramme FAST (analyse interne)



2 types d'embranchements :

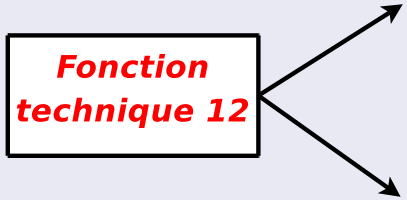
ET

Liaison se séparant après la case de la fonction



OU

2 flèches partant de la même origine



Exemple

Caractériser

Tableau fonctionnel

- ***Critère*** : Permet d'apprécier la manière dont une fonction est remplie
- ***Niveau*** : Echelle adoptée pour un critère d'appréciation
- ***Flexibilité*** : Indication sur les possibilités de moduler le niveau d'un critère
- ***Classes de flexibilité (F0 à F3)*** : Indication placée auprès du niveau d'un critère permettant de préciser son degré de négociabilité ou d'impérativité
- ***Limite d'acceptation*** : Niveau de critère au delà duquel le besoin est jugé non satisfait
- ***Taux d'échange*** : Rapport déclaré acceptable entre la variation du prix et la variation correspondante du niveau d'un critère

▸ Exemple

Hiérarchiser

Pourquoi hiérarchiser ?

- La hiérarchisation se fait par rapport à ***l'utilisateur***
- L'utilisateur (ou le client) n'accordera pas la même ***impotance*** à toutes les fonctions

  $\Rightarrow$ Il sera prêt à "payer" les fonctions suivant l'intérèt qu'elles présentent pour lui

- Il s'agit donc de ***quantifier*** le degré d'importance des différentes fonctions

Hiérarchiser

Coefficient d'impotance

- On attribue un coefficient d'importance à chaque fonction

K	*Importance*
1	Souhaitable
2	Importante
3	Incontournable

Tri croisé des fonctions

Le ***tri croisé*** permet de classer les fonctions de même niveau par ordre d'importance

Cotation de la supériorité

- 1 : = ou légèrement >
- 2 : supérieur
- 3 : très supérieur

	Fonctions					
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	
F1		F2 [2]	F3 [2]	F1 [1]	F1 [2]	0+0+1+2=3
F2			F3 [1]	F2 [3]	F2 [2]	2+0+3+2=7
F3				F3 [2]	F3 [2]	2+1+2+2=7
F4					F5 [1]	0+0+0+0=0
F5						0+0+0+1=1

Principe :

- ***Confrontation*** systématique, successive, de chaque fonction vis à vis de chacune des autres
- ***Sommation*** des notes obtenues par chaque fonction
- ***Classement*** par supériorité en terme d'importance

Le cahier des charges fonctionnel

- Présentation générale du produit
- Contexte du projet, objectifs
- Expression fonctionnelle du produit
  - Besoin fondamental
  - Environnement du produit
  - Fonctions de service
  - Contraintes
  - Caractérisation des fonctions de service et des contraintes (niveau, flexibilité)
- Hierarchisation des fonctions
- Normes et règlementations
- Cout

Méthode SADT

SADT
Structured Analysis and Design Technique

- Connu sous le nom IDEF0 (Integration DEfinition for Function modeling)
- Méthode développée par Softech (Doug Ross) en 1977
- Introduit en France par IGL : Institut de Génie Logiciel (Michel Galiner) en 1982

Description ***graphique*** d'un ***système "complexe"*** par ***analyse fonctionnelle descendante***

Domaines d'utilisation :

- Génie logiciel
- Télécomunications
- Aérostatiale

SADT : 7 concepts fondamentaux

Concept n°1 : "Modéliser pour comprendre"

SADT aborde 1 problème en le ***modélisant*** afin de faciliter sa compréhension

Concept n°2 : "Modéliser la réalité"

Le monde est composé ***d'objets*** (données, documents ...) et ***d'activités*** (réalisées par l'homme, machines, programmes ...)
SADT modélise à la fois les objets et les activités

Concept n°3 : "Discipliner la démarche d'analyse"

L'analyse de tout problème SADT est menée de manière imposée : ***déscendante***, ***modulaire***, ***hiérarchique*** et ***structurée***

SADT : 7 concepts fondamentaux

Concept n°4 : "Séparer le quoi du comment"

SADT différencie le modèle ***fonctionnel*** (servant à l'analyse) du modèle de ***conception*** (apportant la solution)

Concept n°5 : "Formaliser de façon graphique"

Afin de présenter de façon concise les résultats d'une analyse, ceux-ci sont présentés dans un ***language graphique*** avec des modules, leurs relations et leurs intégrations dans une ***structure hiérarchique***

SADT : 7 concepts fondamentaux

Concept n°6 : "Travailler en équipe"

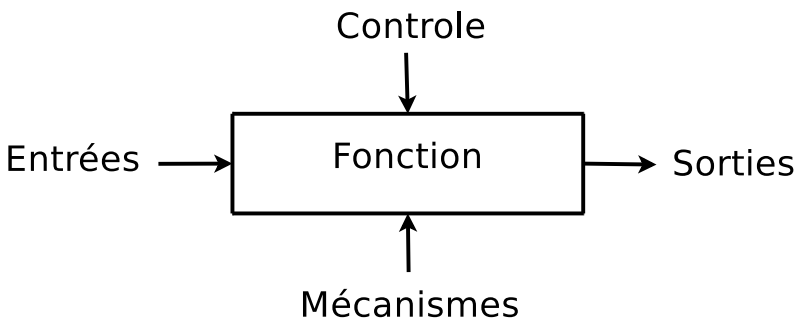
- SADT favorise un ***travail d'équipe*** coordonné
- 1 seule personne ne peut appréhender un système complexe

Concept n°7 : "Consigner toutes les informations utiles"

SADT impose de ***consigner*** sous forme écrite tous les choix importants pendant l'analyse et la conception

SADT : Technique graphique de modélisation

- Modèle SADT composé de ***boites*** et ***flèches*** étiquetées
- Les ***boites*** représentent la décomposition d'un problème en parties
- Les ***flèches*** relient les boites et codifient les interfaces et / ou les contraintes entres boites



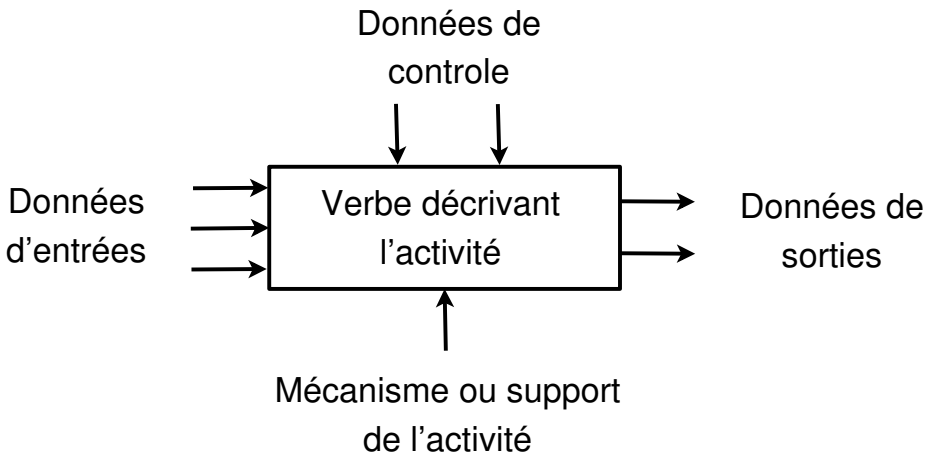
- ***Contrôle*** : manière dont la transformation est faite

  $\Rightarrow$ Permet à l'analyste d'indiquer les données qui au lieu d'être transformées régissent cette transformtion

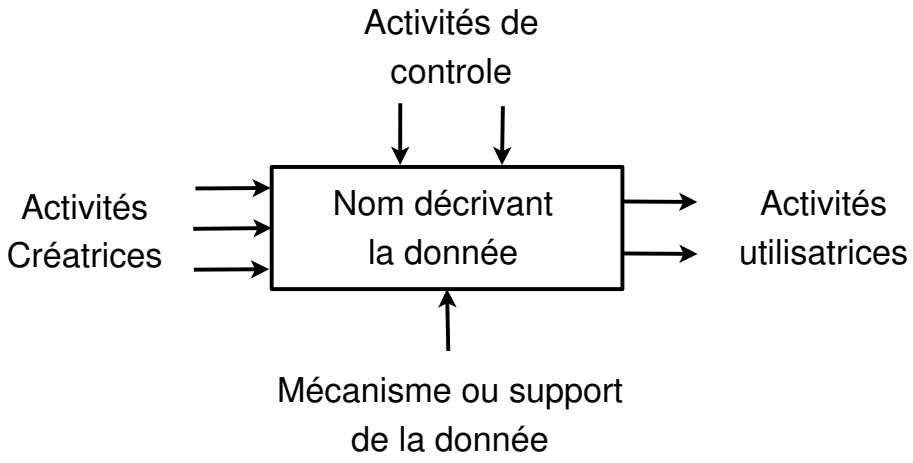
  $\Rightarrow$ Distinction entrée / contôle permet d'évaluer le degré de cohésion des boites dans un diagramme donné
- ***Mécanisme*** : Indique ce qui supporte la fonction

SADT : Technique graphique de modélisation

SADT traite séparément 2 aspects
les ***données*** et ***l'activité***



Module d'actigramme

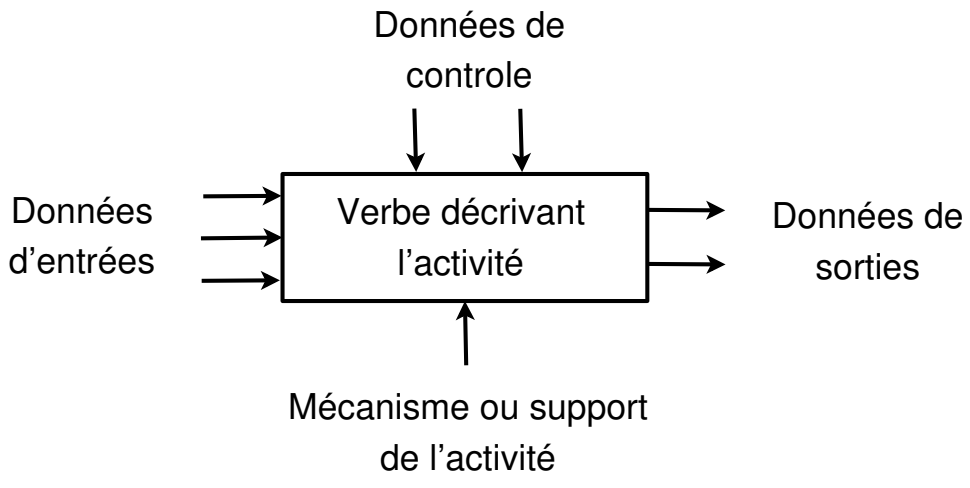


Module de datagramme

Décomposition des diagrammes SADT :

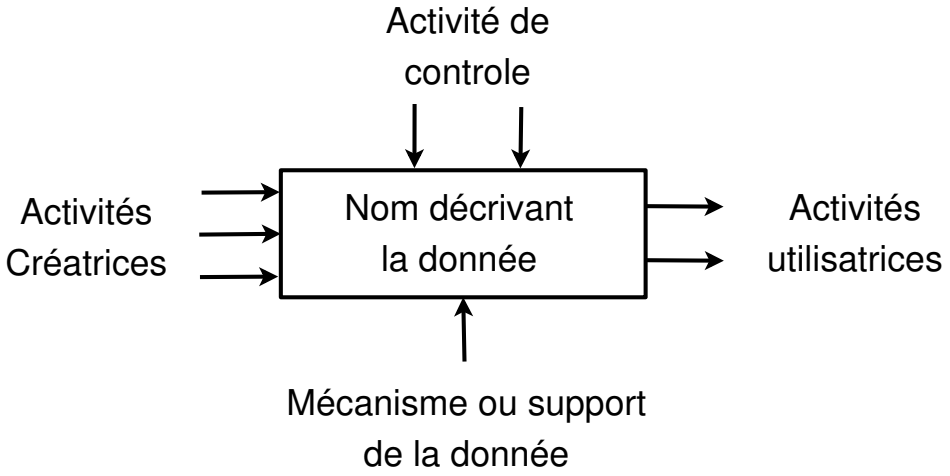
- Modèles d'activités : Actigramme
- Modèle de données : Datagramme

SADT : Technique graphique de modélisation



Module d'actigramme

- Les données d'entrées sont transformées en données de sorties par la fonction représentée par la boite
- Le controle agit sur la manière dont la transformation est faite
- Le mécanisme indique ce qui supporte la fonction (individu, organisme, machine, ...)
- Remarque :
  boite = verbe d'action
  flèche = nom



Module de datagramme

- Activité d'entrée : modification sur les données
- Activité de sortie : celle qui va les utiliser
- Activité de contrôle : influe sur la manière dont une donnée est utilisée ou créée
- Le mécanisme exprime le dispositif de mémorisation de données
- Remarque :
  boite = nom
  flèche = verbe d'action

Exemple

SADT : Technique graphique de modélisation

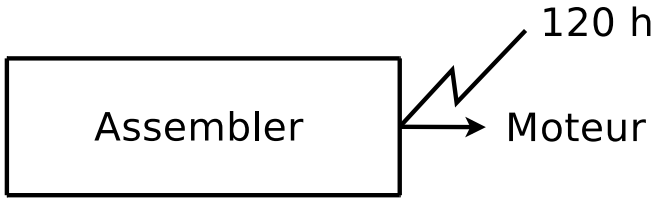
Boites : Labels de propriété

- Les boites, les flèches sont parfois éloignées de l'activité ou de la donnée qu'elles renseignent
- On a souvent besoin d'une information courte, souvent numérique, associée à une activité ou à une donnée

  $\Rightarrow$ Les labels de propriété expriment cette information

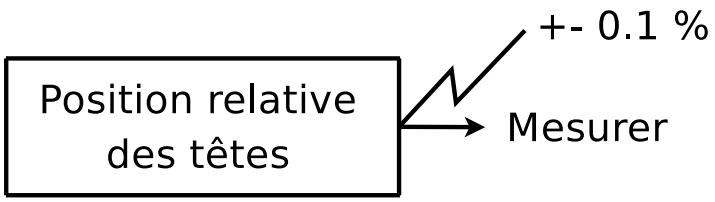
Exemple

Actigramme



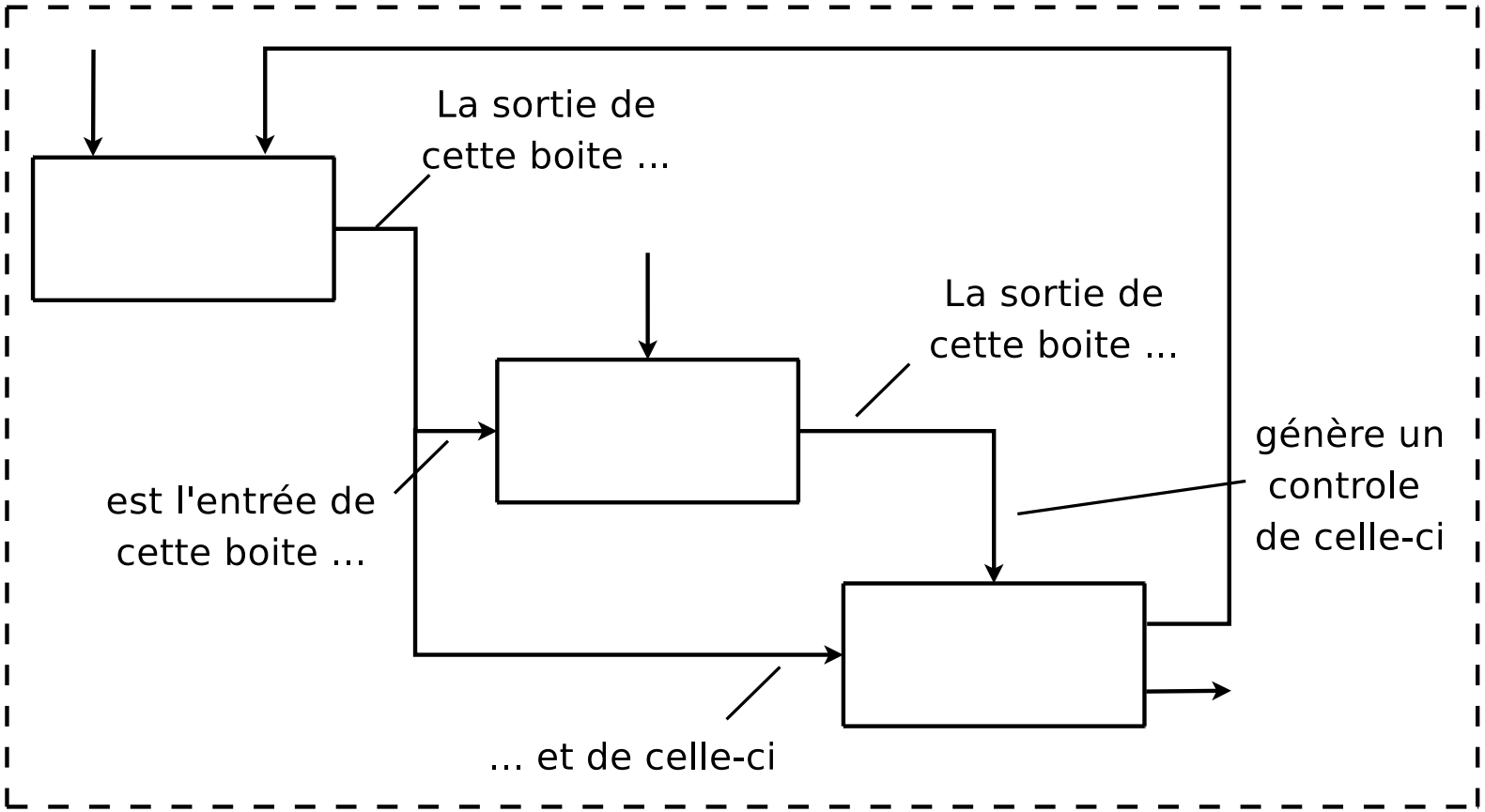
Activité produisant 120 moteurs / heure

Datagramme

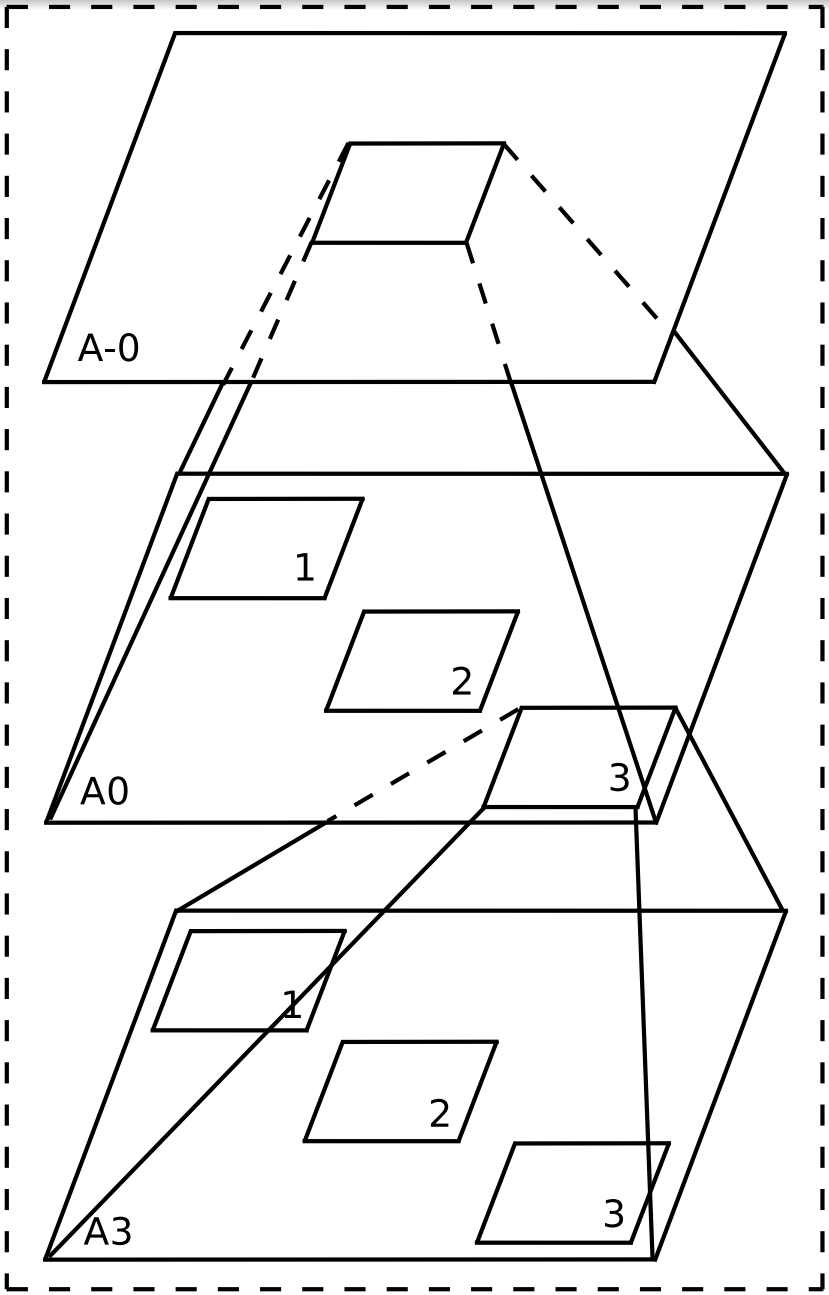


Donnée dont la valeur doit être connue à 0.1 % près

Exemple de diagramme SADT



Modèle SADT



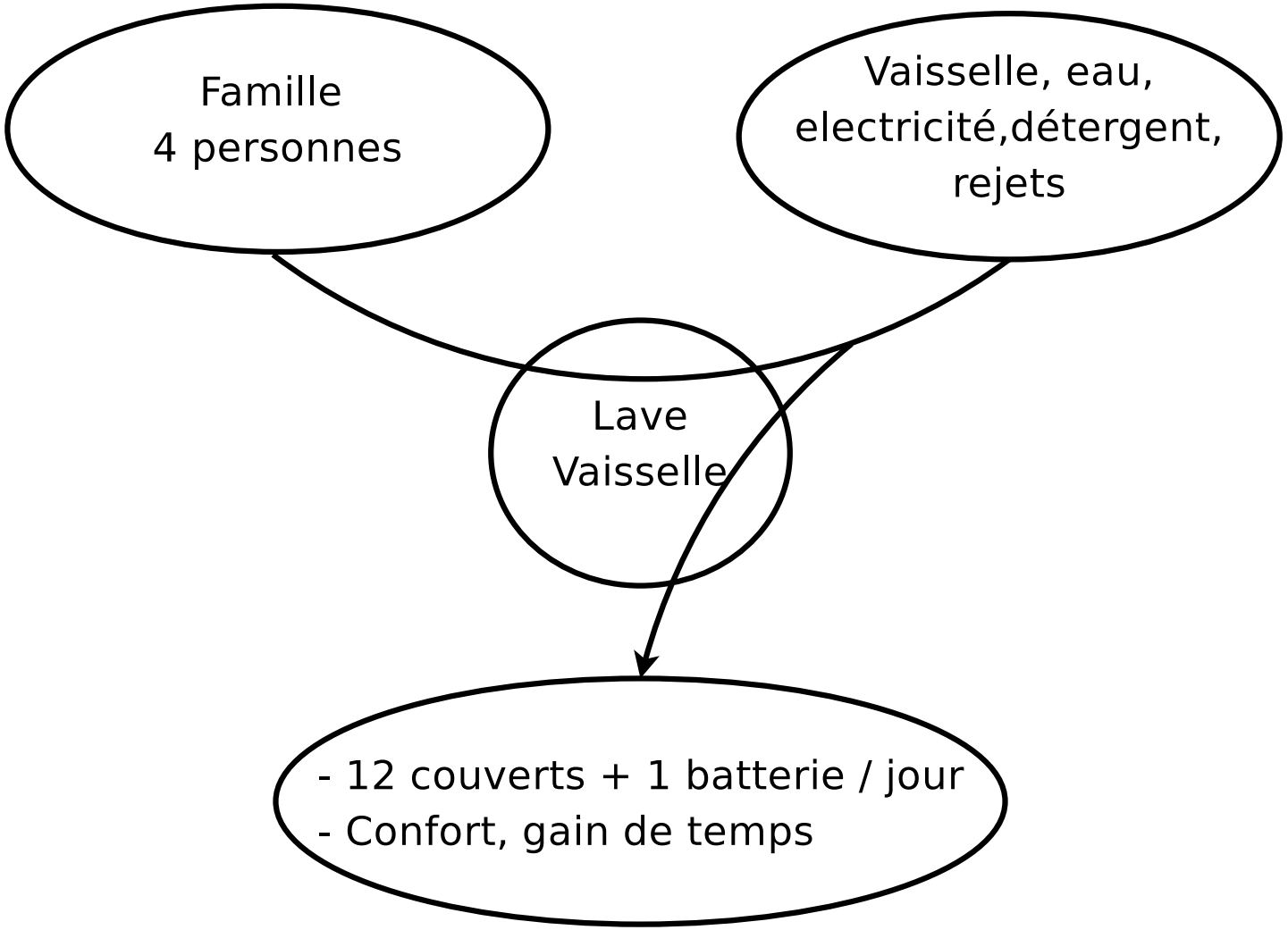
- Un modèle SADT est composé d'une hiérarchie de diagrammes (actigrammes ou datagrammes) du plus général au plus détaillé
- A-0 est le système général (1 seule boite)
- A0 le détaille en plusieurs actigrammes (A1, ..., An)
- A1 se détaille en A11, ..., A1n
- ...
- Idem pour les datagrammes

Exemple : Tondeuse à gazon

1. ***Fonction principale***
   - Réduire la hauteur de l'herbe
2. ***Fonctions contraintes***
   - S'adapter au terrain et à la végétation
   - Respecter l'environnement (écologie et sonorité)
   - Faciliter l'utilisation
   - Encombrement minimum
   - Normes de sécurité
3. ***Fonctions complémentaires***
   - Fonctionner sans l'intervention de l'homme
   - Ramasser l'herbe

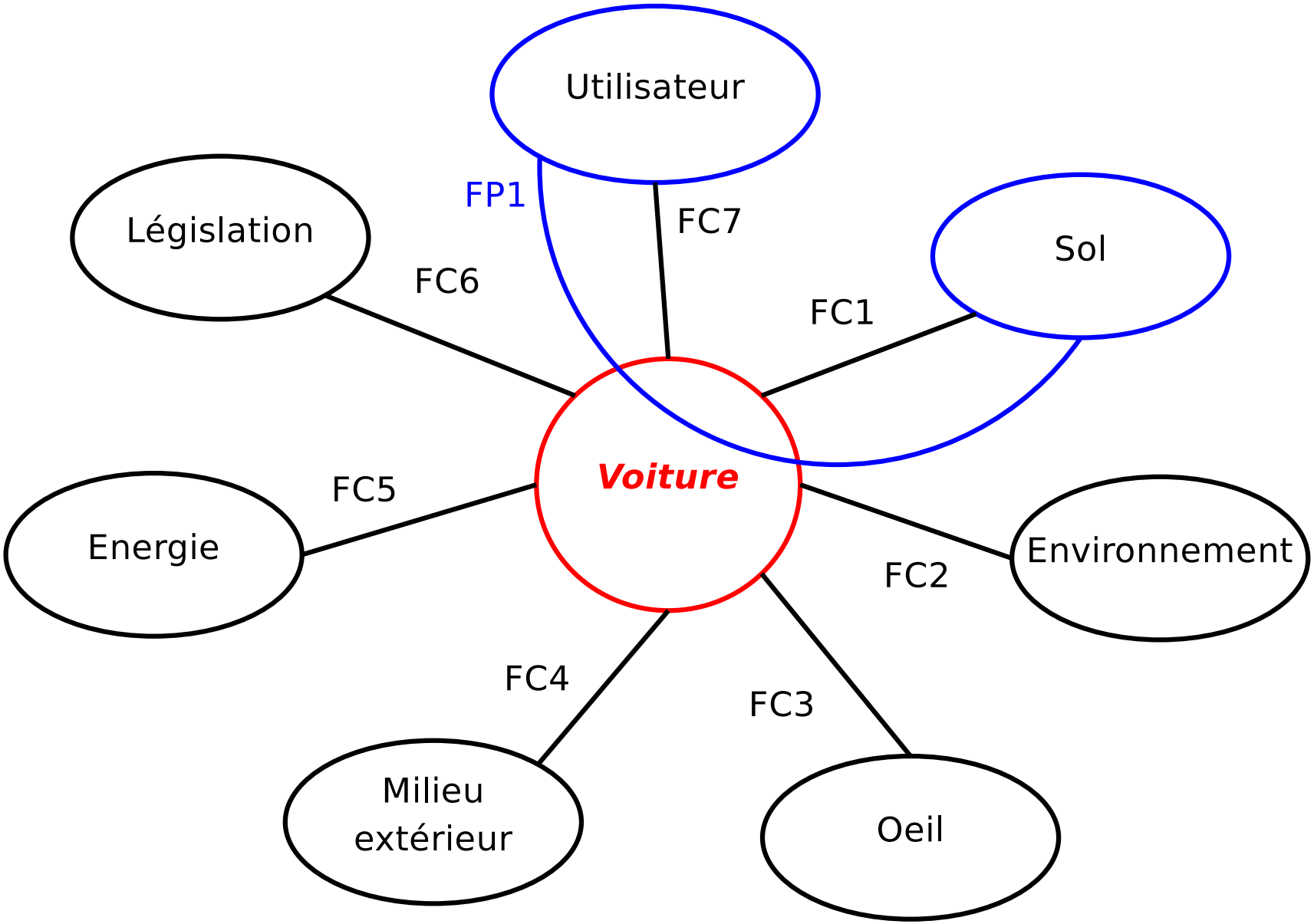
Retour

Exemple : Lave vaisselle



Retour

Exemple : Automobile



Exemple : Automobile

- FP1 : Utilisateur / Sol

  ⇒ Permettre aux utilisateurs de se déplacer sur le sol

- FC1 : / Sol

  ⇒ Rester insensible aux perturbations de la route
  ⇒ Ne pas endommager revetement sol (chenilles)

- FC2 : / Environnement

  ⇒ Contribuer au respect de l'environnement
  ⇒ Etre insensible aux intemperies ou à la pollution (corrosion)

- FC3 : / Oeil

  ⇒ Avoir un look jeune
  ⇒ Limiter la luminosité intérieur

Exemple : Automobile

- FC4 : /Milieu extérieur

  ⇒ Résister au milieu extérieur

- FC5 : / Energie

  ⇒ Utiliser les energies disponibles
  ⇒ Ne pas trop consommer

- FC6 : / Lois et réglementations

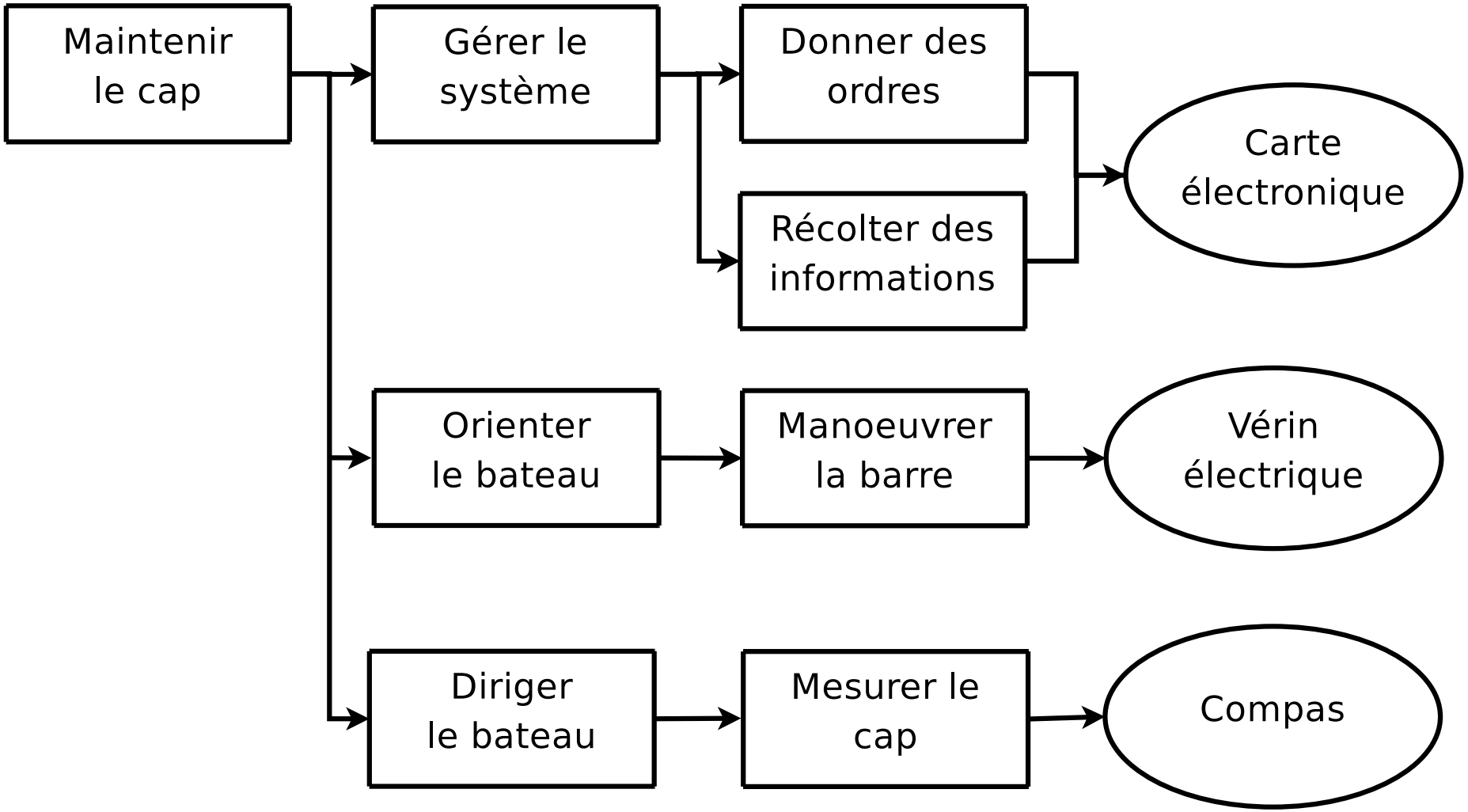
  ⇒ Respecter les règlementations

- FC7 : / Conducteur et passagers

  ⇒ Etre confortable de 1 à 5 personnes
  ⇒ Permettre l'accès à une personne de forte corpulence

Retour

Exemple : Pilote automatique de bateau



Retour

Analyse de la valeur

Définition AFNOR

- ***L'analyse de la valeur*** est une méthode de compétitivité, organisée et créative, visant à la satisfaction de l'utilisateur, par une démarche spécifique de conception, à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire
- ***La valeur*** d'un produit est une grandeur qui croit lorsque la satisfaction du besoin augmente et / ou que le cout du produit diminue. La valeur peut donc être considérée comme le rapport entre l'aptitude aux fonctions divisée par le cout des solutions

Exemple : Pilote automatique de bateau

L'analyse de la valeur c'est :

- Démarche ***fonctionnelle***
- Démarche ***économique***
- Démarche ***pluridisciplinaire***

Objectifs

- ***Concevoir*** un produit (ou service)
- ***Améliorer*** un produit (ou service)
  - ⇒ Augmenter qualité produit sans augmenter le cout
  - ⇒ Diminuer le cout sans réduire le niveau de service du produit
- ***Prévention*** des risques (techniques, financiers)

Retour

Exemple : Le stylo

Fonction	Critère	Niveaux	Flexibilité		
			Classes	Limites acceptation	Taux échange
Laisser 1 trace sur 1 support	Largeur de la trace	0.5 mm	F1	$\pm$ 0.1 mm	
	Durée de vie	1 km	F2	-500 m +0m	2*

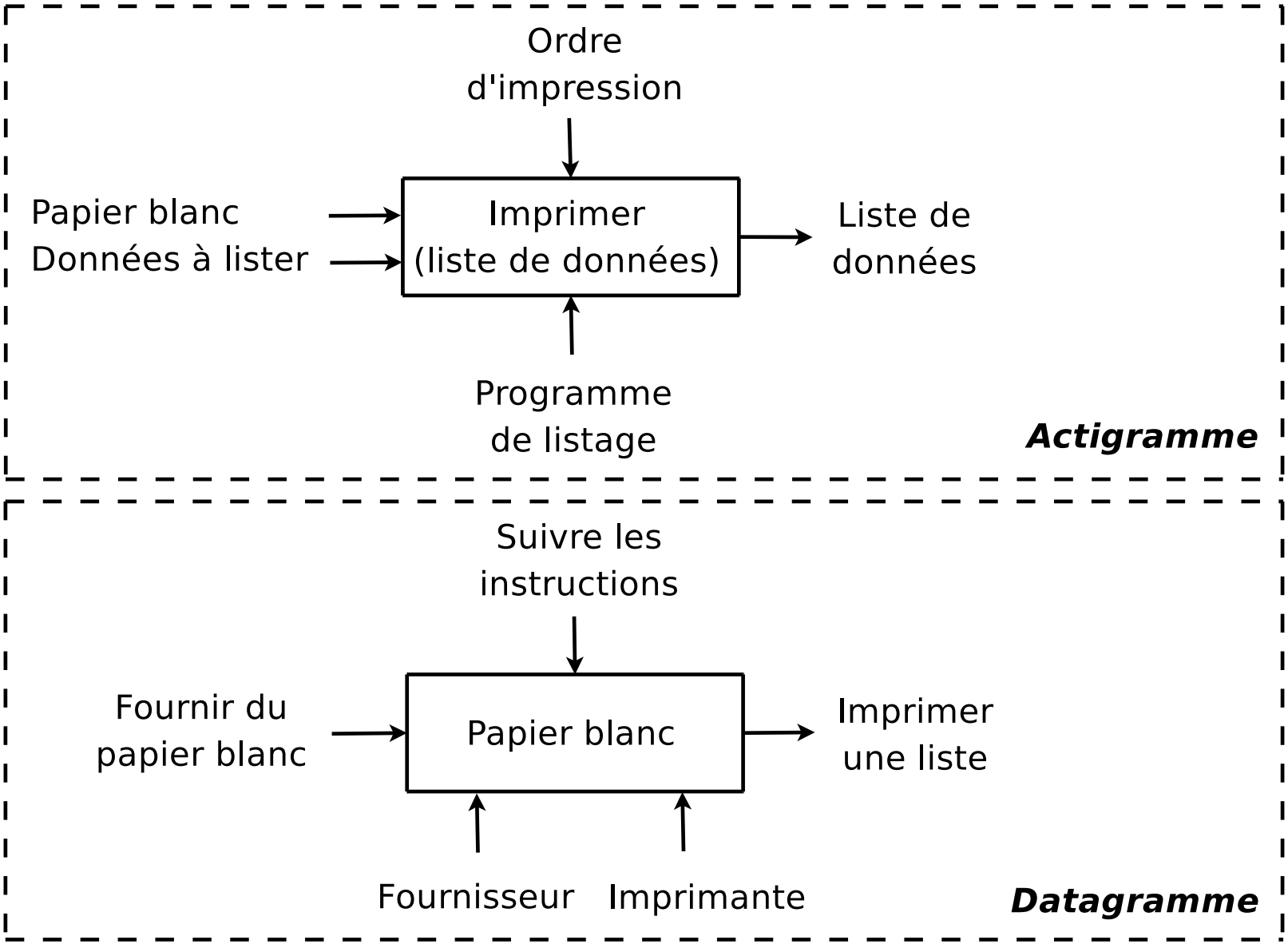
4 classes de flexibilité :

- F0 : flexibilité nulle, niveau impératif
- F1 : flexibilité faible, niveau peu négociable
- F2 : flexibilité bonne, niveau négociable si contre partie
- F3 : flexibilité forte, niveau négociable

*taux d'échange : "Si la durée de vie est divisé par 2, le prix doit être dividé par 4"

Retour

Exemple : Imprimante



Retour