

Ecole Ingénieur Paris-Diderot

1° Année EIDD

Module : Notion système et analyse système

Des analyses fonctionnelles...

Analyse Interne et Externe

Analyse de panne, sûreté de fonctionnement

Jean-Tristan Buey / « Tristan »

LESIA/CNRS

Jean-tristan.buey@obspm.fr

Plusieurs méthode pour l'analyse fonctionnelle.

MISME Méthode d'inventaire Systématique des Milieux Extérieurs.

Considère l'ensemble des composants du système avec leurs interactions ainsi que les milieux environnants.

SADT System Analysis and Design Technique : analyse par niveaux successifs d'approche descriptive d'un ensemble. Les fonctions sont représentées par des boîtes connectées aux autres fonctions via des liens symbolisant les interactions.

FAST Functional Analysis System Technique : Traduction des fonctions de services (exigences) en fonction de service (techniques) puis en solutions matérielles (conception).

BDF Bloc Diagramme Fonctionnelle : méthode de découpage fonctionnel du système.

SAFE : Recherche des fonctions d'un produit à partir de l'étude de ses différents cycle de fonctionnement.

Les analyses fonctionnelles

Extrait de la norme NX 50-153:

- Recherche intuitive
- Étude du cycle de vie du produit
- Inventaire du milieu environnant
- Étude du comportement de l'utilisateur
- Recherche des insatisfactions des produits existants
- Diagramme FAST
- Schéma de contact
- Arbres ou graphes de fonctions
- Schéma de flux

D' autres Analyses Fonctionnelles

- Groupement de plusieurs méthodes
 - APTE
 - RESEAU
- Pour les logiciels
 - IDEF0 SADT, SA-RT
- Pour les logiciels, les organisations
 - MERISE

Analyse Fonctionnelle Externe.

Comme cette analyse va principalement porter sur les interaction entre le système (que l'on ne décrira pas en détails dans son fonctionnement interne) et son environnement on s'inspirera de la méthode MISME.

Le système est vu comme une boîte noire dont on doit prendre en compte :

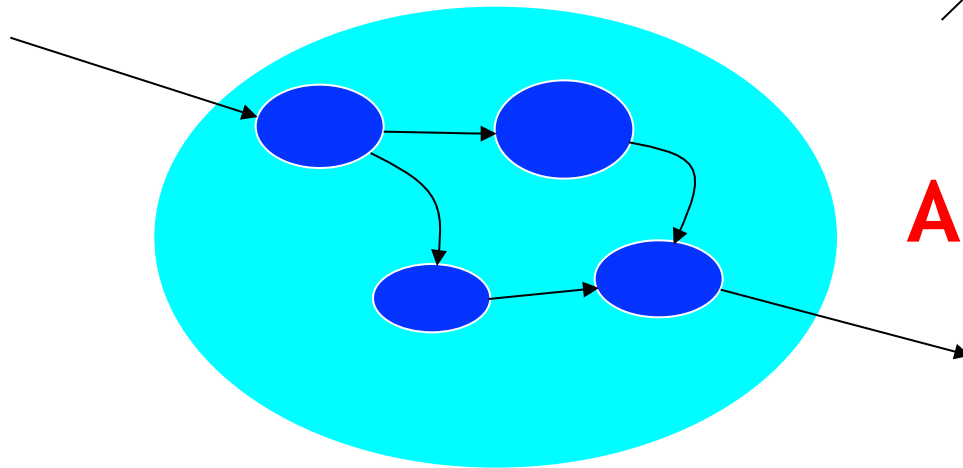
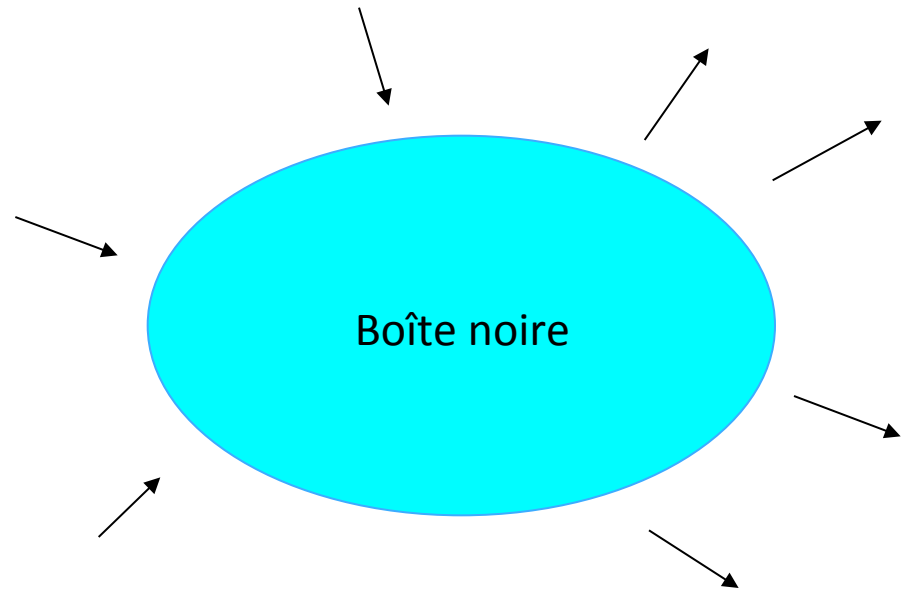
- Ses entrées et les sorties.
- Ses interactions avec l'environnement.

MISME Méthode d'inventaire Systématique des Milieux Extérieurs.

Considère l'ensemble des composants du système avec leurs interactions ainsi que les milieux environnants.

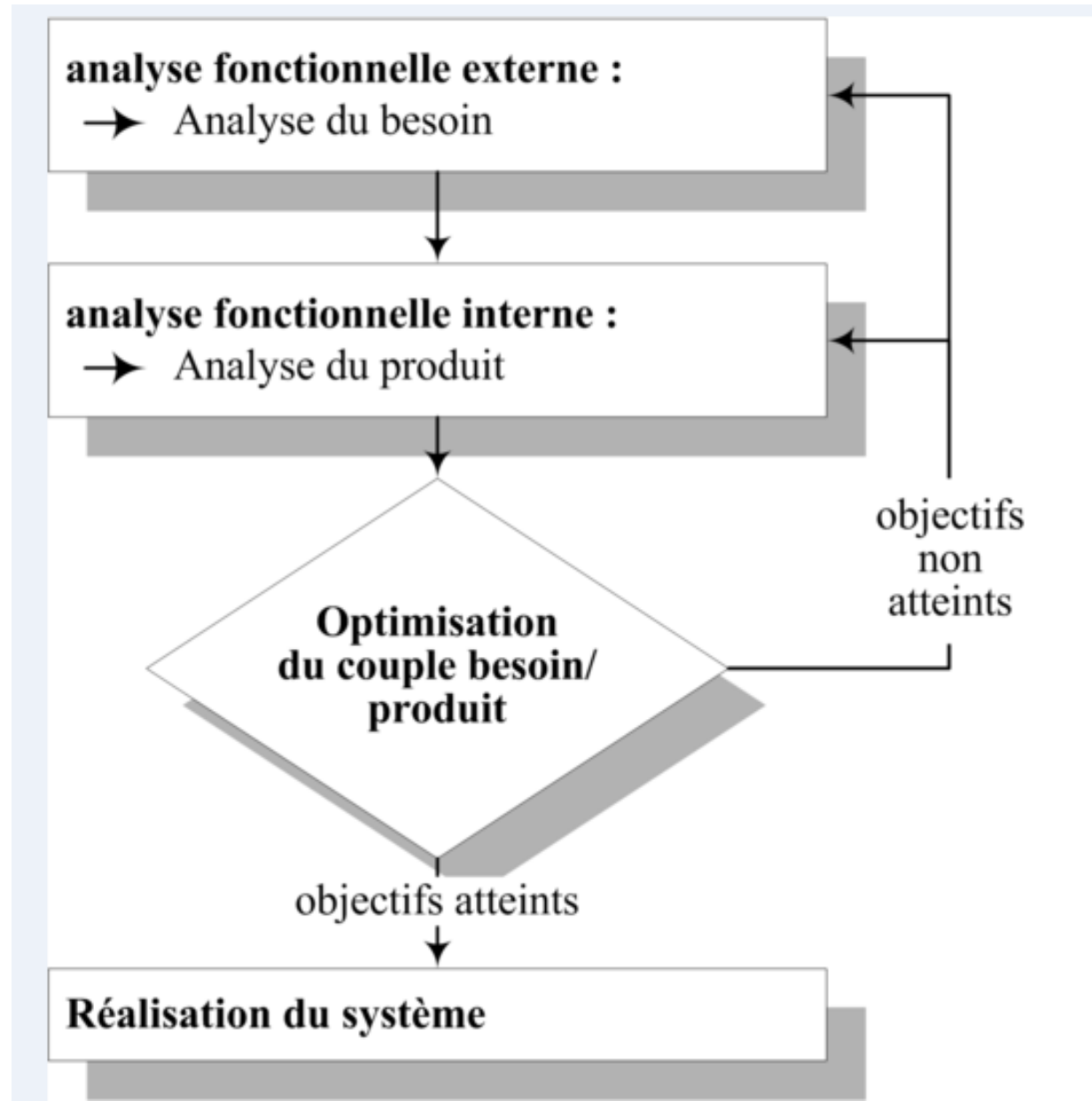
Rappel

ANALYSE EXTERNE



ANALYSE INTERNE

Résumé d'une Analyse Fonctionnelle.



Méthode MISME (1)

Méthode d'Inventaire Systématique des Milieux Extérieurs

Deux grandes étapes:

① VALIDATION DU BESOIN

outil: bête à corne

② ANALYSE DU BESOIN

outil: pieuvre

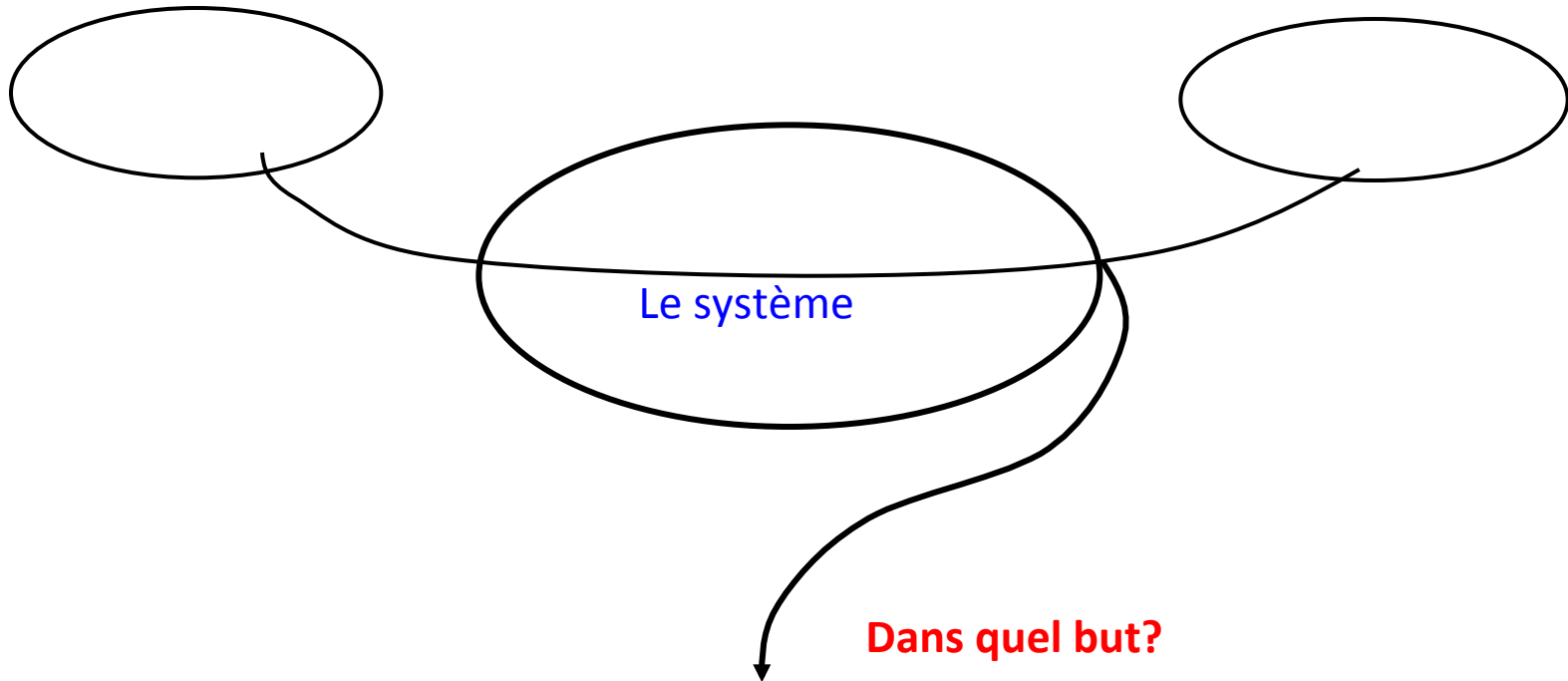
Méthode MISME (2)

ETAPE ① : VALIDATION DU BESOIN

Bête à cornes

A qui rend-il service?

Sur quoi agit-il?



1° Etape : validation du besoin.

QUOI?

- Exprimer, quantifier, hiérarchiser et qualifier précisément les services à rendre à l'utilisateur.
- Lister les modes de fonctionnement ainsi que les évolutions possibles du système.
- Lister l'ensemble des fonctions dans les différents environnements/ contexte d'utilisation.
- Faire la liste des attribues des différentes fonctions et déterminer les critères de validation de ces attribues.

COMMENT?

- Le système est considéré uniquement comme un ensemble de fonctions mises à disposition de l'utilisateur.
- Les fonctions sont totalement indépendantes des solutions qui répondront à l'ensemble des besoins.
- Les fonctions sont quasi-indépendantes entre elles.

1° Etape : validation du besoin.

Les questions à se poser.

Mise en évidence des besoins : Que veut-on faire? Et pour qui?

Mise en évidence de la validité du besoins : Pourquoi cet objectif?

Mise en évidence de la validité de l'étude : Pourquoi étudier ce système?

Mise en évidence de l'environnement : Sur quoi agit-il?

Mise en évidence de ce qui pourrait modifier les besoins ou bien les faire évoluer :

- Remise en cause des choix.
- Changement de stratégie.

1° Etape : validation du besoin. Un exemple please!

- Aux téléspectateurs
- Aux professionnels de la télé
- Aux artistes
- Aux vendeurs de CD/DVD

- Sur le téléviseur
- Sur les émissions diffusées
- Sur les produits enregistrés
- Sur les CD/DVD vierges
- Sur les CD/DVD enregistrées

Magnétoscope

- Pour voir des émissions en temps différé
- Pour voir des documents enregistrés

1° Etape : validation du besoin. Un exemple please!

On a identifié pour qui est destiné le système.

On a identifié sur quoi agit le système.

On a identifié les raisons de l'existence du système, ses objectifs.

Identification des modifications :

- Apparition de la VOD.
- Disque dur de grande capacité.
- Possibilité de visualiser sur Internet en différé (youtube).
- Possibilité de voir sur un support sans lecteur de disque (iPhone)

Nouveaux besoins, modifications →

- Connexion Internet.
- Différents types de support (DD, USB, ...).
- Autre?

2° Etape : Analyse du besoin.

- Déterminer les cas d'utilisation, les modes de fonctionnement et le cycle de vie.
- Pour chaque mode de fonctionnement déterminer les milieux extérieurs dans lequel le système va évoluer. Pour chacun il faudra faire la même analyse qui est fortement dépendante de l'environnement.
- Déterminer les fonctions avec:
 - leurs critères.
 - les niveaux associés.
 - la flexibilité.
 - le type de lien associé avec l'environnement.

2° Etape : Analyse du besoin.

Le système étudié est au centre du diagramme en interaction avec l'ensemble des éléments externes.

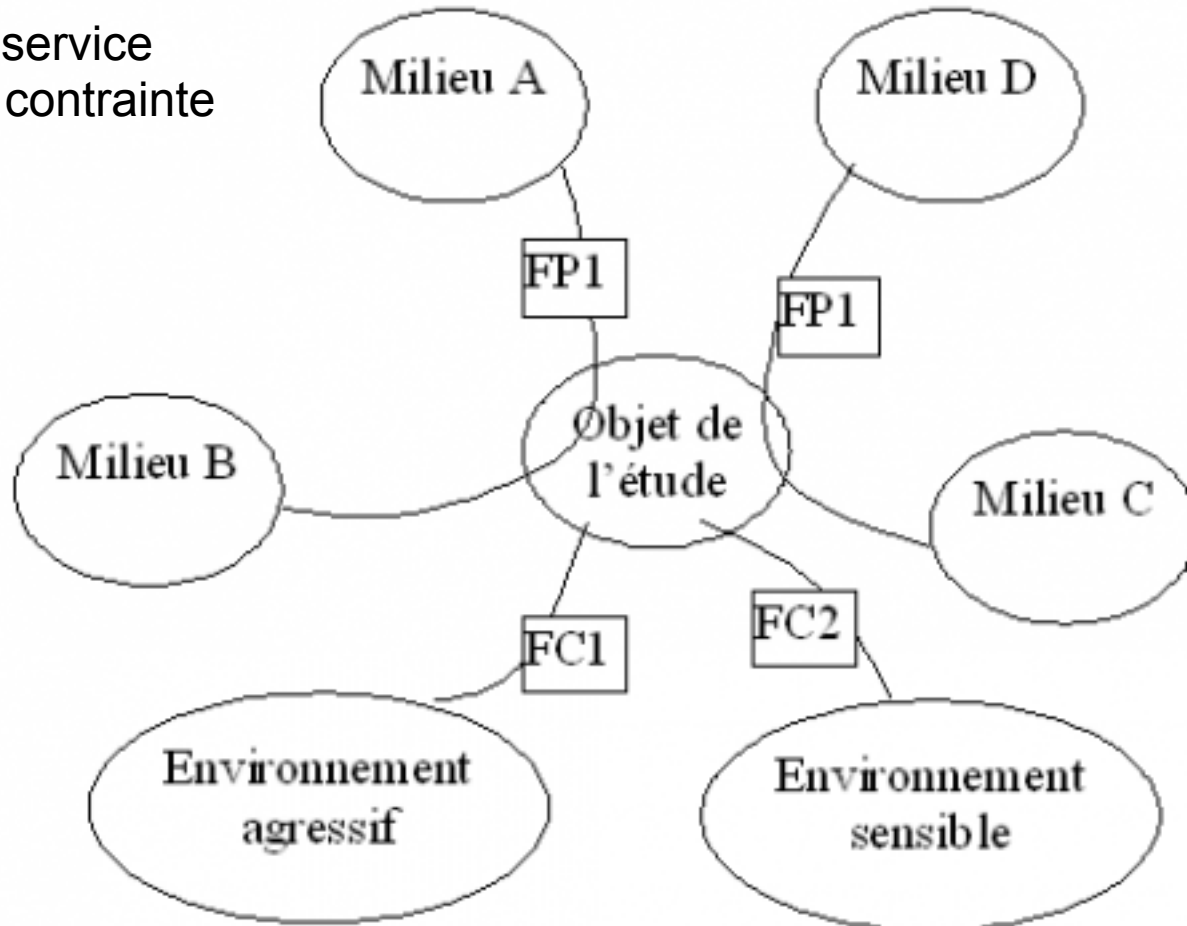
Les éléments externes de l'environnement peuvent eux aussi entretenir des liens via le système.

On va donc pouvoir identifier :

- L'ensemble des interactions avec l'environnement : Les fonctions contraintes.
- L'ensemble des interactions entre l'utilisateur et l'environnement : les fonctions de service (principale et secondaire).
- L'ensemble des interactions entre deux éléments environnants passant par le système : les fonctions de service (principale et secondaire).

2° Etape : Diagramme de la pieuvre.

FP : Fonctions de service
FC : Fonctions de contrainte



2° Etape : Définition des termes.

- Déterminer les fonctions avec:
 - leurs critères ou attribues :
 - Performances.
 - Durée de vie...
 - les niveaux associés.
 - Fonctions, sous-fonctions, de contrainte, ...
 - la flexibilité.
 - Cette fonction est-elle négociable?
 - Quand a-t-on besoin de cette fonction?
 - Durée, fréquence d'utilisation?
 - le type de lien associé avec l'environnement :
 - Quel type d'échange.
 - Quelle interface.
 - Taux d'échange → Notion de valeur.

2° Etape : Début d'optimisation.

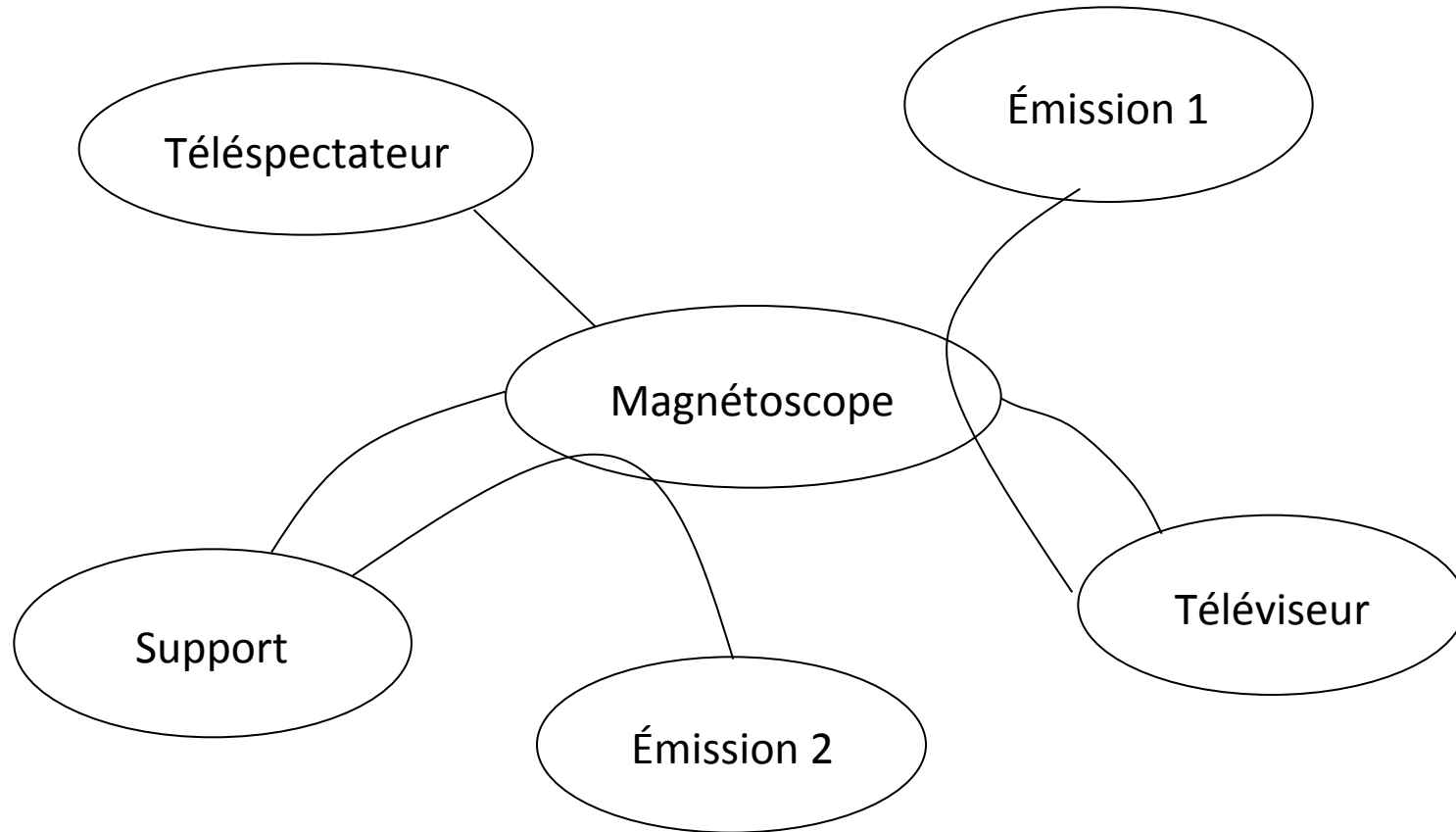
Afin de valider et de réaliser une première optimisation du système, on doit pour analyser chaque fonction de service une à une en se posant les questions suivantes :

- Pourquoi cette fonction existe-elle? → Doit satisfaire un besoin.
- A cause de quoi ou pourquoi cette fonction existe-elle? Choix technique, historique...
- Peut-elle évoluer ou disparaître? → Evolutions des besoins, des principes, de l'environnement, ...

- A-t-on bien quantifier et qualifier le niveau des performances attendues?
- A-t-on bien quantifier et qualifier les interactions avec les environnements?

On continue l'exemple.

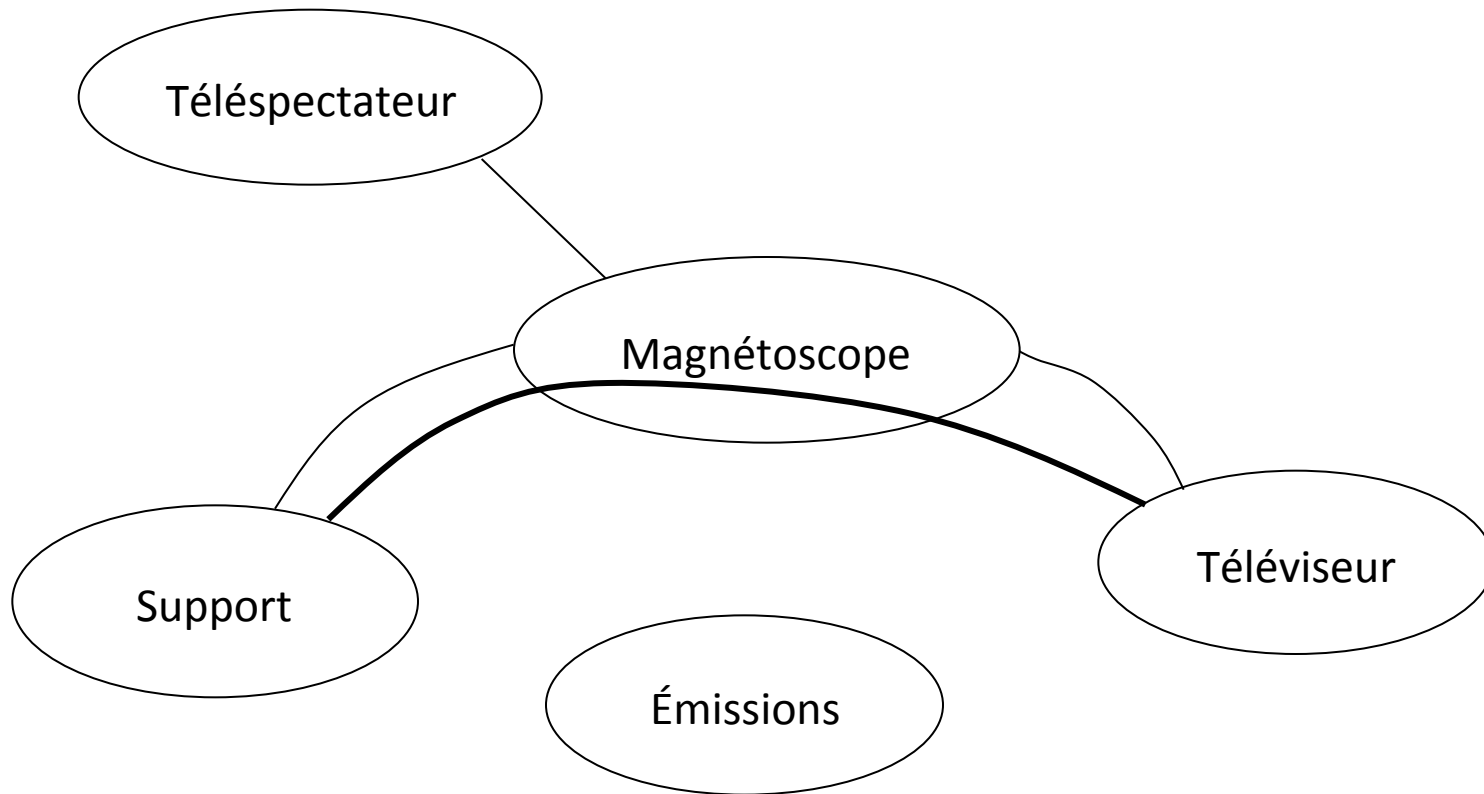
Identification des modes de fonctionnement → Enregistrement.
Il apparaît bien les fonctions : Regarder émission 1 pendant Enregistrer émission2.



On continue l'exemple.

Identification des modes de fonctionnement → Diffusion.

Apparition/Disparition de fonction dans les différents modes de fonctionnement.





Analyse Fonctionnelle Interne.

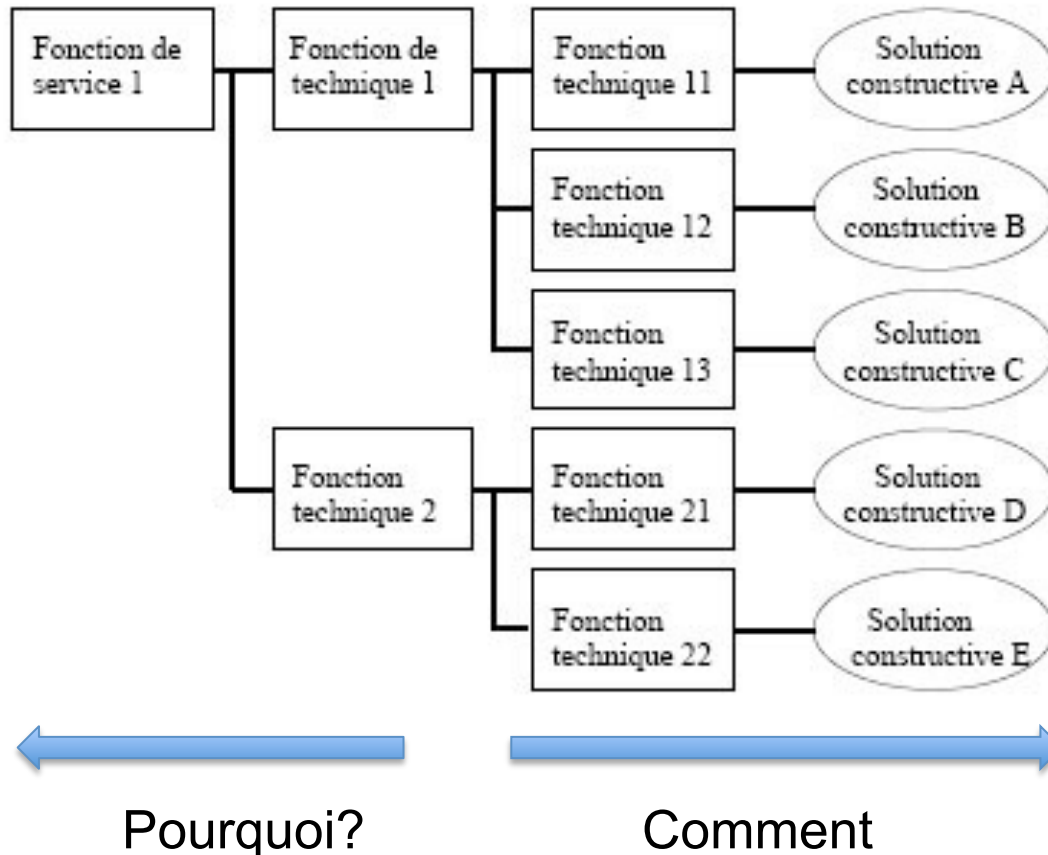
Une fois que l'étude est validée, que les grandes fonctions sont décrites ainsi que les interactions avec l'environnement → Passage à l'analyse du fonctionnement interne du système.

Comme cette analyse va principalement porter la **description interne des fonctions** et de l'ensemble de leur interactions internes, on va utiliser de préférence les méthodes FAST/SADT/BDF. Ou bien parfois un savant mixte des trois!

Exemple de diagramme FAST.

Dans ce type d'analyse, on passe du pourquoi (expression des besoins) au comment (esquisse de solutions à mettre en œuvre). Apparaissent alors les fonctions de conception (dépendantes des solutions).

Chaque fonction va être découpée en sous-fonctions élémentaires avec pour chacune la description de la solution technique envisagée.



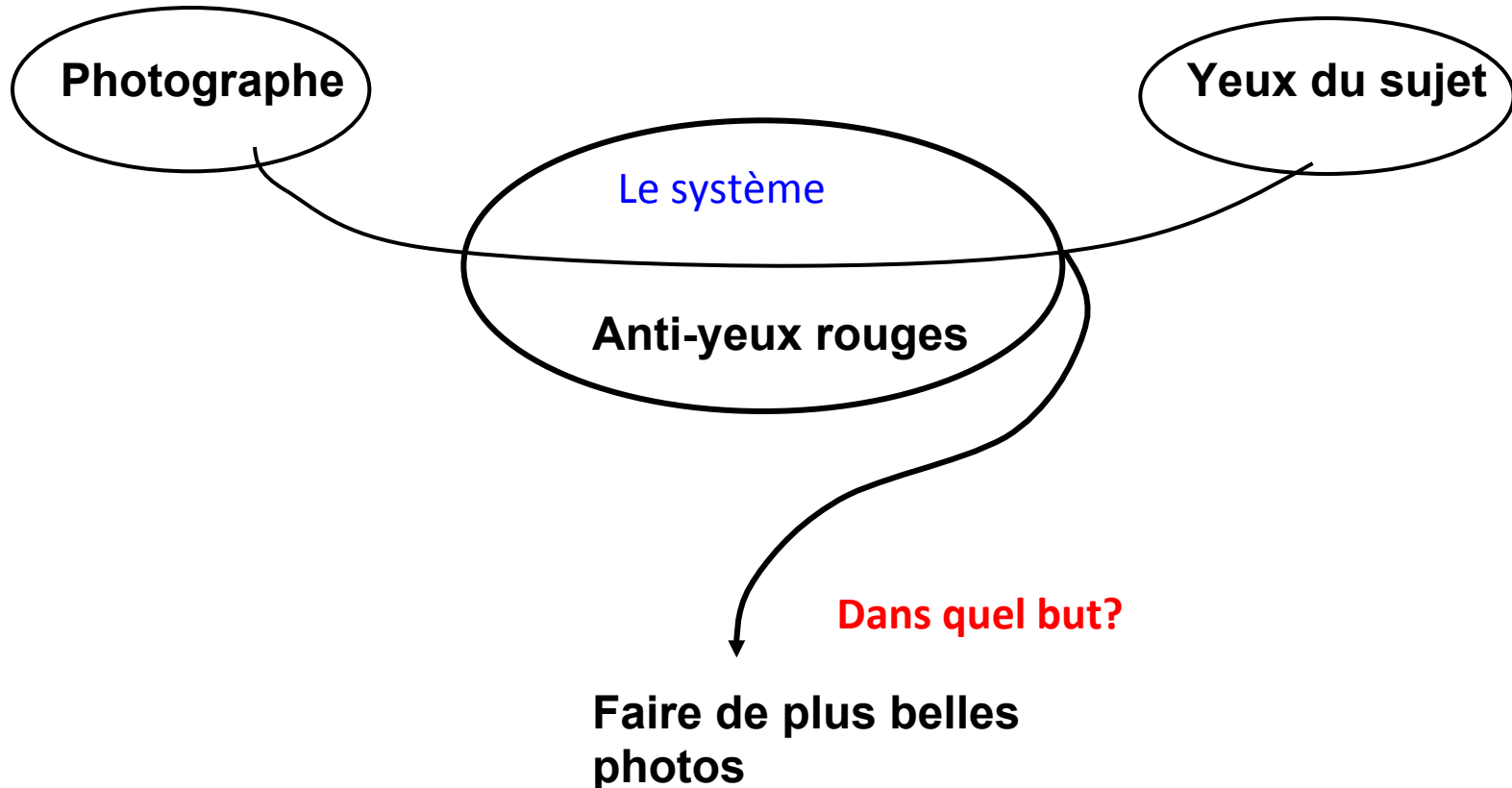
Systeme anti-yeux rouges

Quel est le probleme?

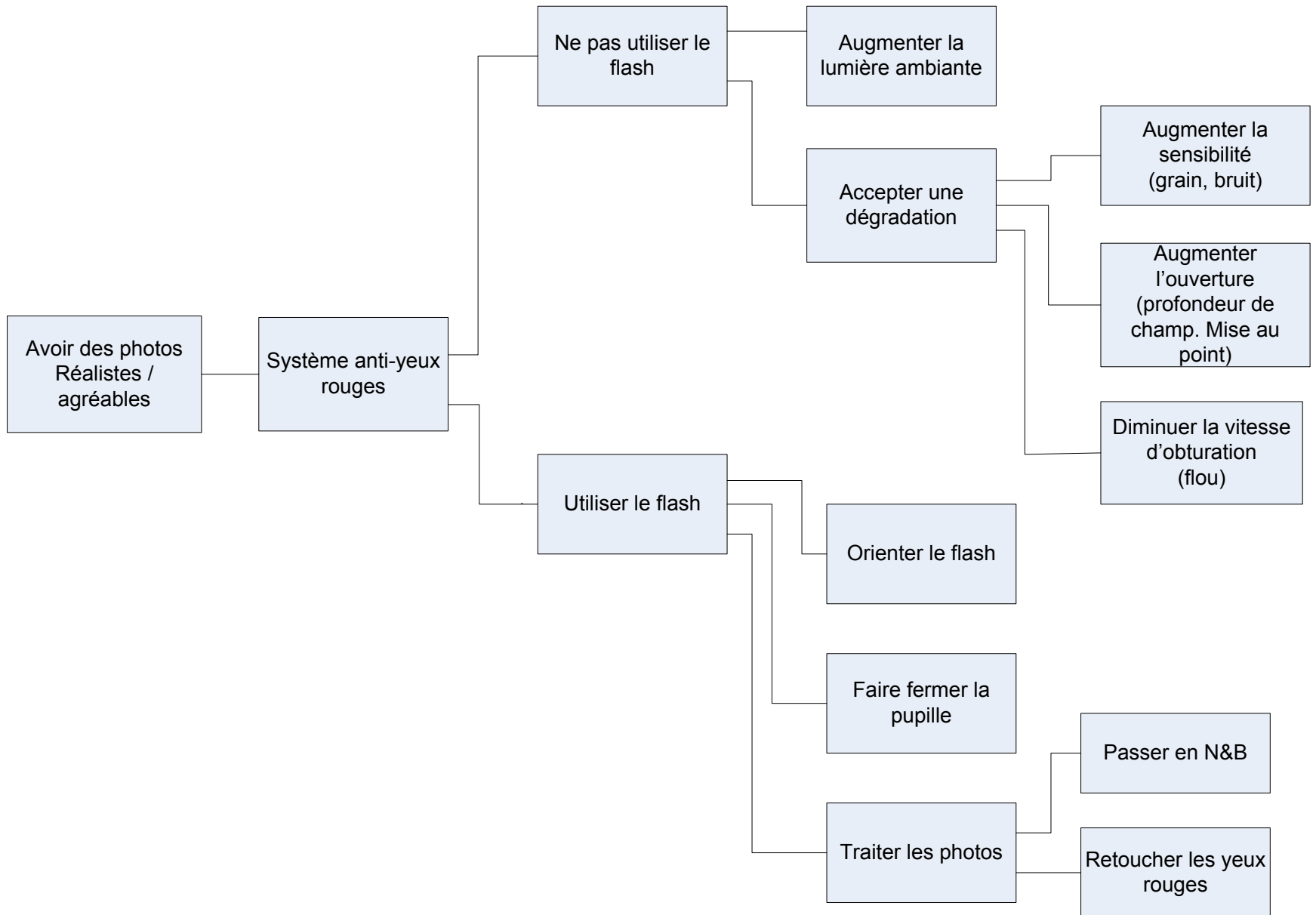
Validation de la suppression du probleme ▶ MISME

A qui rend-il service?

Sur quoi agit-il?



Exemple de diagramme FAST.



La méthode SADT.

®SADT est une marque déposée de SofTech (USA) et d'IGL Technology (France)

- **Un langage**

- c.à.d. un modèle normatif avec sa syntaxe et ses règles simples et assez naturelles dans le cas de SADT
- pour décrire un système existant (aspect communication)

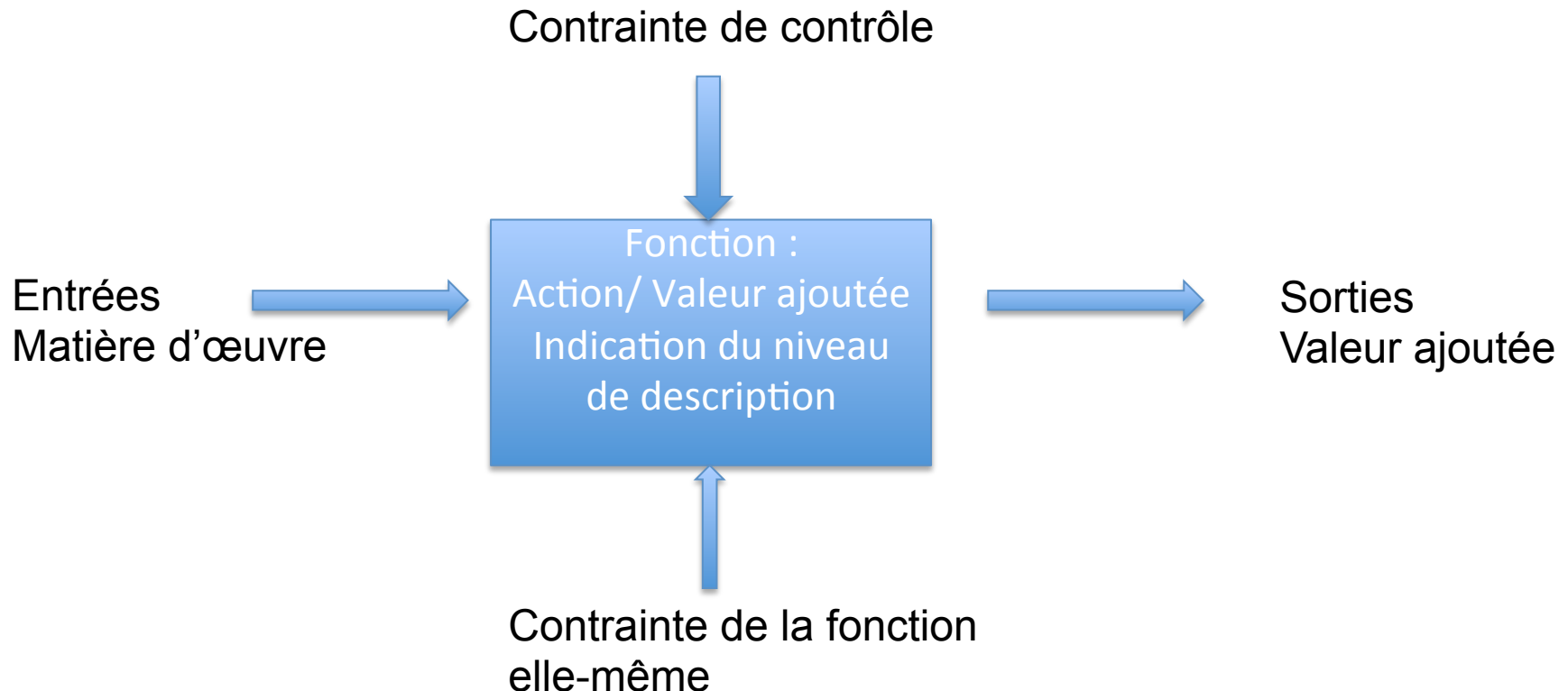
- **Une méthode**

- Pour spécifier les systèmes

de manière descendante et arborescente

La méthode SADT.

Dans ce type d'analyse on va décrire l'ensemble des fonctions en interaction entre elles via des connexion symbolisant les entrées/sorties et contraintes.
Les fonctions sont représentées par des boîtes avec des entrées/sorties.



La méthode SADT.

Analyse descendante où on va décomposer au cours de l'étude les fonctions en sous-fonctions élémentaires.

Les liens représentent les interactions entre les fonctions mais pas leur enchaînement séquentielle (déroulement dans le temps).

Les sorties d'une boîte peuvent être utilisées soit comme entrée ou bien comme contrôle/contrainte d'une autre boîte.

On a donc deux opérations à réaliser :

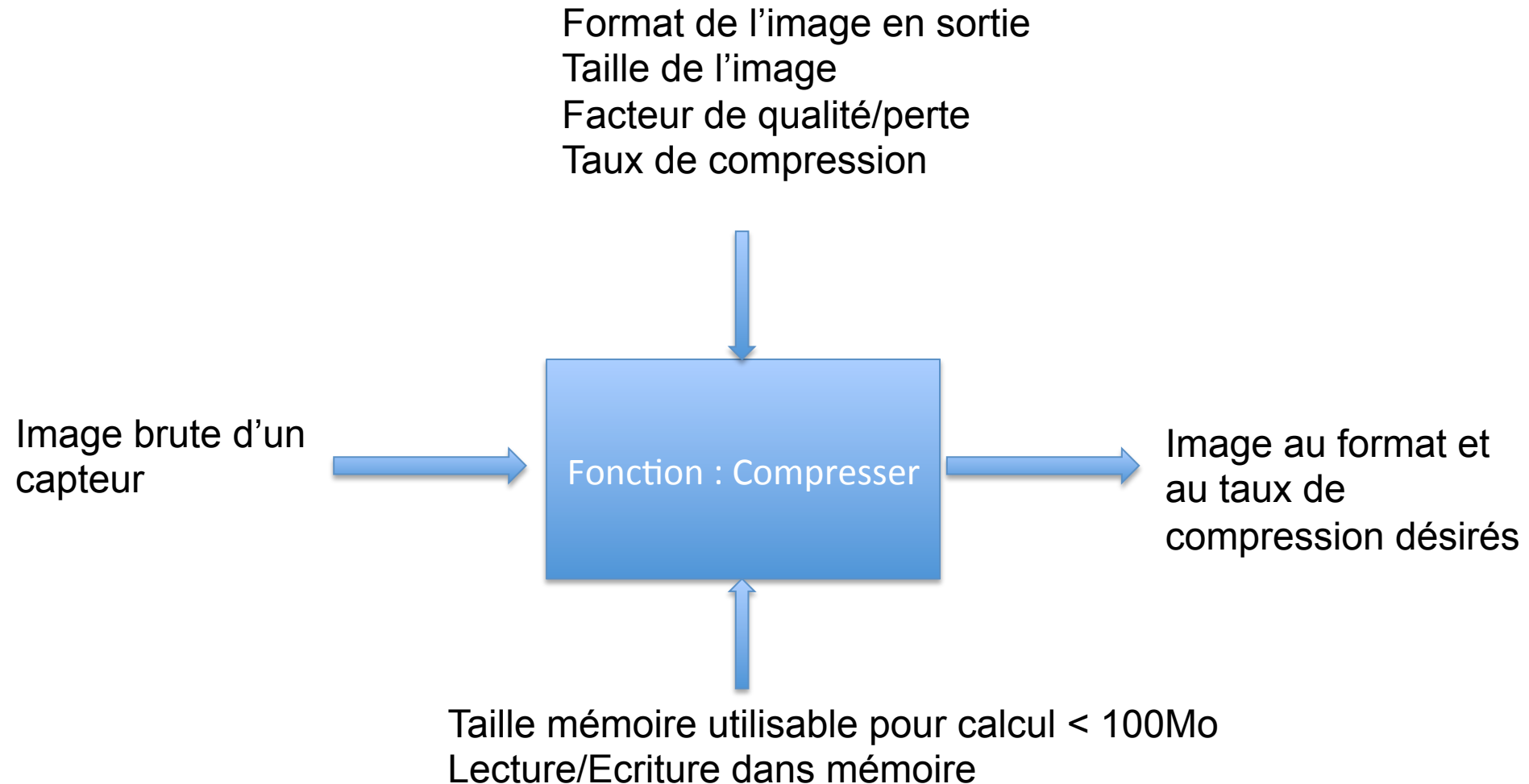
- Découper la fonction principale en plusieurs boîtes représentant les sous-fonctions.
- Créer les liens de commande et de d'entrée/sortie des différentes boîtes entre elles.

ATTENTION :

- Ce diagramme ne représente pas un enchaînement des opérations.
- Ce diagramme ne permet de réaliser des opérations sur les liens (ET/OU, ...).

Exemple de diagramme SADT.

Algorithme de compression d'image → Fonction de compression.



Exemple de diagramme SADT.

Décomposition en sous-fonctions :

- Lire l'image à traiter.
- Prendre en compte les choix de l'utilisateur pour le traitement.
- Effectuer la compression de l'image.
- Présenter le résultat à l'utilisateur.
- Ecrire dans la mémoire l'image traitée.

Pour une même fonction on tente de ne pas la découper en plus de 4 à 6 sous-fonctions. Le nombre de boîte et l'ensemble des liens entre ces boîtes rend la lecture très rapidement impossible!

Acquérir
image brute

Acquérir
données de
traitement

Effectuer
compression

Présenter
résultat

Ecrire image
traitée

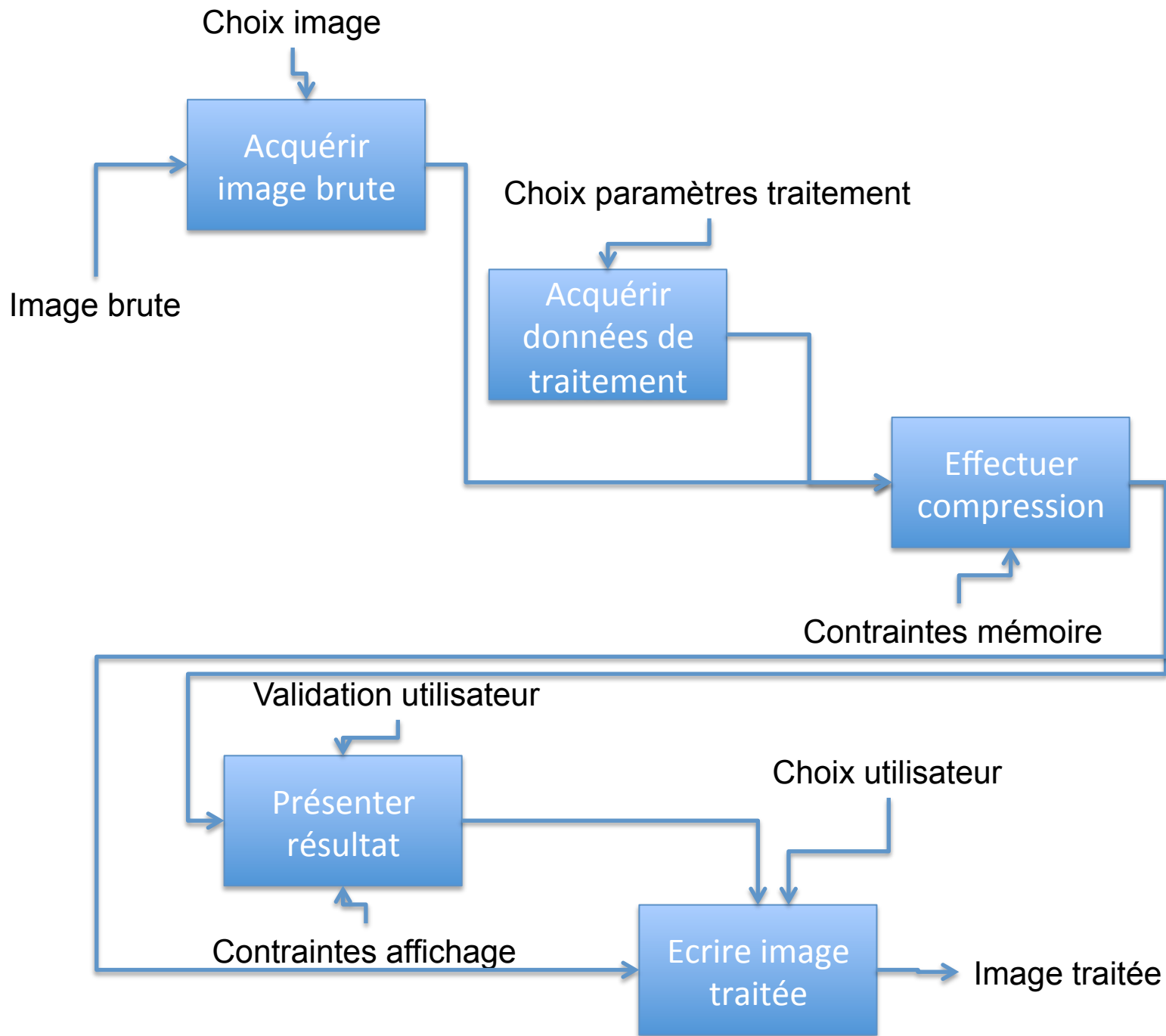
Exemple de diagramme SADT.

Identification des contrôles :

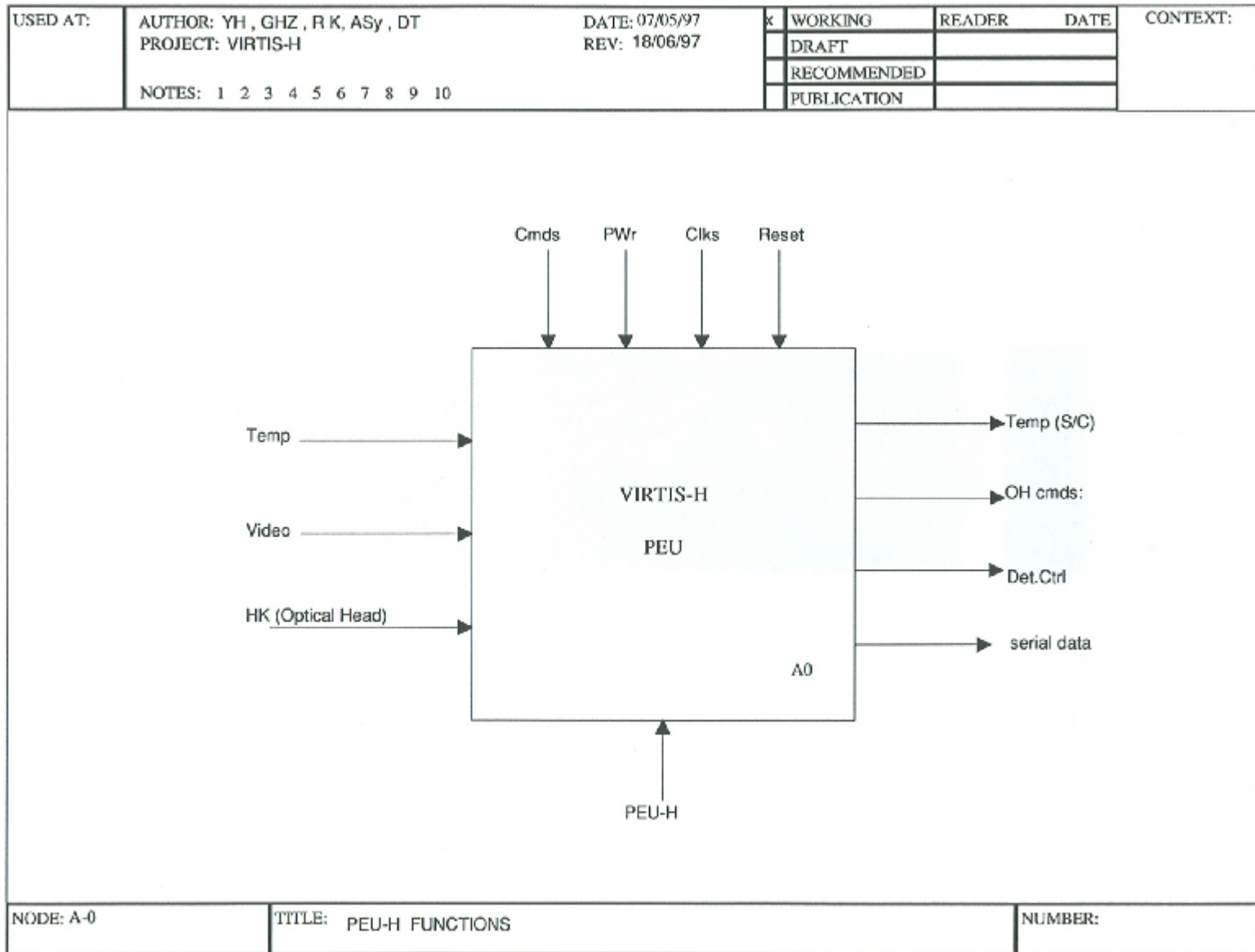
- Choix de l'image par l'utilisateur.
- Choix des paramètres de compression.
- Choix du format de l'image.
- Validation du traitement.
- Choix de l'image traitée à enregistrer.

Identification des contraintes :

- Taille de l'image.
- Mémoire disponible/mémoire nécessaire.

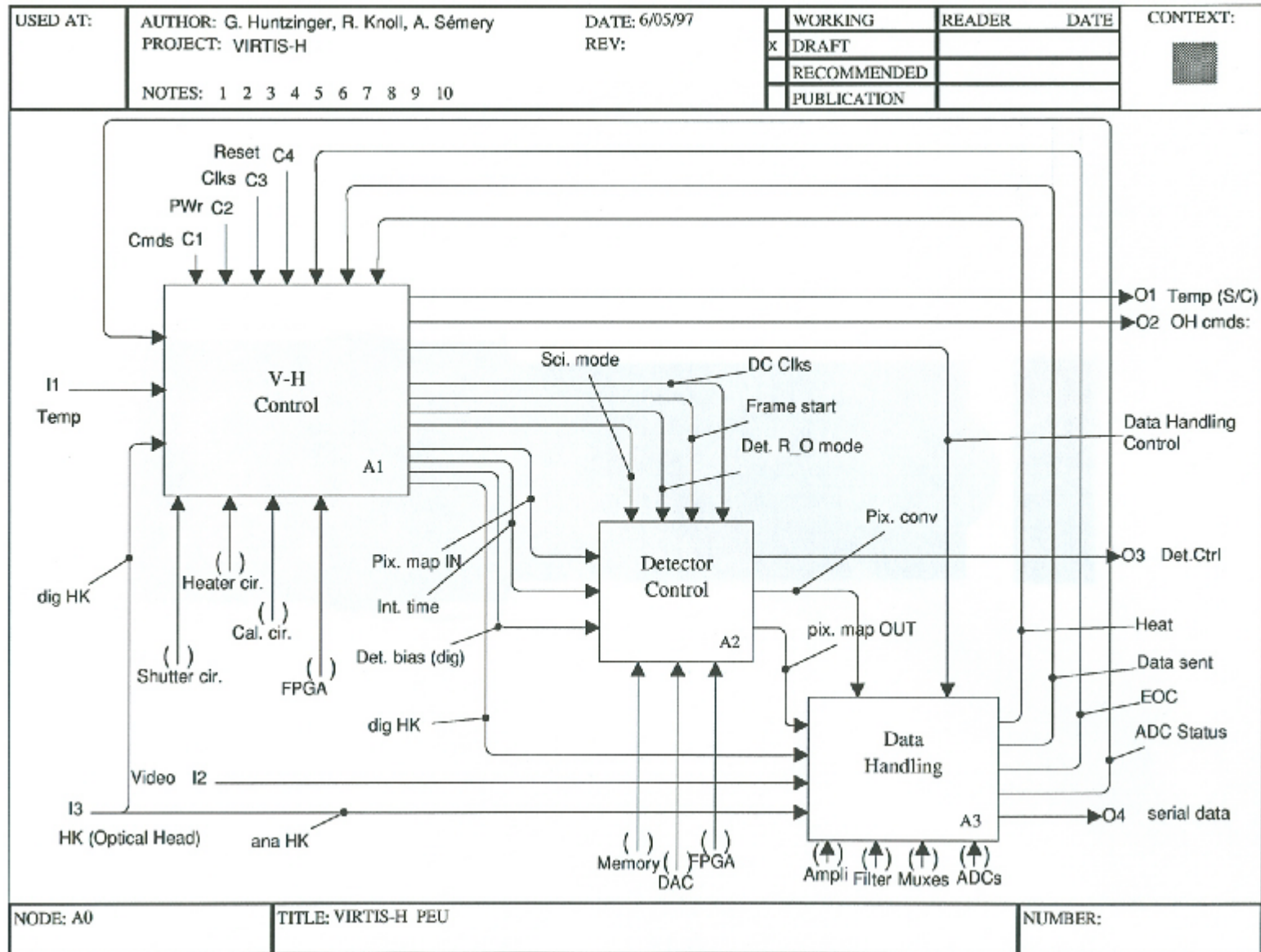


Exemple de diagramme SADT dans la vraie vie...

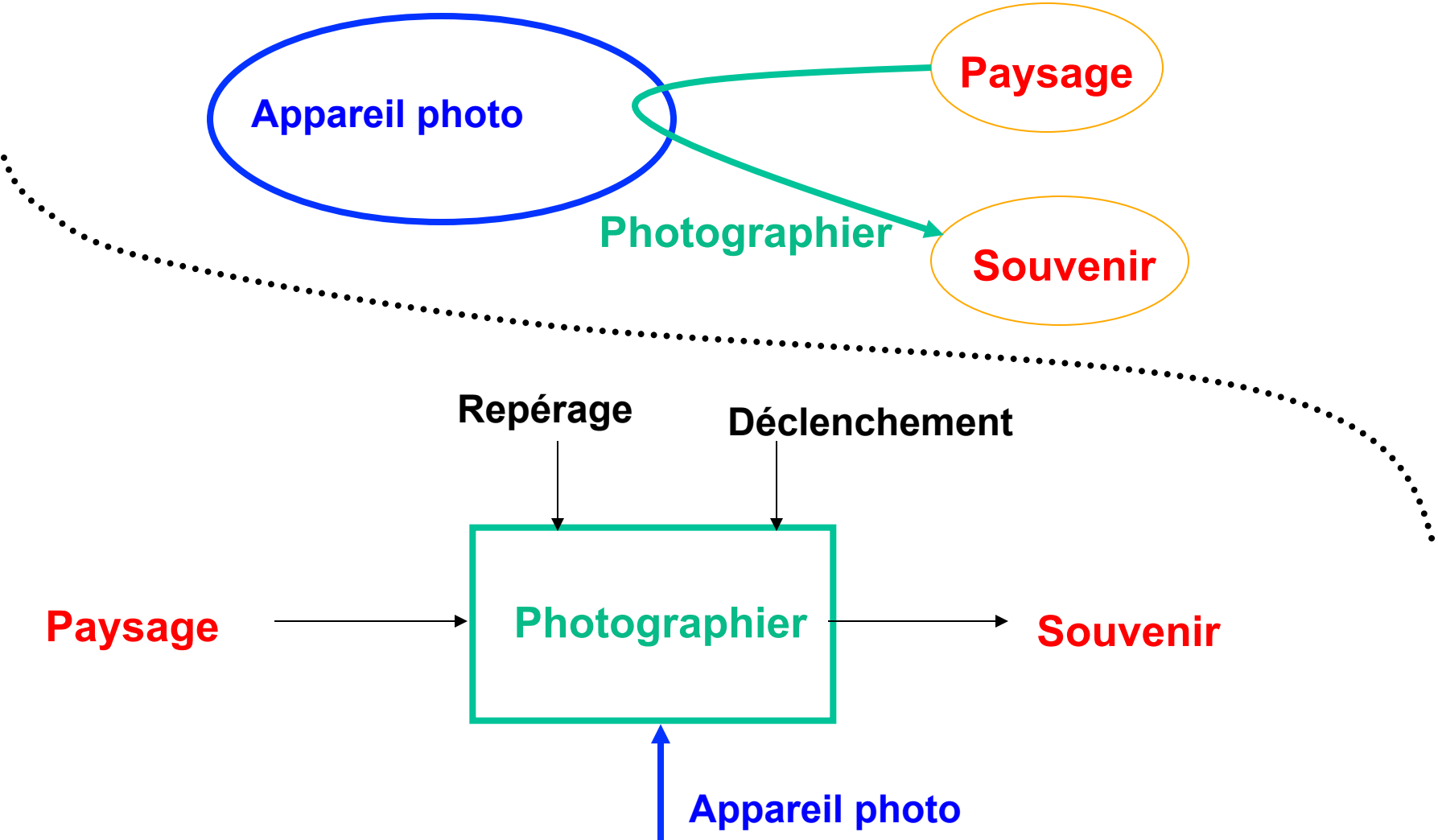


NODE: A-0	TITLE: PEU-H FUNCTIONS	NUMBER:
-----------	------------------------	---------

Exemple de diagramme SADT dans la vraie vie...



Modèles « pieuvre » et « SADT »



Bloc Diagramme Fonctionnelle.

Représentation du système et de son environnement qui met en évidence :

- Les interactions internes entre les constituants du système.
- Les interactions externes avec l'environnement.
- Les circulations des flux d'échange à travers ou à l'intérieur du système.
- Identification des fonctions de service (principales et secondaires) via les flux internes.
- Identification des fonctions de contrainte via les flux externes.
- Identification des fonctions techniques engendrées par les choix techniques.

C'est la méthode privilégiée dans les phases de conception.

La plus « naturelle » et la plus synthétique pour la description du système dans laquelle on voit les liens internes et externes, les flux et leur description...

Mais attention, pour des systèmes complexes, faits de très nombreuses parties ayant beaucoup d'interaction, il faudra diviser la représentation globale du système.

Bloc Diagramme Fonctionnelle.

On va représenter les différents sous-ensemble par des boîtes correspondant soit à des fonctions soit à des sous-ensembles physiques.

Ces différentes boîtes sont reliées par des flux indiquant les liens existants entre elles

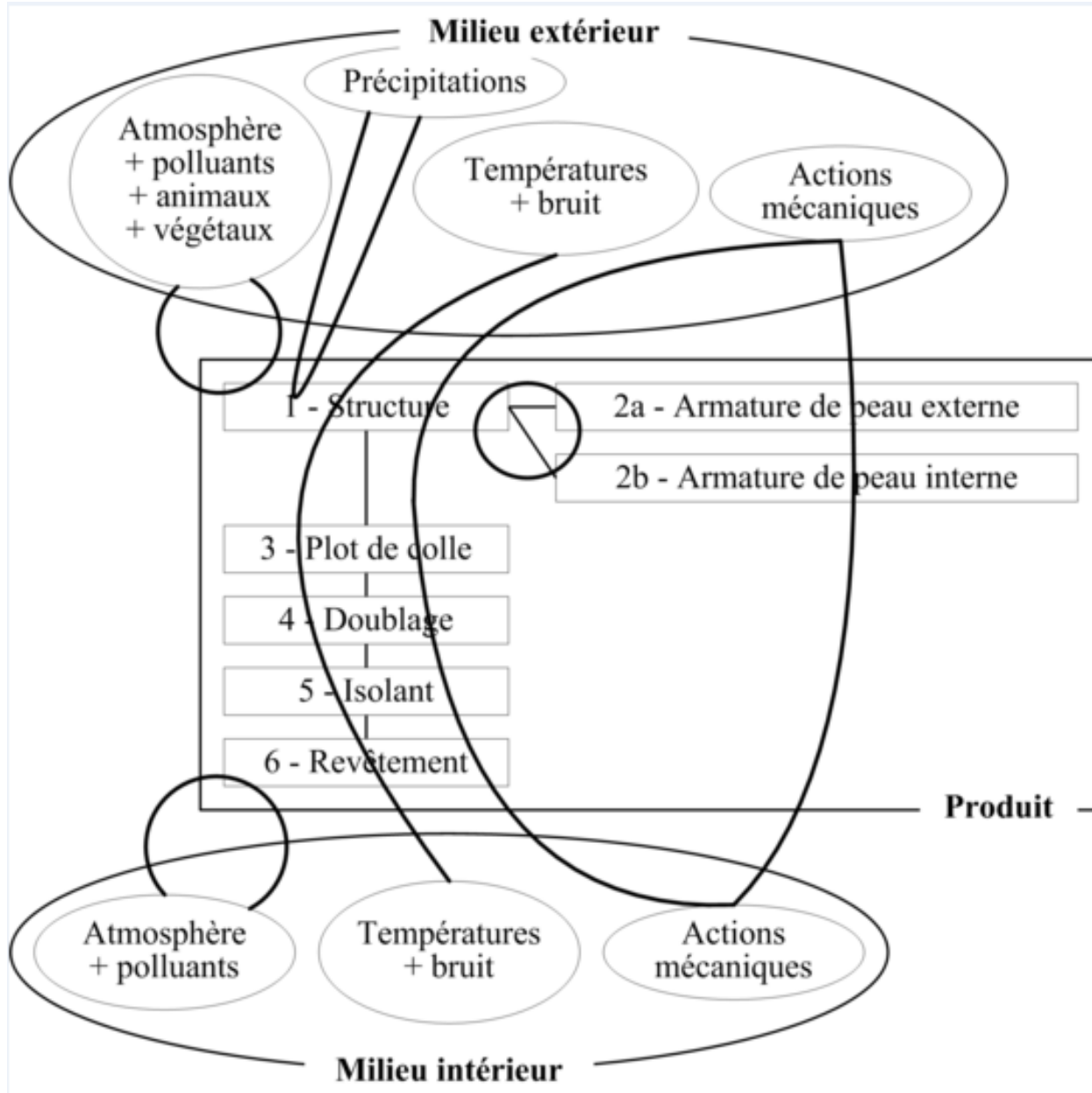
Les différents flux qui apparaissent peuvent être schématisés par :

- Éléments extérieurs vers éléments extérieurs → Fonctions de service.
- Éléments extérieurs vers éléments intérieurs → Fonctions de contraintes.
- Entre éléments intérieurs → Fonctions de conception, vont représenter les chaînes fonctionnelles.

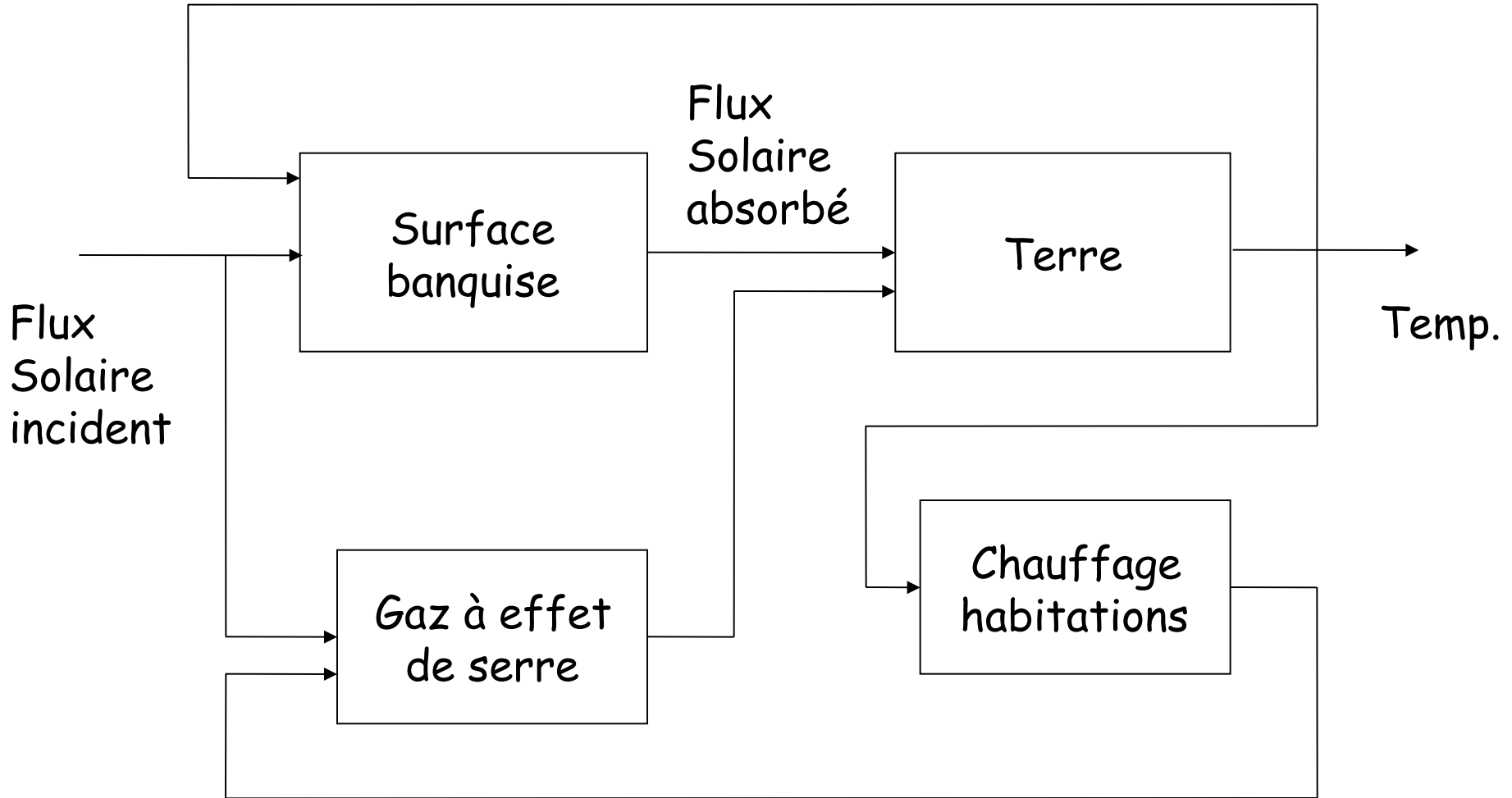
On fait parfois une confusion avec une représentation des sous-systèmes physiques représentés en bloc diagramme où les fonctions n'apparaissent pas de manière explicite, mais où on fait apparaître de nouvelles fonctions liées à la découpe matérielle et aux choix de développement.

C'est aussi une manière très synthétique de représenter un instrument.

Exemple de diagramme BDF → Représentation des fonctions et des flux.

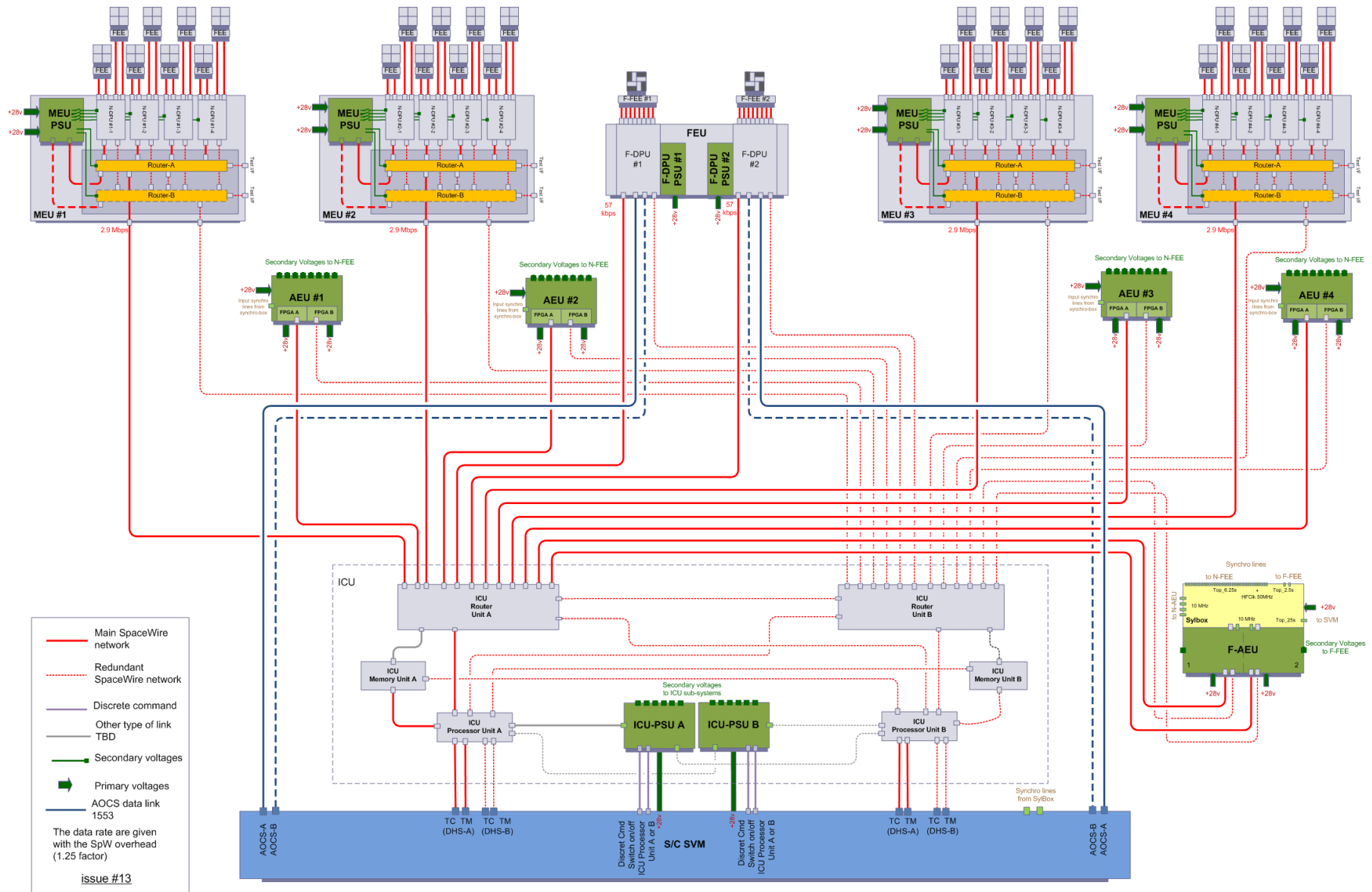


Exemple de diagramme BDF → Représentation des fonctions et des flux dynamiques.

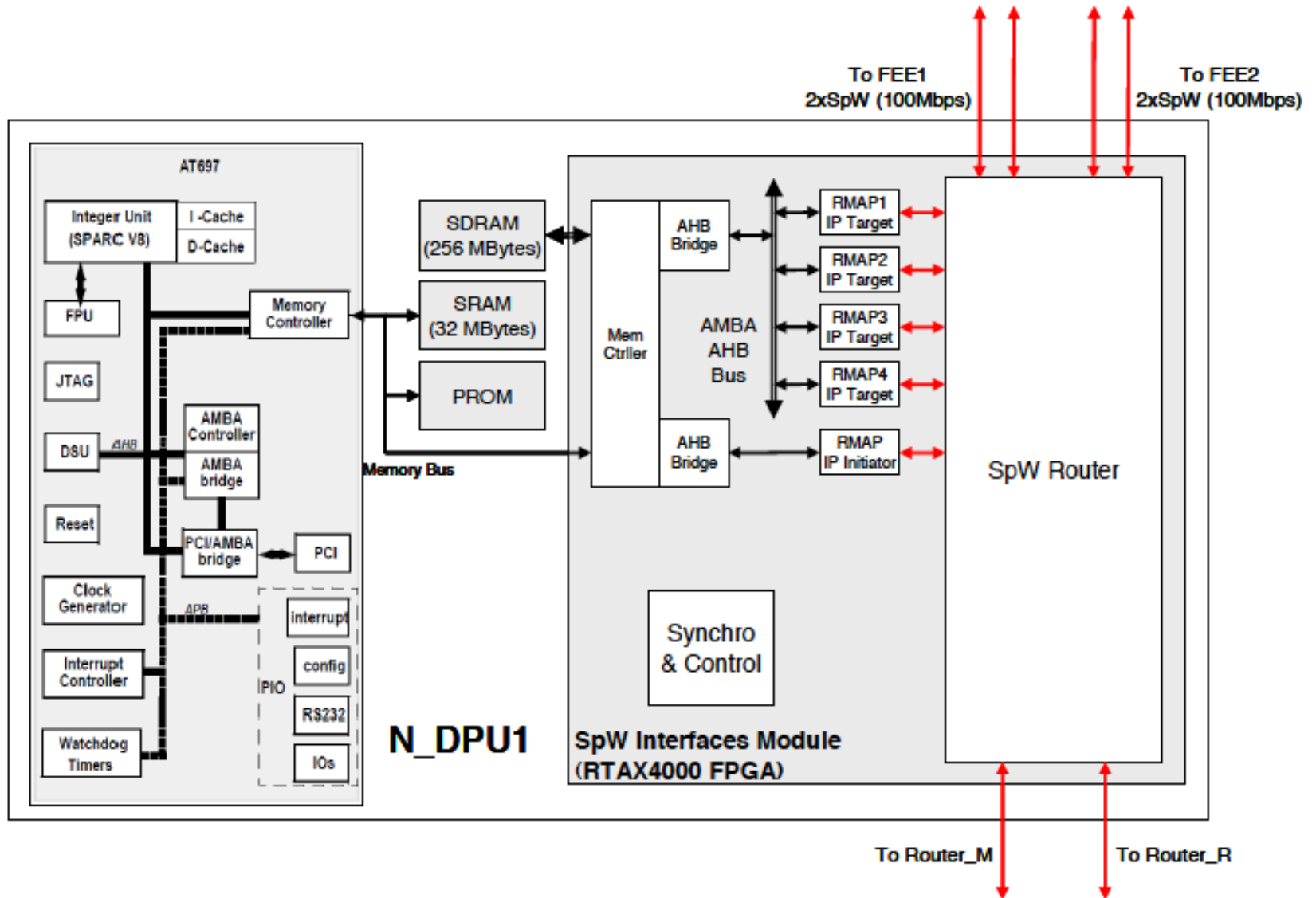


Boucle de rétro-action dans un système dynamique.

Exemple de diagramme BDF → Représentation des sous-système.



Encore un cran plus bas...



N-DPU HW Architecture

De l'analyse fonctionnelle à la sûreté de fonctionnement.

Analyse fonctionnelle permet de :

- Valider les besoins.
- Traduire en fonction.
- Faire les liens entre les fonctions.
- Optimiser le système.
- Trouver les solutions les plus adaptées.
- Rendre un système homogène.
- Faire des découpes pour optimiser la réalisation.
- S'assurer que le système répond aux besoins exprimés.
- **Faire une étude des modes de panne/disfonctionnement.**
- **Faire une étude de la criticité.**
- **Faire une étude de la propagation des pannes.**

La sûreté de fonctionnement.

Plusieurs méthodes sont possibles :

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, e leurs Effets et de leurs Criticité (FMECA in English).

SDF : Sûreté de fonctionnement.

Arbre de Défaillance ou des Causes → Description de l'enchaînement des événements entraînant la panne.

Diagramme de Fiabilité → Mise à la chaîne de l'ensemble des fiabilité des différents composants d'une chaîne fonctionnelle.

....

La fiabilité.

Définition : La fiabilité est l'aptitude d'un système d'effectuer les fonctions requises dans les environnements spécifiés pour une période de temps donnée.

C'est la probabilité d'avoir un système opérationnel à l'instant t , notée $R(t)$, pour Reliability.

MTTF : Mean Time To Failure ou MTBF Mean Time Before Failure
→ Temps moyen pour un système de se trouver dans un mode de panne, mesurée en heure.

Si processus de panne aléatoire alors $R(t) = e^{-t/MTTF} = e^{-t/\lambda}$
(une des seules formules du cours!)

AMDEC

AMDEC porte sur deux points :

- Le système réalisé, le projet, le produit.
 - Identification des modes de dysfonctionnement.
 - Identification des points critiques.

- Le système réalisant, les processus, les matériaux, ...
 - Identification des non-conformités aux différentes exigences.
 - Identification des processus critiques, non qualifiés.

L'objectif étant évidemment d'apporter par la suite des modifications ou bien des améliorations pour augmenter la fiabilité du système!

AMDEC

On doit se poser un certain nombre de question sur le système réalisé :

- Quels sont les modes de pannes, de dysfonctionnements possibles?
- Quelles sont les causes directes de ces pannes?
- Quels sont les effets directs ou indirectes de ces modes? Sur le système lui même ou bien sur l'environnement.
- Quels sont les facteurs internes déclenchant de ses pannes et donc ses pannes peuvent-elles se propager dans le système?
- Quels sont les moyens de détection de ces modes et/ou des causes de leur apparition?

Ceci va permettre de déterminer la criticité de chaque mode :

- Gravité de la panne → Sensibilité à l'environnement, affecte ou pas une fonction principale, se propage pour donner d'autre mode de panne, ...
- Fréquence d'apparition du problème.
- Probabilité de non détection!

AMDEC → Le tableau.

Elément	Mode de défaillance	Causes possibles	Effets	Détection	Criticité	
					Gravité	Fréquence
Pompe à essence	Ne tourne pas	- Grippée - usure	pas d'alimentation moteur	Le moteur ne démarre pas ou s'arrête	8	1
		pas alimenté	pas d'alimentation moteur	Le moteur ne démarre pas ou s'arrête	8	1
	Fuit	- joint défectueux - pièce percée	L'essence fuit dans le moteur. Danger d'incendie	Le moteur tourne mal	10	1
	Ne débite pas assez	- encrassement - filtre bouché	moteur tourne mal	Le moteur tourne mal	6	1
Porte arrière	N'est pas fermée	Corps étranger	Risque d'ouverture	Voyant au compteur	5	6

AMDEC

On a donc une AMDEC fonctionnelle et une AMDEC composant(s).

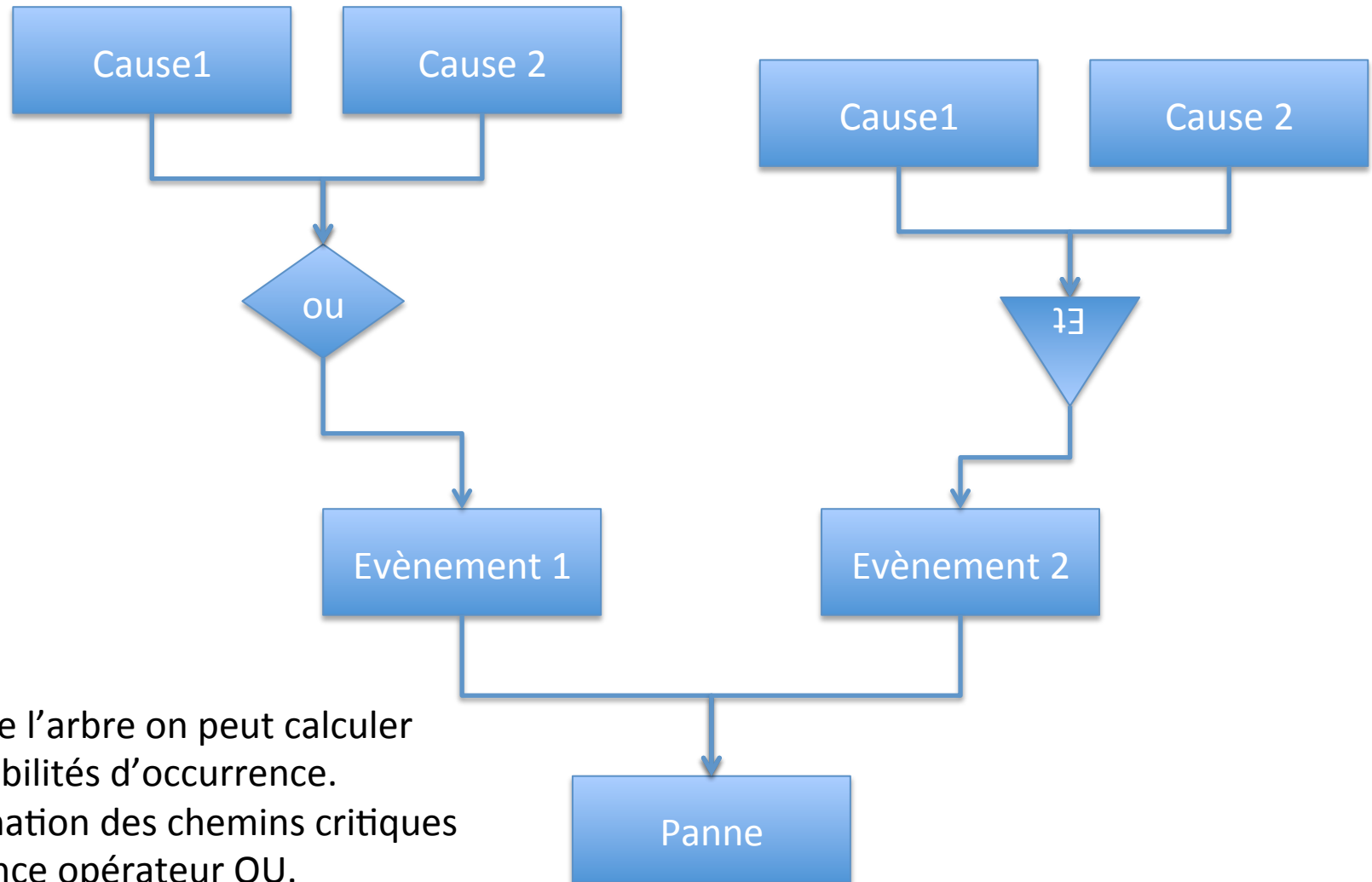
Mode de panne pour un composant :

- Rupture / Blocage / Boucle infinie / Fuite / Déformation / ...
- Fonctionnement hors gamme.

Mode de panne d'une fonction :

- Déclenchement/Arrêt aléatoire.
- Pas de réponse à la commande, pas de prise en compte des entrées.
- Pas de données en sortie.
- Mode dégradé → Fonctions secondaires affectées, performances réduites.

Arbre des défaillances ou des causes



Le long de l'arbre on peut calculer les probabilités d'occurrence.
Détermination des chemins critiques
→ Présence opérateur OU.

Exemple : Arbre des causes

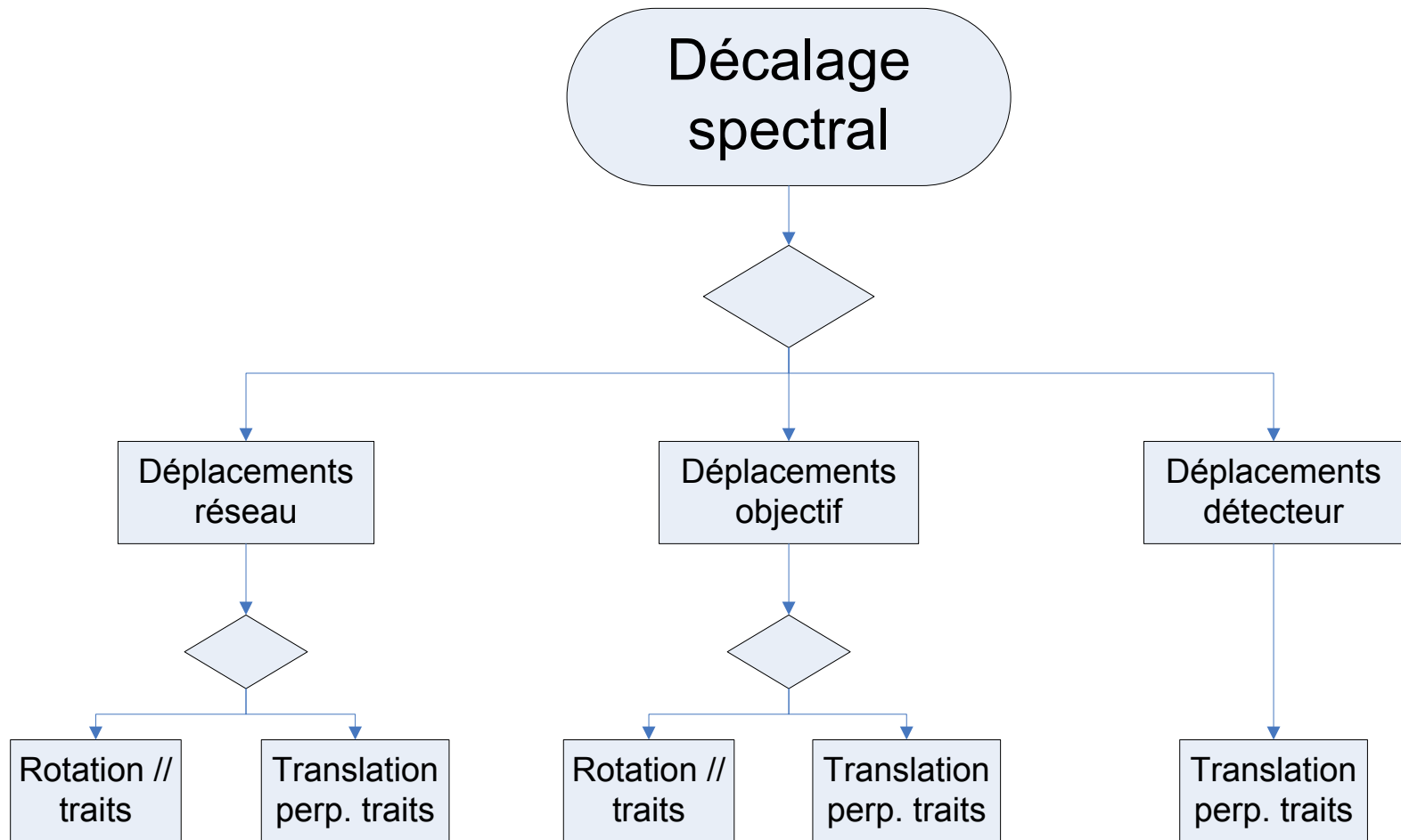
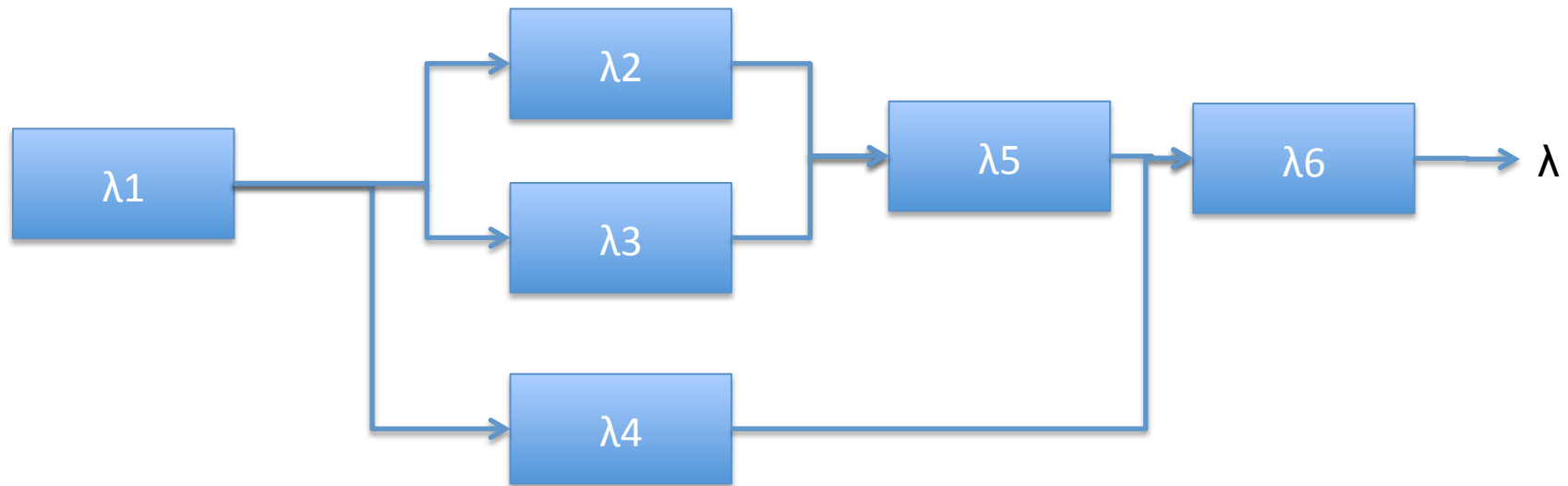


Diagramme de fiabilité.

On a pour chaque composant une MTTF, donc un λ



Détermination du λ de la chaîne fonctionnelle
(mathématiquement assez complexe, voir chaîne de Markov, calcul probabilité)

Mise en place action pour amélioration.

- Procédure qualité pour les process de fabrication, pour les matériaux.
- Test unitaire des sous-ensembles.
- Mise en place de système de mesure.
- Prendre les marges qui vont bien...
- Prise en compte des facteurs de qualité homogène.
- Mise en place de système de redondance :
 - Froide : équipement de remplacement OFF en nominal.
 - Chaude : équipement de remplacement ON en nominal.
- Test de qualification en environnement.
- Test de déverminage.
- Remplacement des sous-systèmes critiques.
- Précaution d'emploi, restriction des environnement d'utilisation.
- ...

Pourquoi prendre en compte les études SDF/AMDEC lors de la conception?

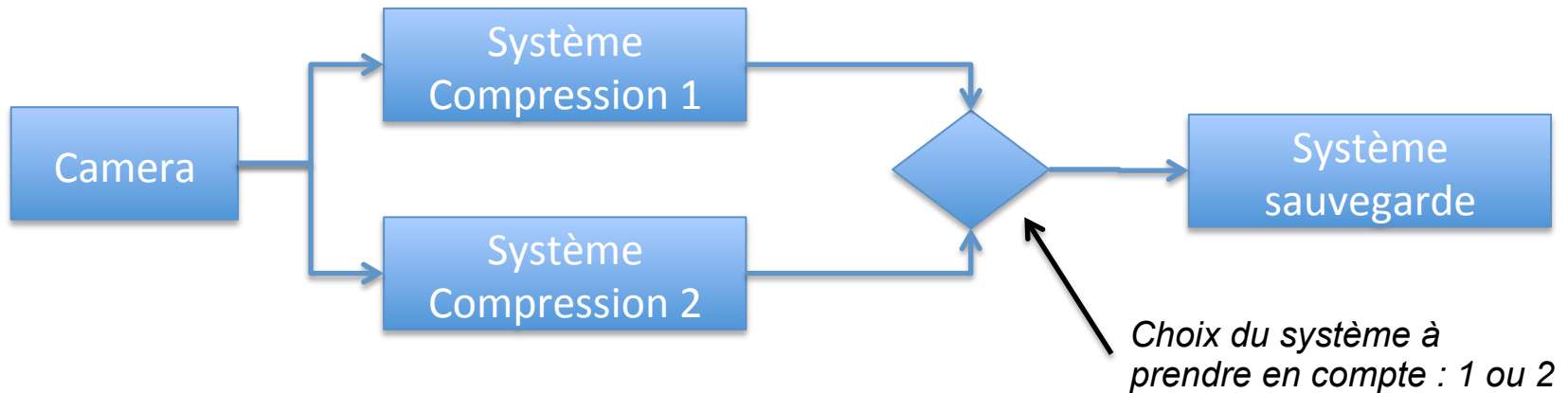
- Mise en place de systèmes de redondance peut s'avérer très coûteux (doubler les organes, système de sélection). On doit donc bien regarder les points critiques pour n'appliquer que la redondance sur ces points.
- Faire des mesures sur des paramètres internes ou externes pouvant produire des pannes ou des dysfonctionnements du système demande aussi de nouveaux organes de mesure et des capacités de traitement de ces informations (à bord, en différé) et de prise de décisions.
- Lors des tests du système, la mise en place de détection de panne, la simulation des pannes, la simulation des environnements pouvant provoquer des dysfonctionnements sont aussi très coûteux en terme de ressources.

Impact de la redondance.

Système de compression d'image sans redondance.



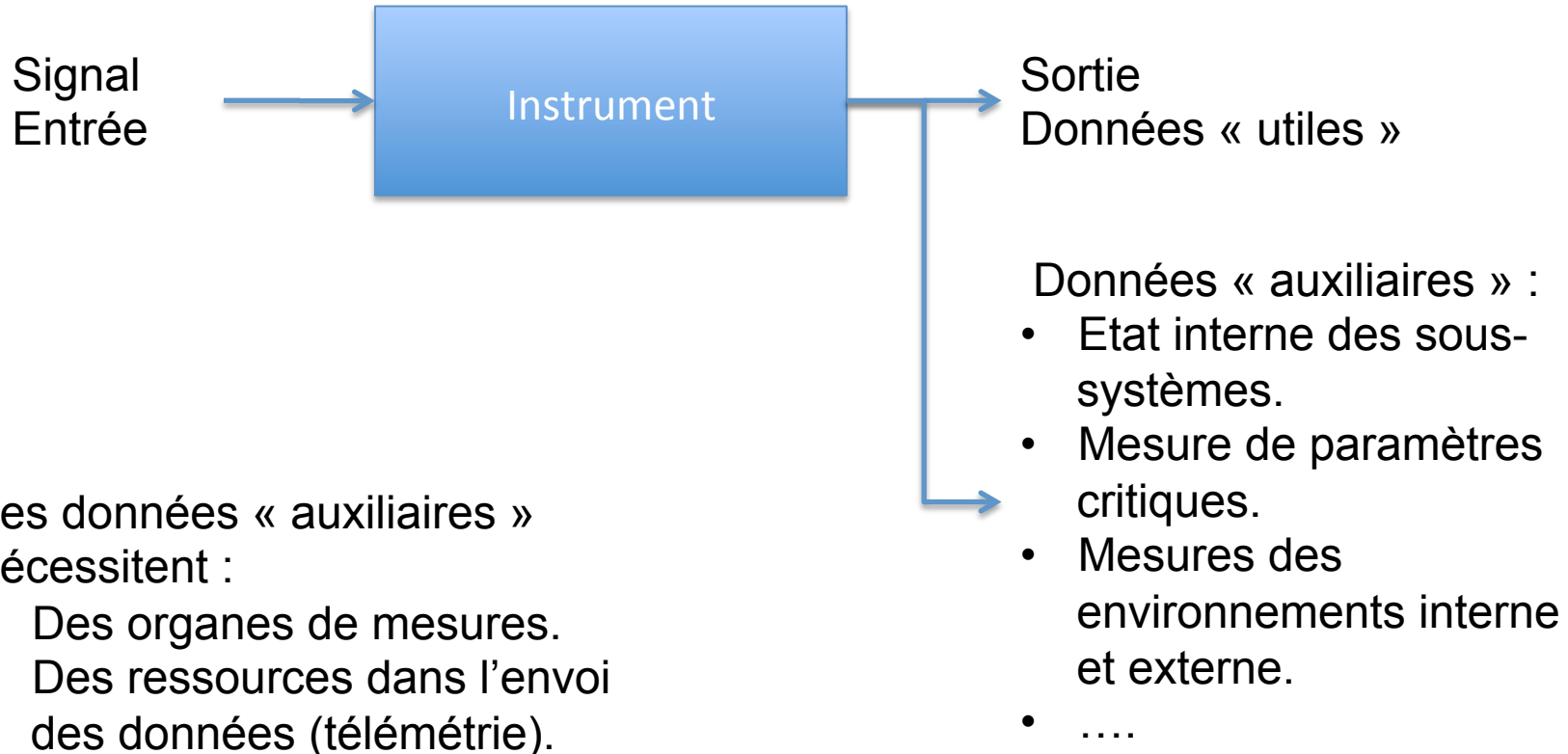
Système de compression d'image avec redondance.



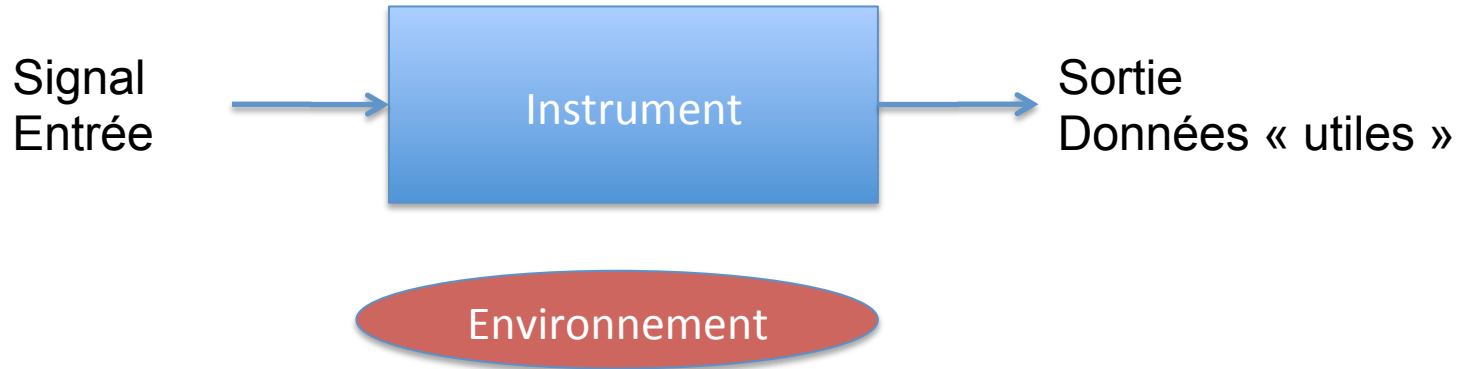
Redondance implique :

- Deux circuits → Volume, consommation, prix...
- Circuit de choix.
- Commande supplémentaire.

Etat de santé d'un instrument.



Utilisation données auxiliaires pour les étalonnages/calibrations.



Fonction de transfert de l'instrument $\rightarrow F$
Sortie = $F(\text{Entrée})$

L'environnement influe sur la fonction de transfert de l'instrument.
Sortie = $F(\text{Entrée}, \text{Environnement})$

On doit donc mesurer la réponse de l'instrument dans différents environnements pour pouvoir remonter au signal en entrée lors de l'utilisation de l'instrument dans les différents environnements.