



LA SURETE DE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES INDUSTRIELS

Rémy GAUTIER
ENSAM



HISTORIQUE

- Les développements des technologies nouvelles: dans l'électronique, le nucléaire, l'aéronautique, le spatial
- les risques et un certain nombre de catastrophes majeures associées à ces technologies

⇒ nombreuses recherches =>

développement considérable de ces disciplines en complément de la fiabilité et de la sécurité, définition des concepts de disponibilité et de maintenabilité



La fiabilité

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant une durée donnée.

La fiabilité est généralement mesurée par la probabilité qu'une entité E accomplisse une fonction requise, dans des conditions données, pendant l'intervalle de temps $[0, t]$:

$$R(t) = p [E \text{ non défaillante sur } [0, t]]$$



La Disponibilité

La disponibilité est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise, dans des conditions données, et à un instant donné.

La disponibilité est généralement mesurée par la probabilité qu'une entité E soit en état d'accomplir une fonction requise, dans des conditions données, et à un instant t donné :

$$A(t) = p [E \text{ non défaillante à l'instant } t]$$



La Maintenabilité

La maintenabilité est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits.

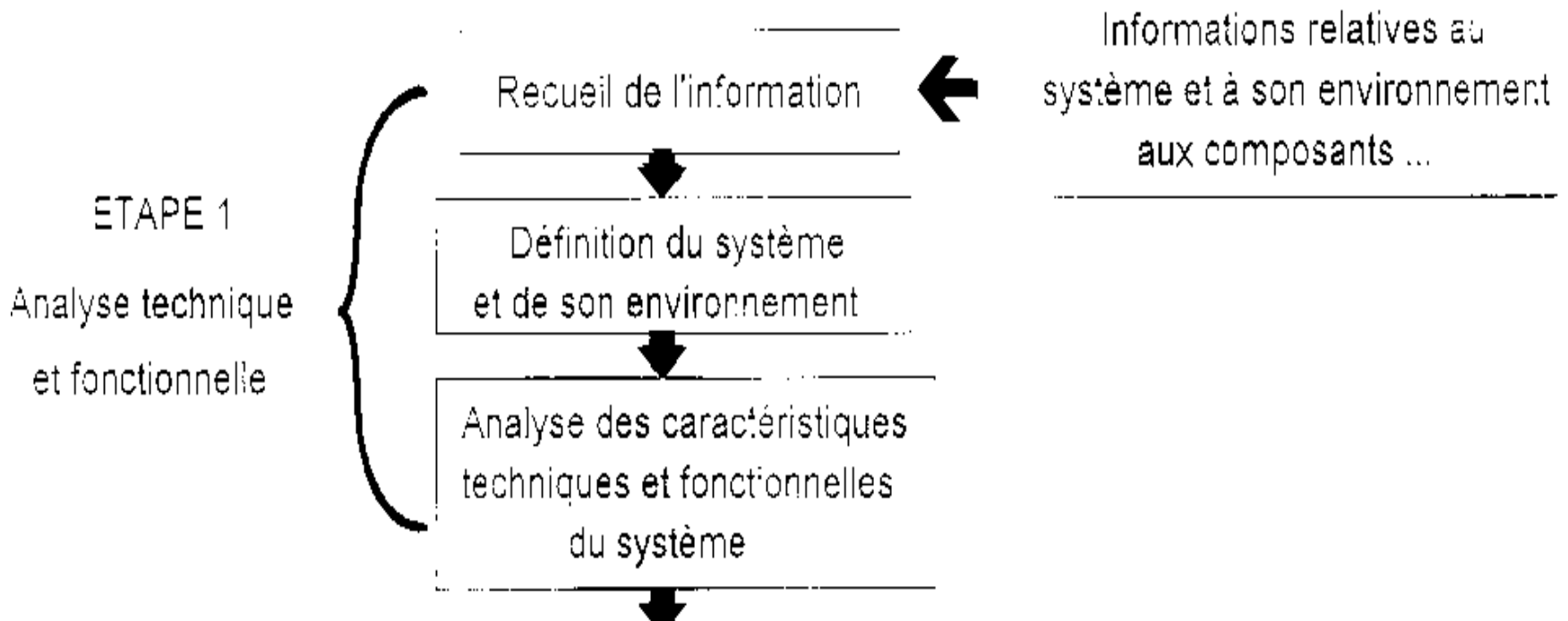
$$M(t) = p [E \text{ est réparée sur } [0, t]]$$

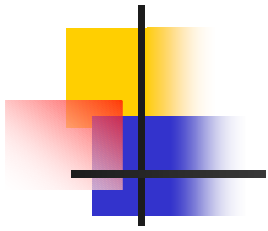


La sécurité

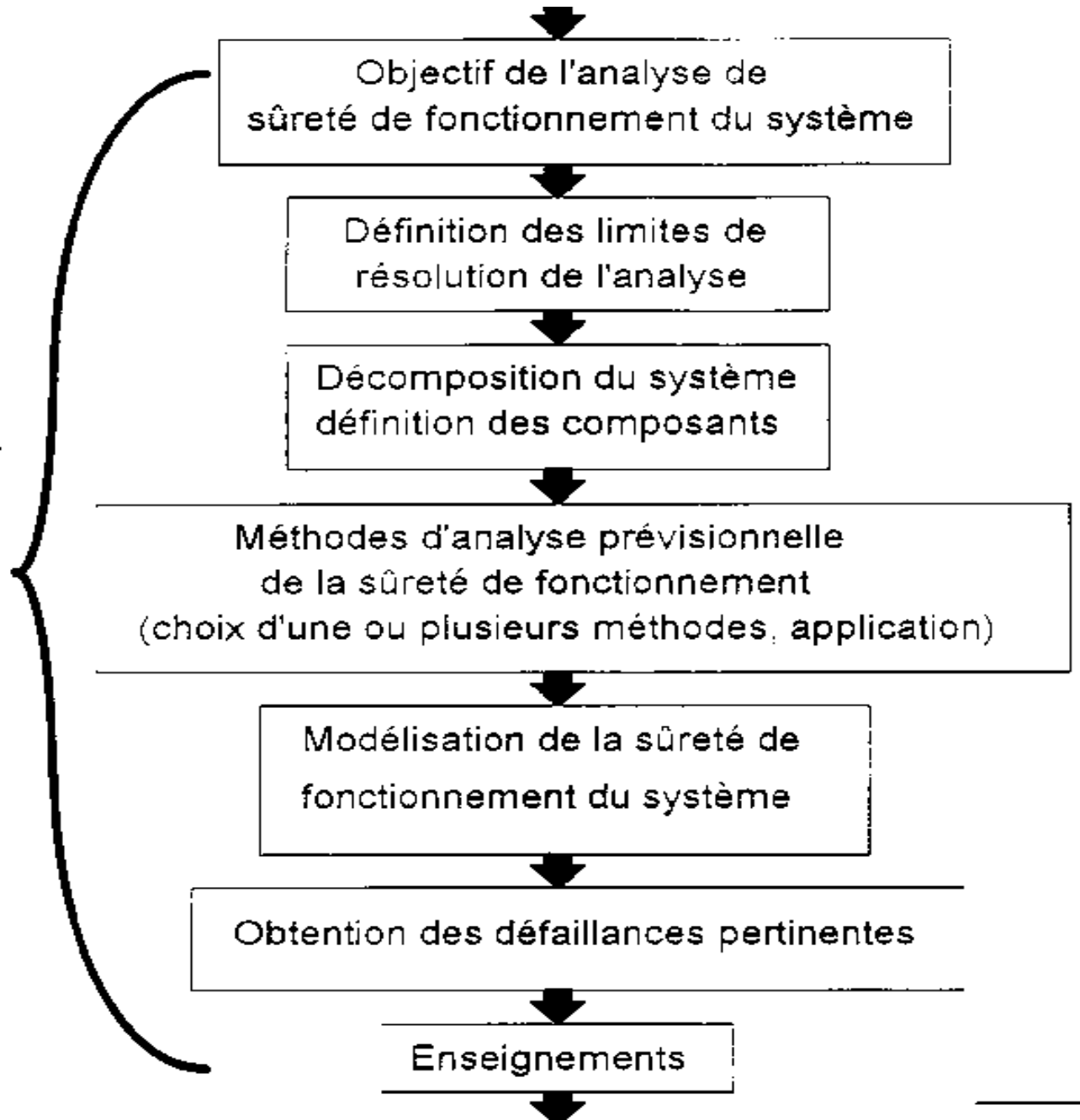
La sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques : danger ou risque d'agression physique, d'accident, de vol, de détérioration...

Plan d'une étude de SDF

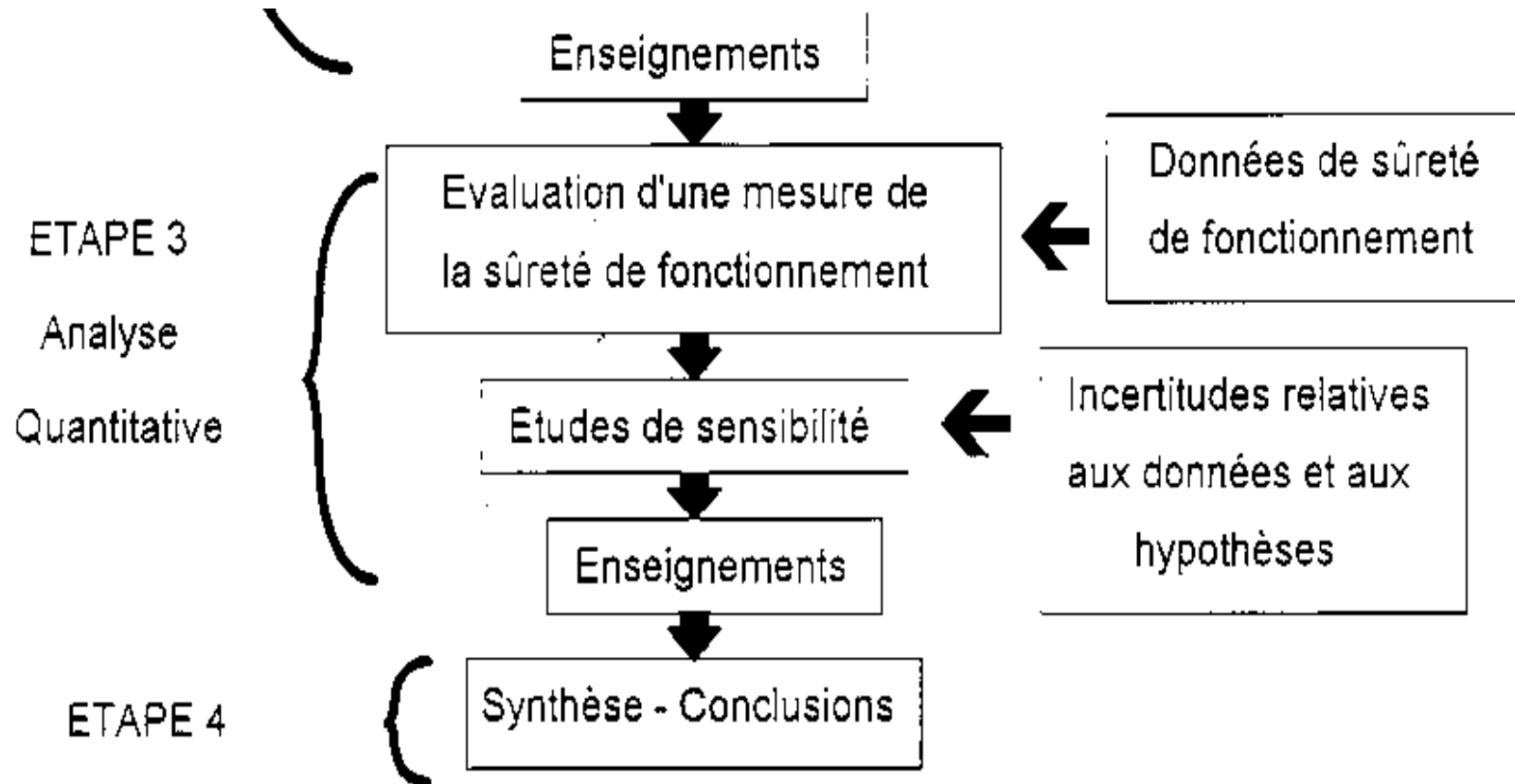




ETAPE 2
Analyse
Qualitative



Plan d'une étude de SDF





Analyse Fonctionnelle

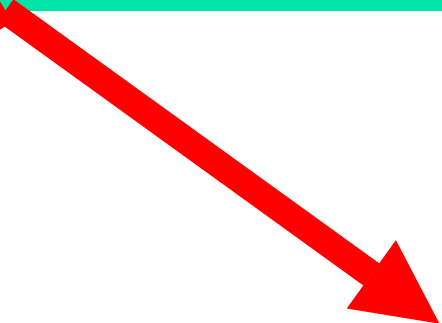
Rémy GAUTIER
Maître de Conférence
ENSAM labo. CPNi



Analyse Fonctionnelle



Analyse de la
valeur



Analyse de la
fiabilité



Origine de l'analyse de la valeur

- Etats-Unis 1947
 - ✓ Pénurie de matières premières
 - ✓ GEC : ultimatum de la direction
 - ✓ Analyse de L. Miles (Resp. achat) sur la répartition des coûts

Base 100	Achats matières (dont énergie)	MO directe	Frais généraux
GEC Miles			
Groupe PSA			

Analyse de L. Miles sur le poste matière

Action auprès des fournisseurs : insuffisant (4 à 5%)



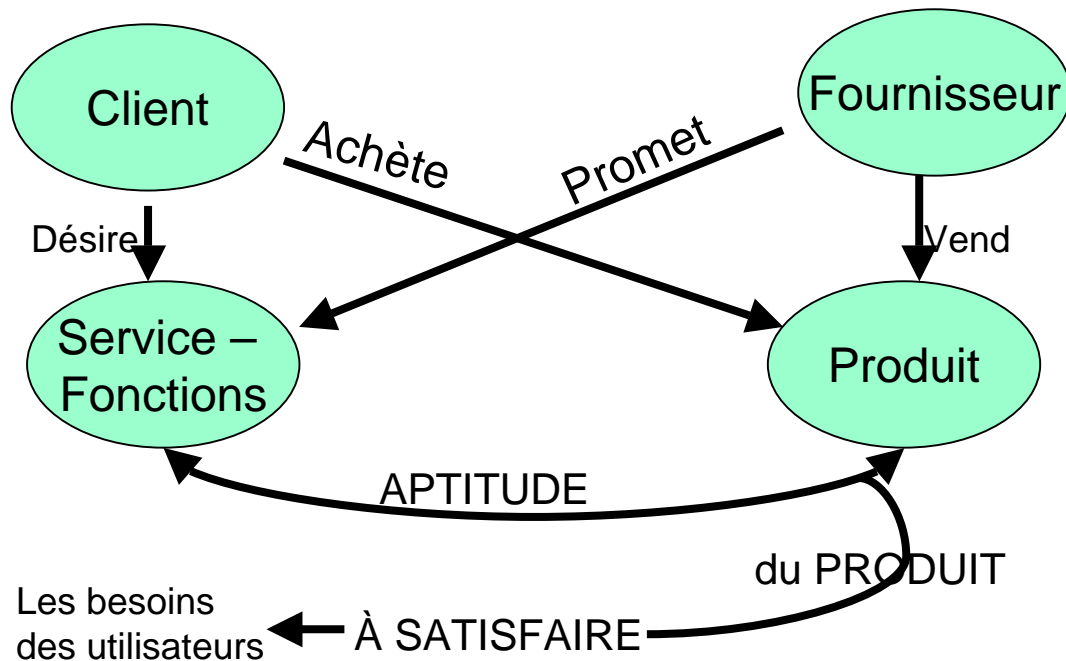
Origine de l'analyse de la valeur (2)

➤ Les 2 principes de L. Miles

- ✓ Les achats sont liés à la conception des produits
 - Agir sur la conception pour réduire les coûts
 - GT (achats, concepteurs, producteurs,...)
- ✓ Raisonner la conception par rapport aux services attendus
 - « Qualité »
 - Distinguer dans le produit ce qui est nécessaire aux besoins de l'utilisateur de ce qui est nécessaire à la conception

Résultat Miles-GEC : 15 %

Qualité d'un produit



Distinguer dans le produit ce que fait l'objet et le service à rendre



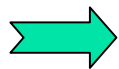
Définitions : Qualité - AF - AV

Qualité

Aptitude d'un produit à satisfaire les besoins des utilisateurs

VALEUR

Grandeur qui augmente lorsque la satisfaction de son utilisateur s'accroît



Nécessité de s'exprimer en terme de besoin



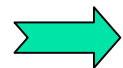
A.F. Technique de base des démarches qualité et A.V.

Analyse fonctionnelle et analyse de la valeur

$$AV = AF + \text{Dimension économique}$$

Approche fonctionnelle

Notion de coût absente de l'AF



AV : prise en compte simultanée des fonctions et des coûts

Le coût « global »
(celui du service rendu)



vocabulaire

- Produit = ensemble de Fonctions

« Actions d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimées exclusivement en terme de finalité »



fonctions

Fonctions de
service



Réponse à un
élément du
besoin d'un
utilisateur

Fonctions techniques
(solutions pour répondre aux
fonctions de service)

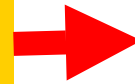


À la liberté
du
concepteur



La Valeur

Valeur d'Usage



Mesure objective de l'utilité

valeur d'estime



Mesure subjective, affective

Valeur d'échange



Mesure objective du coût financier global pour l'utilisateur

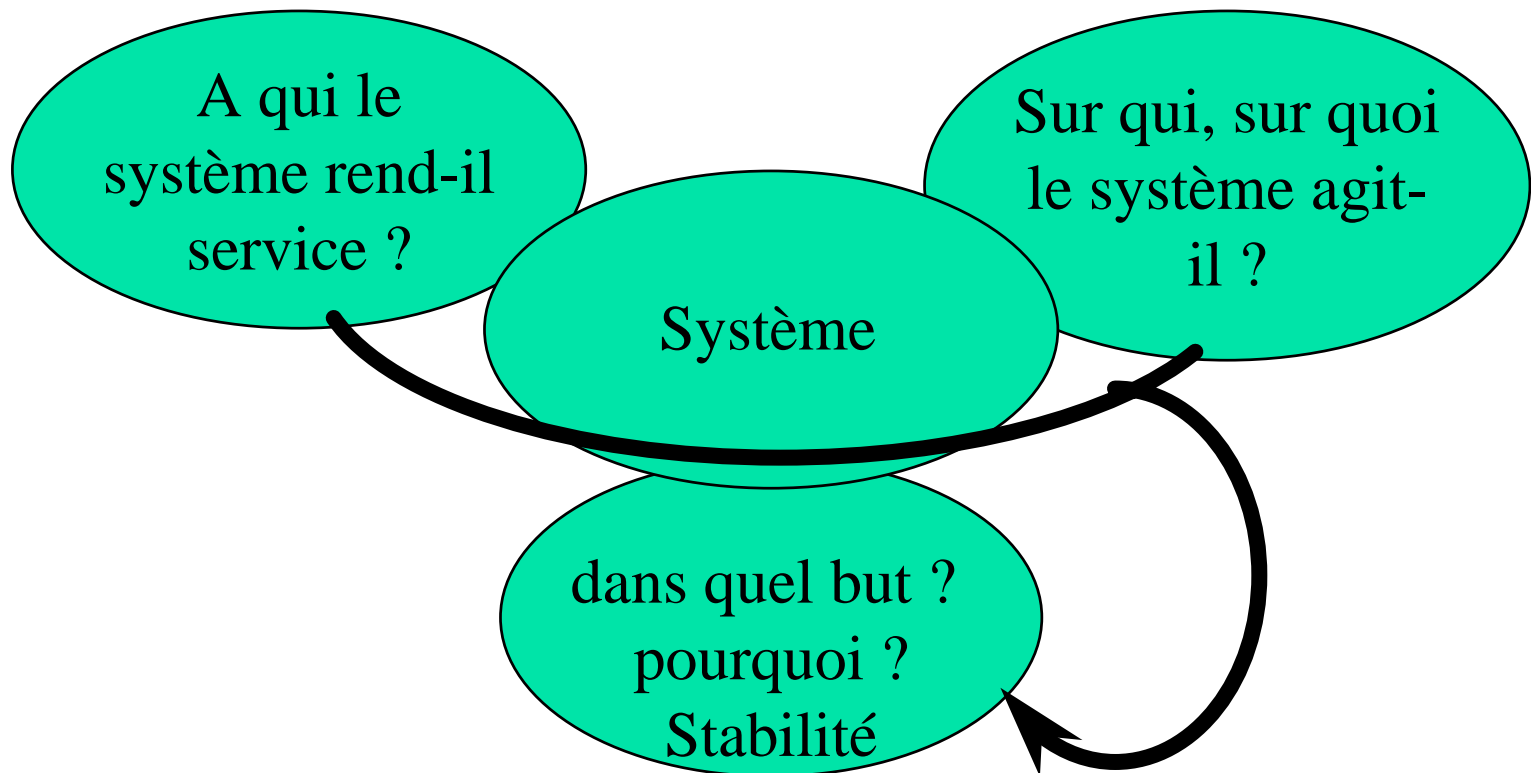


1 Initialisation de l'étude

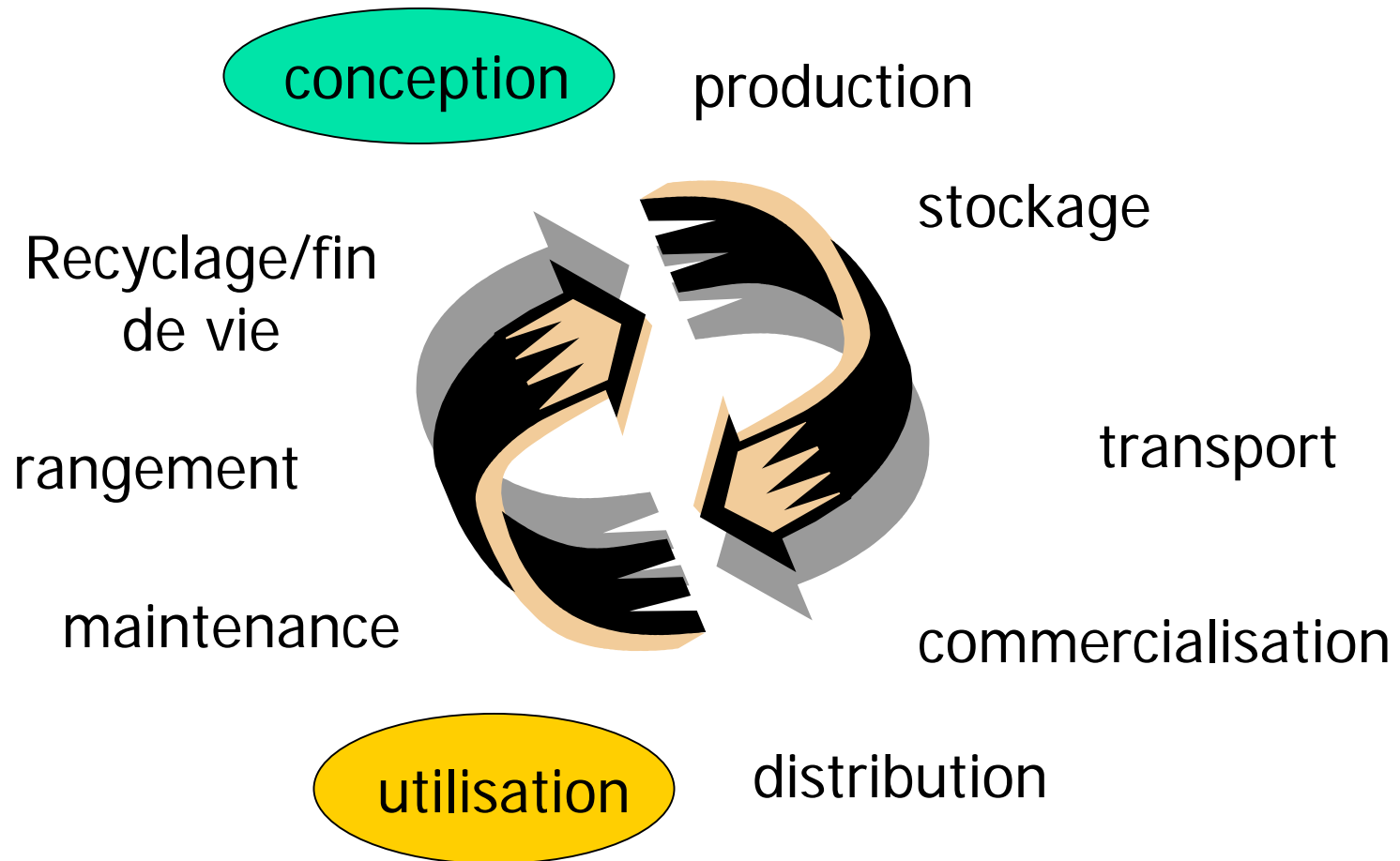
- **Produit à analyser** : définir les limites, le cycle de vie, les phases de fonctionnement, rassembler la doc.
- **Objectifs à atteindre** : Qualité, sdf, validation de la conception de produits nouveaux
- **Groupe de Travail** : 5 à 8 personnes motivées
- un animateur - un rédacteur
- **Planning des réunions** : des dates, 2 à 3 heures par séances, un local.

2 Validation du besoin

- Validation du Besoin produit/système

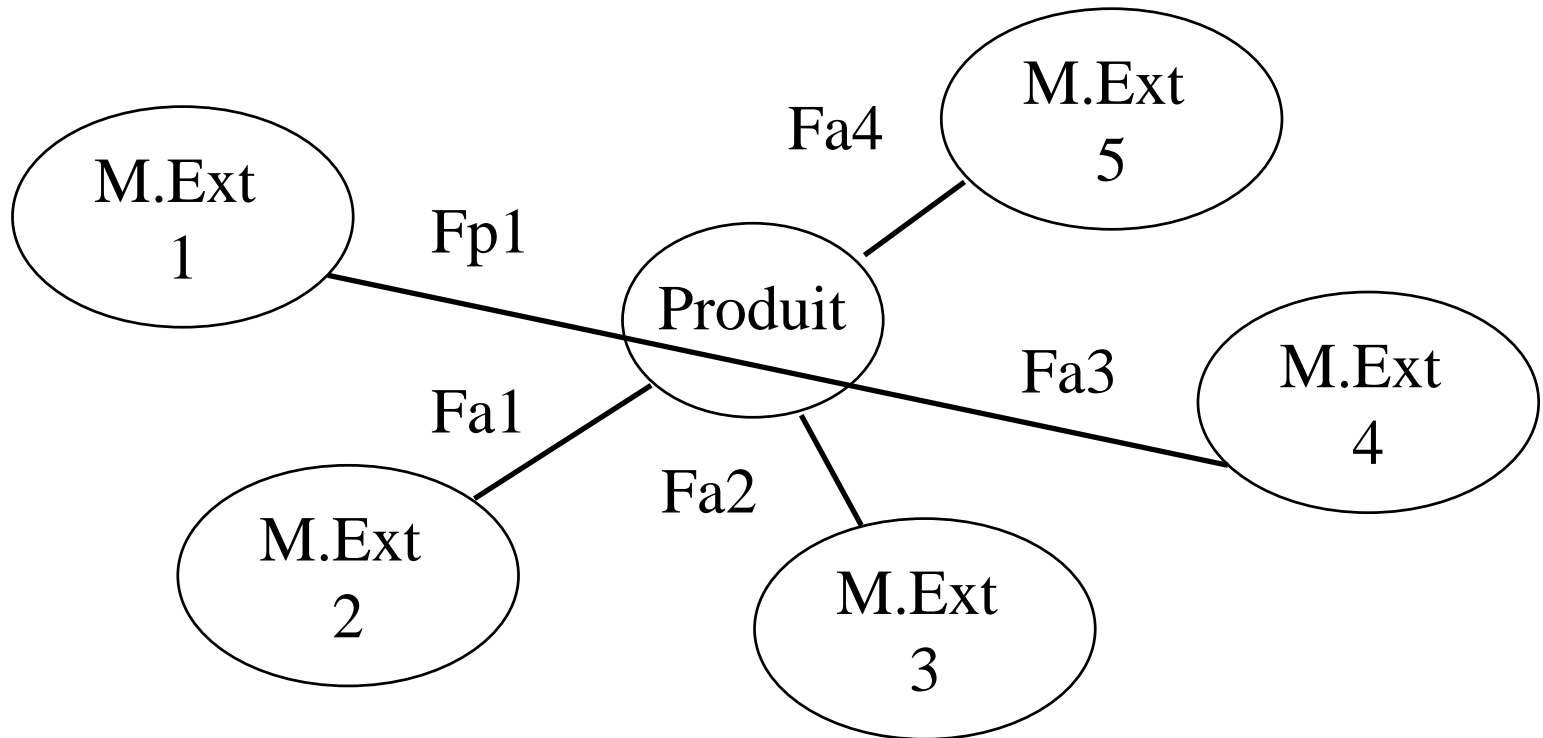


Positions d'utilisation /cycle de vie du produit



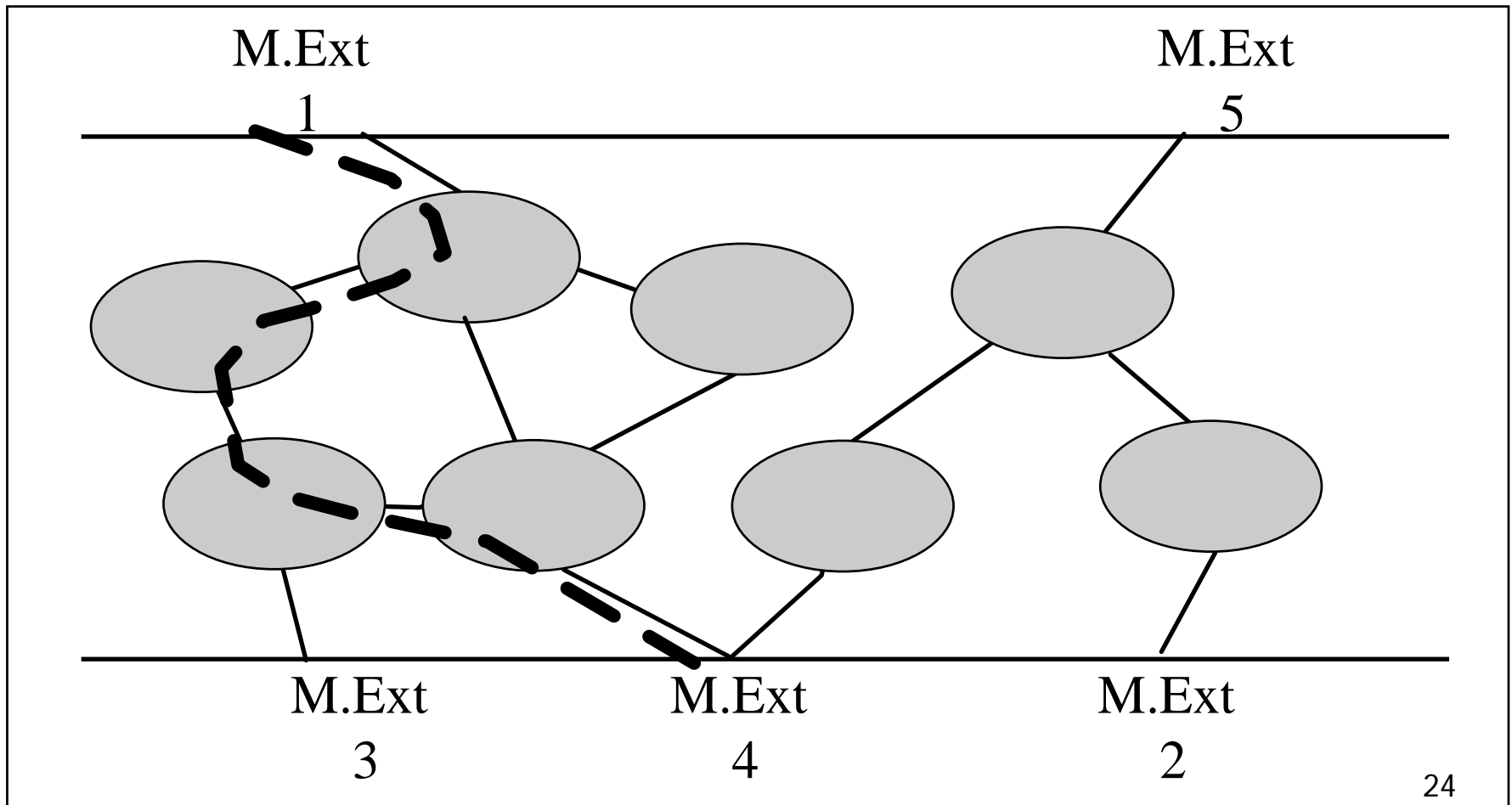
2 Analyse Fonctionnelle externe du Produit

- Expression Fonctionnelle du Besoin (pour la phase de fonctionnement considérée)



2 Analyse Fonctionnelle interne du Produit

- Bloc diagramme Fonctionnel : fonctions élémentaires



2 Analyse Fonctionnelle interne du Produit

Tableau récapitulatif

		Fonctions de service							Fonctions élémentaires		
		Principales				d'adaptation					
		Fp1	Fp2	Fa1	Fa2	...	Fe1	Fe2	...
éléments	E1										
	E2										
	...										
Fonctions élémentaires	Fe1										
	Fe2										
										

Positionnement de l'AFI

Phase 2 : Recherche d'informations

Phase 3 : Analyse fonctionnelle et analyse des coûts

Analyse fonctionnelle Externe

Analyse d'un produit existant

Produit entièrement nouveau

AFI

Analyse des Coûts
(analyse de la Valeur)

Analyse de fiabilité
AMDEC

Phase 4 : Recherche d'Idées et de Voies de Solution



AFI : Objectifs

- Observer une solution existante ou imaginée pour
 - Analyser son organisation (fonctions techniques)
 - Observer réponse aux exigences / CdCf
 - Distinguer ce qui participe directement à la réalisation des services (chaînes fonctionnelles – états)



Aboutissements de l'AFI

- Détection divergences besoin/solutions
- Zones d'action possibles pour simplifier (« le juste nécessaire ») ou fiabiliser la solution (AMDEC).
- Recensement des principes mis en oeuvre (remise en cause)

Ex : la douille de lustrier

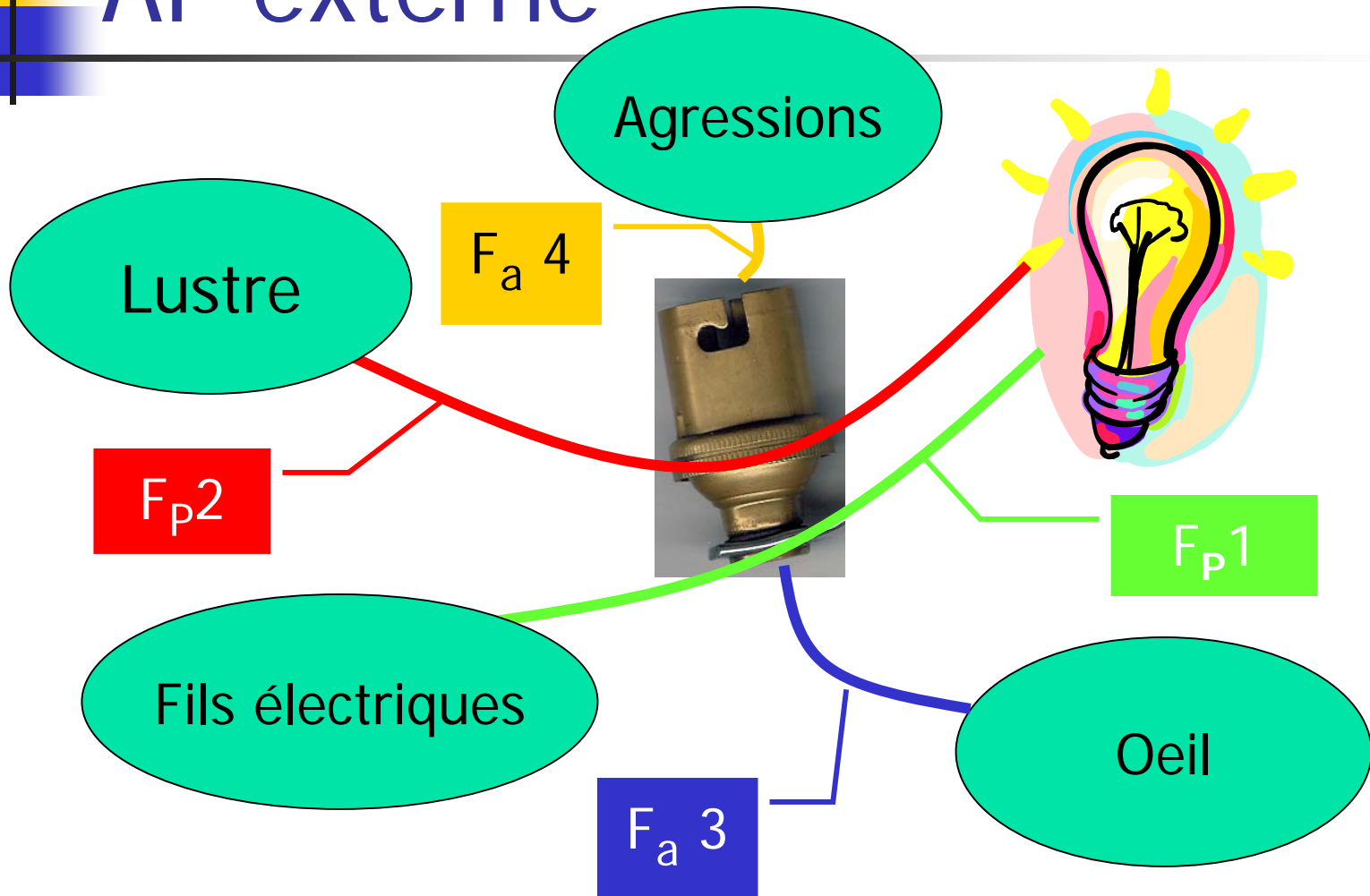




1 -CHOIX DU PRODUIT -Le problème tel qu'il est posé

- ✚ Il s'agit de la douille support d'ampoule exclusivement vendue aux lustriers
- ✚ Elle reçoit les ampoules à incandescence à culot baïonnette 8.22 (150 W maxi .). Sa durée de vie est la même que celle du lustre.
- ✚ La possibilité de démonter et remonter la douille n'est pas une valeur d'échange pour le lustrier.
- ✚ Elle est montée par vis/écrou sur le lustre.
- ✚ L'emploi de soudures est à rejeter (changement de qualification des monteuses)
- ✚ Le laiton est imposé par les lustriers .
- ✚ La fabrication des éléments est très automatisée.
- ✚ Les montages sont manuels avec assistance mécanique.
- ✚ La production est de l'ordre d'un million d'unités mois.
- ✚ Le marché producteur implique une innovation très limitée car dans ce type de marché, la réaction de la concurrence peut être catastrophique pour l'innovateur.
- ✚ Nous raisonnons le système en utilisation: l'ampoule est en place et le courant électrique circule

AF externe





Fonctions de la douille

Fp1 : la douille permet d'alimenter l'ampoule en courant électrique

Fp2 : la douille permet de positionner une ampoule sur un lustre

Fa 3 : la douille doit être esthétique

Fa 4 : la douille doit résister aux agressions du milieu ambiant



Caractérisation et classement des fonctions

- Caractérisation des Fp
 - ✓ Données quantitatives, qualitatives... subjectives
- Classement des fonctions principales
 - ✓ Selon l'importance accordée par le demandeur

Fp	ME1	ME2
Exprimer les propriétés du verbe d'action de la fonction	Définir les caractéristiques du ou des milieux extérieurs qui ont un impact sur le service à rendre. (Paramètres physiologiques, nature, quantité, forme, coûts, ...)	

Méthode de hiérarchisation

➤ Méthode du tri croisé

➡ Permet de classer les fonctions par ordre d'importance décroissant et quantifié

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

Principes :

- Confrontation systématique 2 à 2
- Classé par supériorité (Ex. F2>F1)
- Cotation de la supériorité :
 - 1= égal ou légèrement supérieur
 - 2 = supérieur
 - 3= très supérieur
- sommation des « notes » pour chaque fonction



Flexibilité du niveau des critères

- Les niveaux retenus sont déterminants dans le choix des solutions
 - ✓ En particulier sur les coûts
- Caractéristique fondamentale du CdCF
 - ✓ Etablir un dialogue entre partenaires
 - ✓ Facteur d'optimisation du coût de la solution
- Indication qualitative et quantitative



Indication qualitative de la flexibilité

- Classes de flexibilité

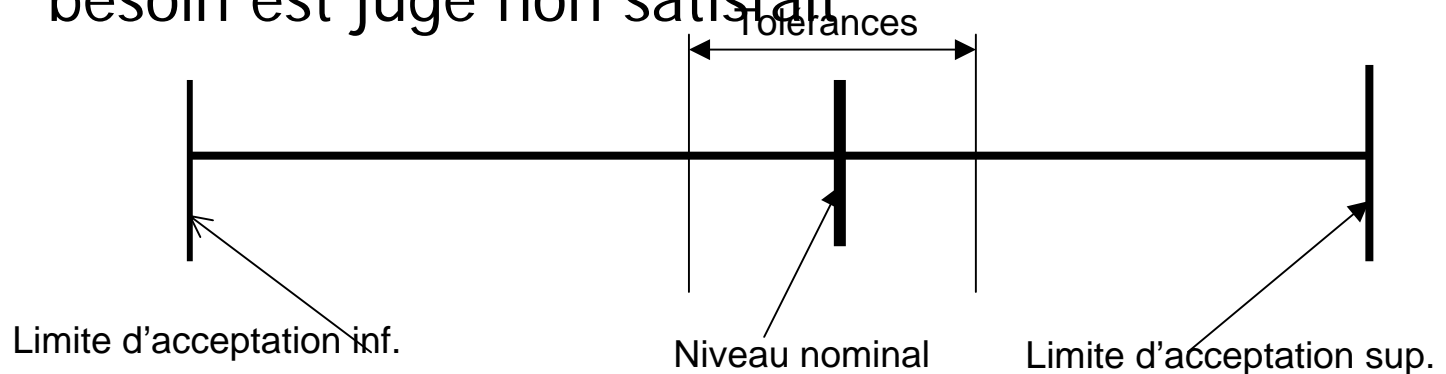
		Niveau
F0	Nulle	Impératif
F1	Faible	Peu négociable
F2	Bonne	Négociable
F3	Forte	Très négociable

- Indication souple adoptée par le demandeur

Indication quantitative de la flexibilité

➤ Limite d'acceptation

Niveau d'un critère au-delà (ou en deça) duquel, le besoin est jugé non satisfait



Tolérance : dispersion acceptée du niveau nominal

AF Interne



Chemise

Bague

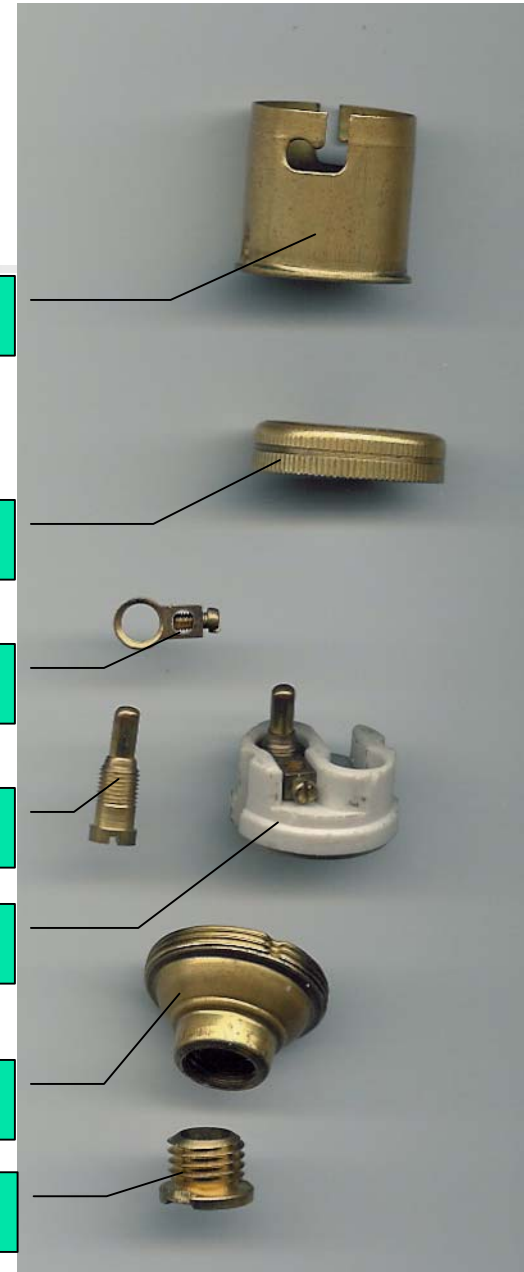
Ens. Vis/plot

Ens.piston

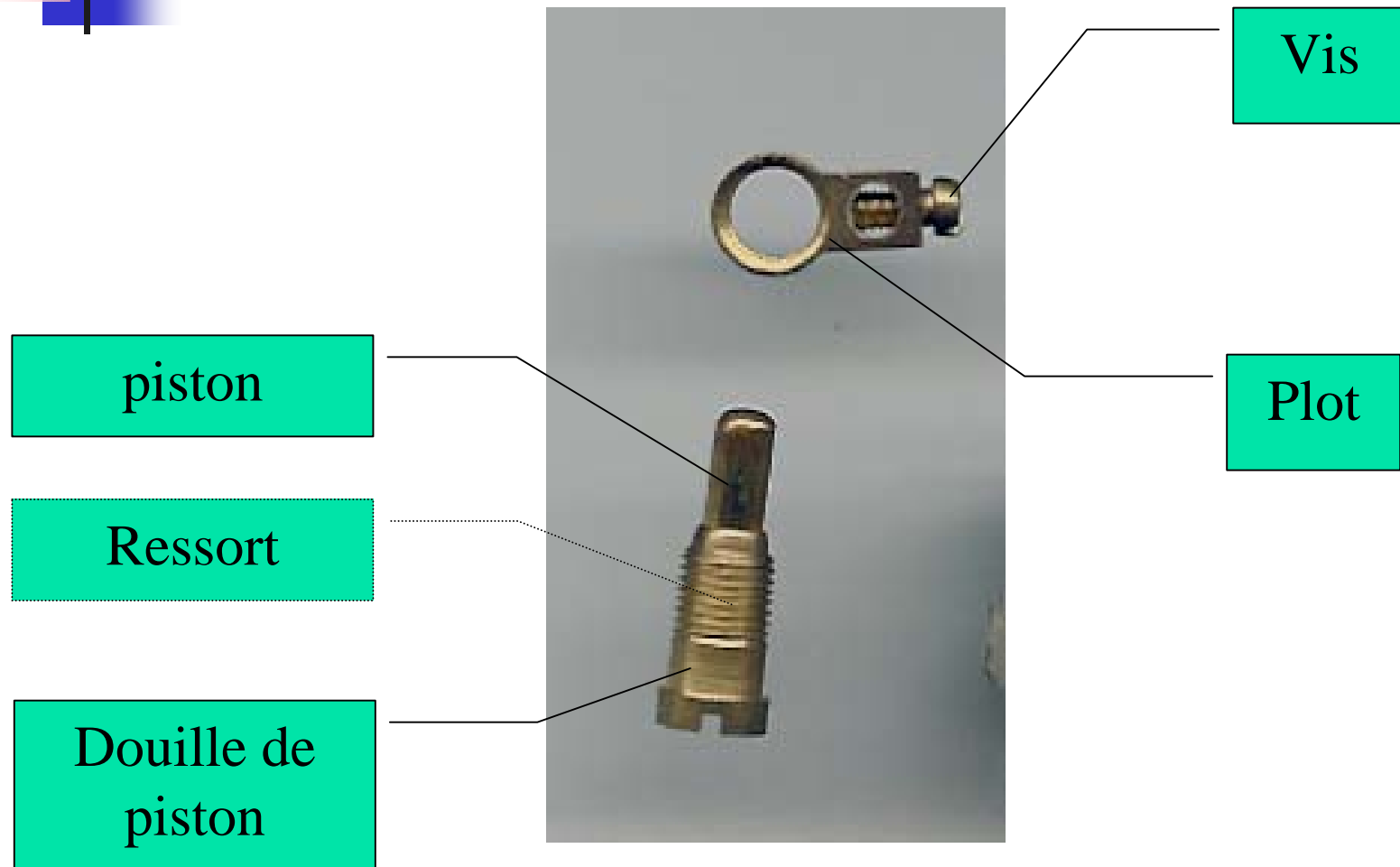
porcelaine

Culot

pastille



Ens. Piston/douille de piston/ressort et ens. Vis/plot



Oeil

Lustre

Fils + courant élec.

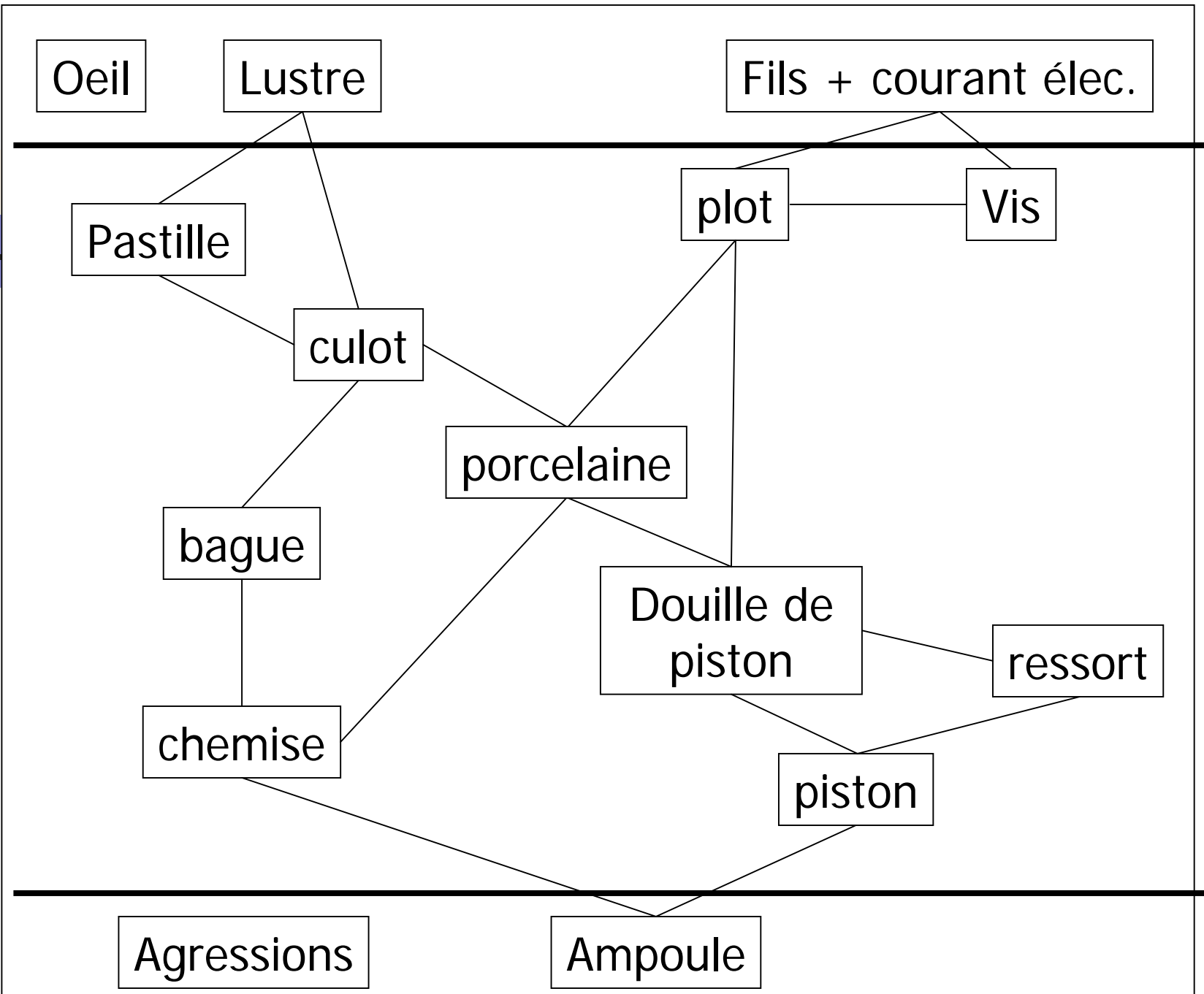
Bloc Diagramme

Agressions

Ampoule

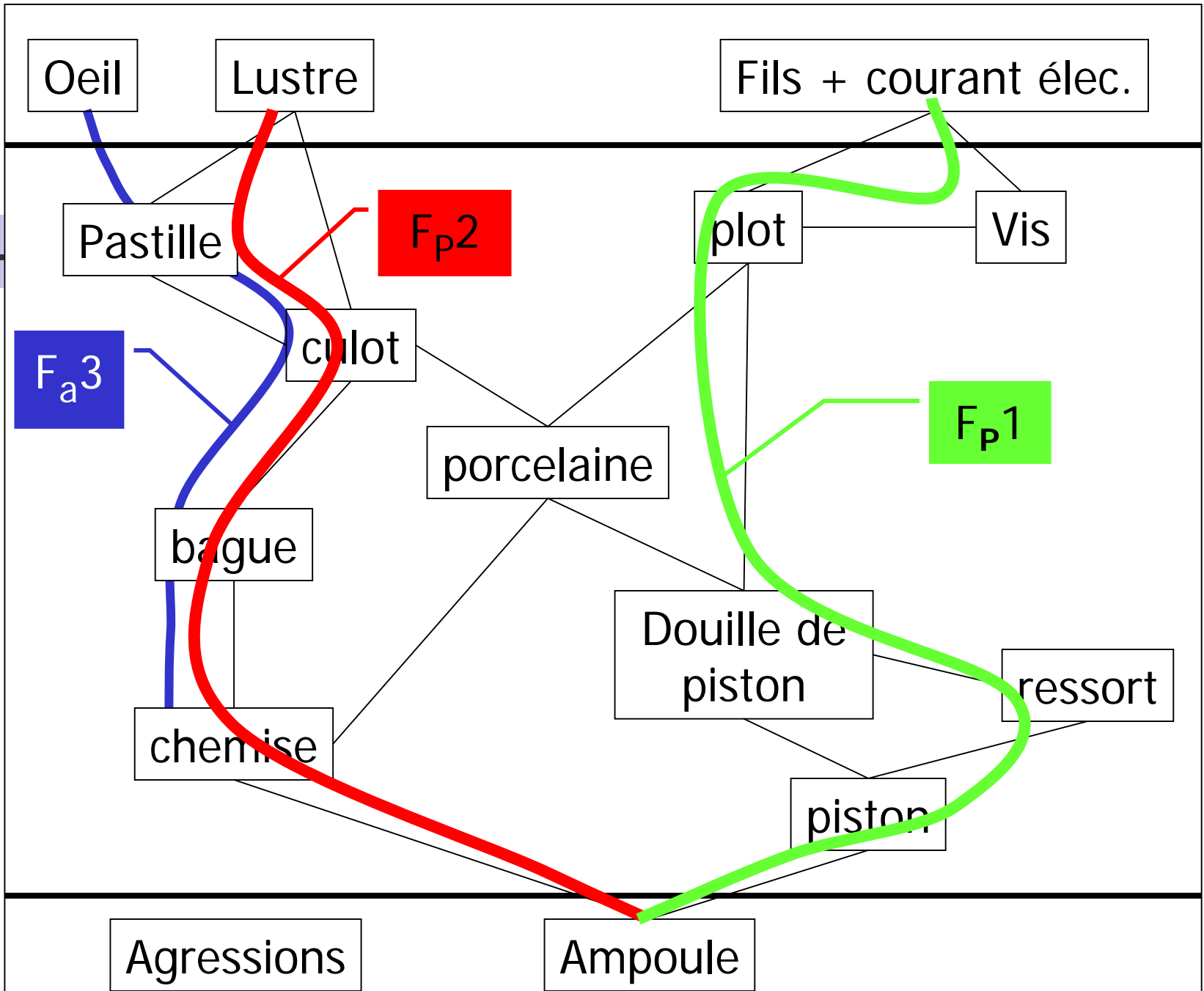


Bloc Diagramme
Contacts

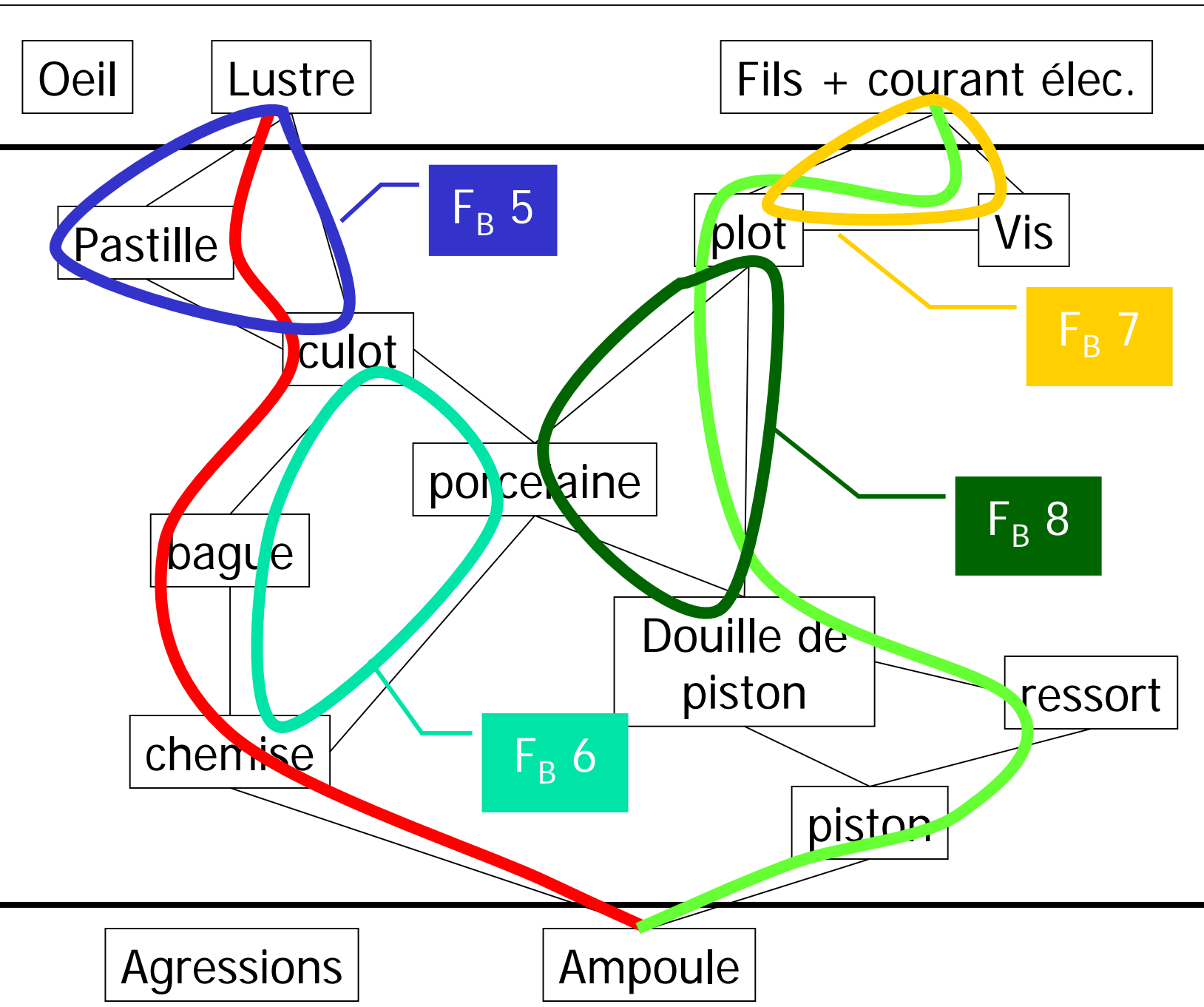


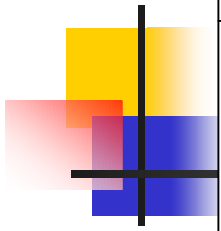
Bloc Diagramme

Fonctions Principales et d'adaptation



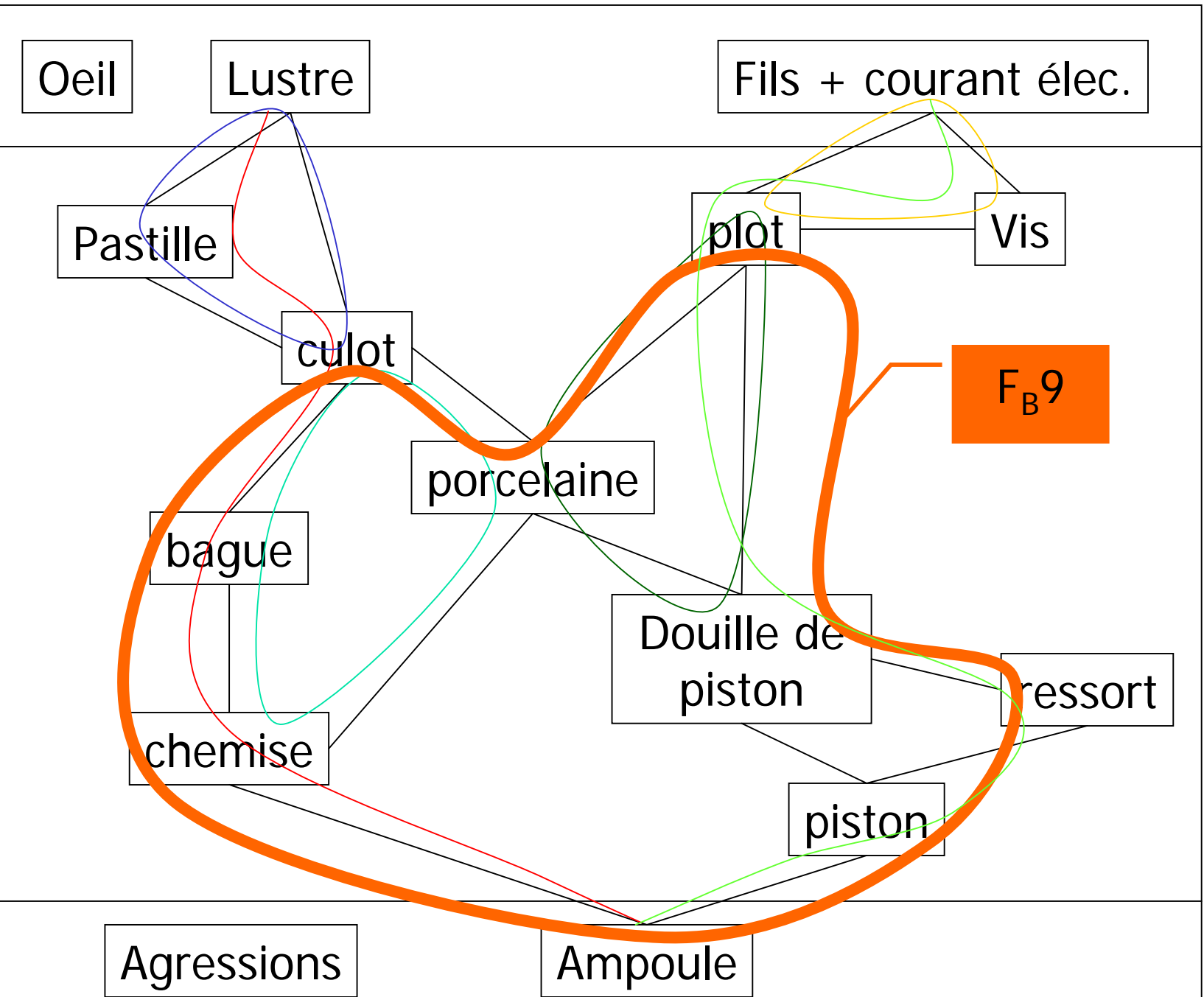
Bloc Diagramme
Fb : Flux bouclés





Bloc Diagramme

FB : flux bouclés





Construction du Bloc Diagramme Fonctionnel

- Disposer de part et d'autre du tableau, les éléments du milieu extérieur
- Schématiser les éléments du produit par des rectangles ; les positionner en fonction des contacts relatifs entre les éléments ; tracer les contacts
- Représenter les flux par des lignes courbes figurant leurs cheminements à travers les éléments du produit



Construction du Bloc Diagramme Fonctionnel : différents types de flux

- Éléments extérieurs vers éléments extérieurs : Ces flux contribuent à la réalisation des fonctions principales,
- Éléments extérieurs vers composants du produit : ces flux sont les supports des fonctions contraintes,
- Les flux se bouclant sur eux-même : ce sont les chaînes fonctionnelles de conception. Ces flux sont engendrés par la conception interne du produit



Chaînes fonctionnelles de conception : Flux bouclés

Fb5 : serrage du lustre sur le culot par la pastille

Fb6 : serrage de la porcelaine entre le culot et la chemise par l'intermédiaire de la bague

Fb7 : serrage des fils électriques dans les plots par vis

Fb8 : serrage des plots dans la porcelaine par la douille de piston

Fb9 : maintien de l'ampoule dans la chemise sous l'effet du ressort/piston



Taux d'échange

- « Valorisation des fonctions »
 - Relier la flexibilité aux coûts des solutions
 $\text{Perfo} = f(\text{coût})$
 - Indication du demandeur sur la variation de performance qu'il est prêt à accepter en fonction de la variation de coût qui l'accompagne
 - Incitation au dialogue



Les bases du taux d'échange

- Ne s'applique pas aux critères de flexibilité nulle
- La référence est définie par des objectifs de coûts, de délais et de performances
- Résulte de calculs d'optimisation, d'enquêtes auprès des utilisateurs
- Les éléments doivent être définissables et vérifiables

Exemple de flexibilité (Climatisation)

FONCTION	CRITERES	NIVEAUX	FLEXIBILITE		
			CLASSE	LIMITES ACCEPT.	TAUX ECHANGE

Exemple de flexibilité (Climatisation)

FONCTION	CRITERES	NIVEAUX	FLEXIBILITE		
			CLASS E	LIMITES ACCEPT	TAUX ECHANGE
Assurer le renouvellement de l'air	Taux de renouvellement	A fois le volume par heure	F1	$A > A'$	
	Disponibilité	B %	F1	$B > B'$	
Contribuer au confort des occupants	Réponse au réglage de T°	Ecart < C	F1	Suivant abaques de confort	
	Vitesse de l'air	< D m/s	F1		
	Hygrométrie	< E %	F1		
	Niveau acoustique	< G dB	F2	$G > G'$	Réduction de N % du prix par dB < G'



Plan général d'un CdCF

1. **Présentation du problème**
 - Faciliter la prise de connaissance du problème
2. **Enoncé fonctionnel du besoin**
 - L'essentiel du CdCF ; synthétique et concis
3. **Appel à variantes (facultatif)**
 - Outil d'enrichissement du dialogue
4. **Cadre de réponse (facultatif)**
 - Faciliter le dépouillement des réponses



Plan détaillé d'un CdCF

1. Présentation du problème
 1. Le produit et son marché
 - Concept général
 - Synthèse de formulation du besoin
 - Niveau d'intégration du produit
 - Infos pour motiver
 2. Contexte du projet, objectifs
 - Etudes déjà effectuées, en parallèle, confidentialité, limites d'études,...



Plan détaillé d'un CdCF

2. Enoncé fonctionnel du besoin
 1. Cycle d'utilisation du produit et identification de son environnement
 2. Enoncé des fonctions de service et de contraintes
 3. Caractérisation des fonctions
 1. Critères d'appréciation
 2. Niveaux des critères
 3. Flexibilité des niveaux
 4. Taux d'échange



Plan détaillé d'un CdCF

3. Appel à variantes (facultatif)
 - Recueillir, prendre en compte la perception ou les suggestions du concepteur
 - Possibilité d'amender les conclusions de l'EFB
 - Stimule l'innovation et sonde des voies plus ambitieuses



Plan détaillé d'un CdCF

4. Cadre de réponse (facultatif)
 - Facilite le dépouillement, l'évaluation et la comparaison des propositions
 - Organise les réponses fonction par fonction et au niveau global du produit :
 - Solution proposée
 - Niveau atteint pour chaque critère et modalités de contrôle
 - Part du prix attribué à chaque fonction
 - Courbe de transfert coût / performance
 - Justifications des principes de solutions retenus

Conditions de mise en œuvre d'une étude d'AF



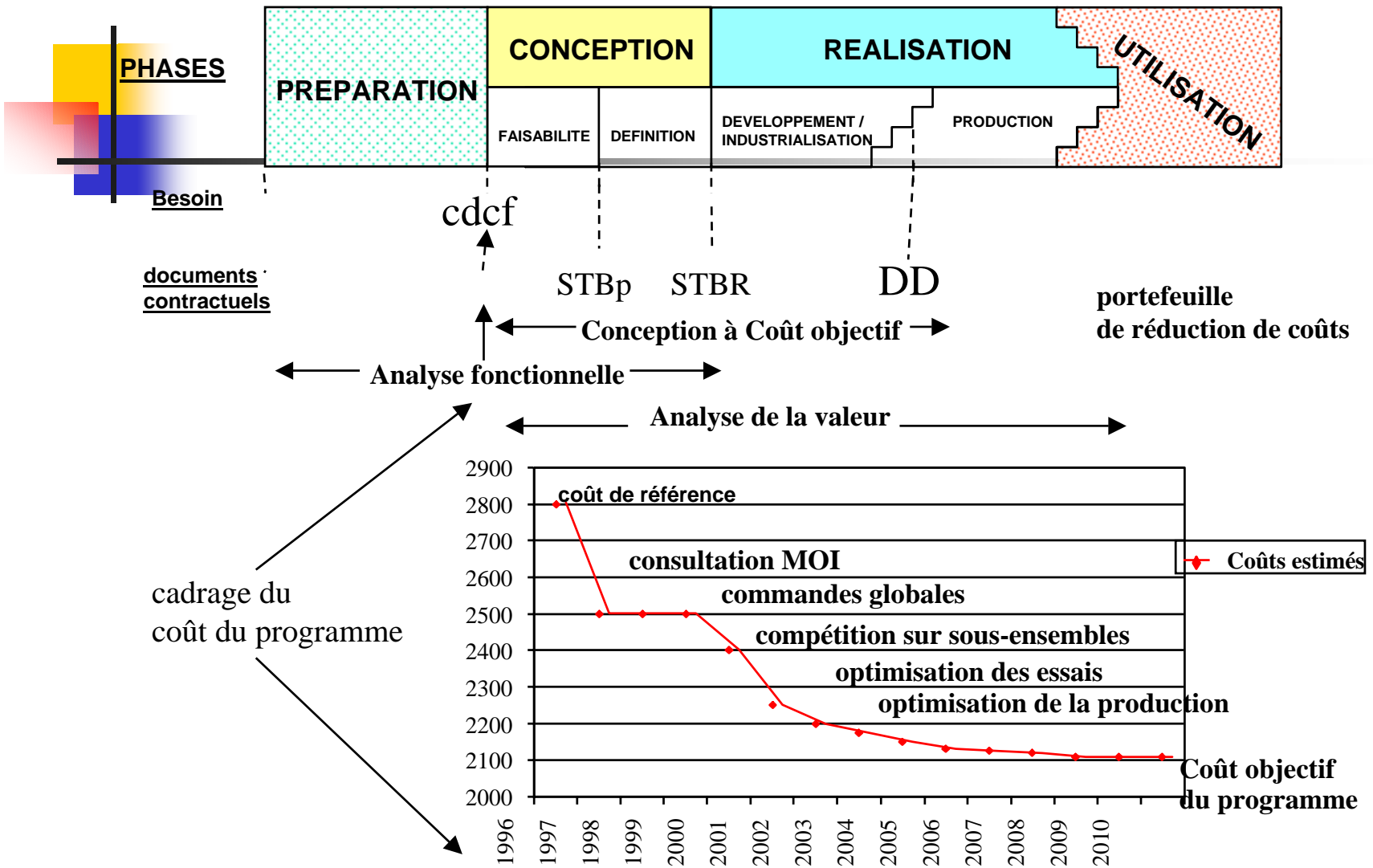
- Valider le besoin de l'étude
 - Animateur avec le commanditaire
- Former un groupe
 - Pluridisciplinaire
 - Compétent et responsable (apport d'info)
 - Disponible, impliqué, motivé
- Un animateur
 - Dégager les informations
 - Coordonner
 - Proposer la méthode et les outils
 - Adapter les outils au groupe

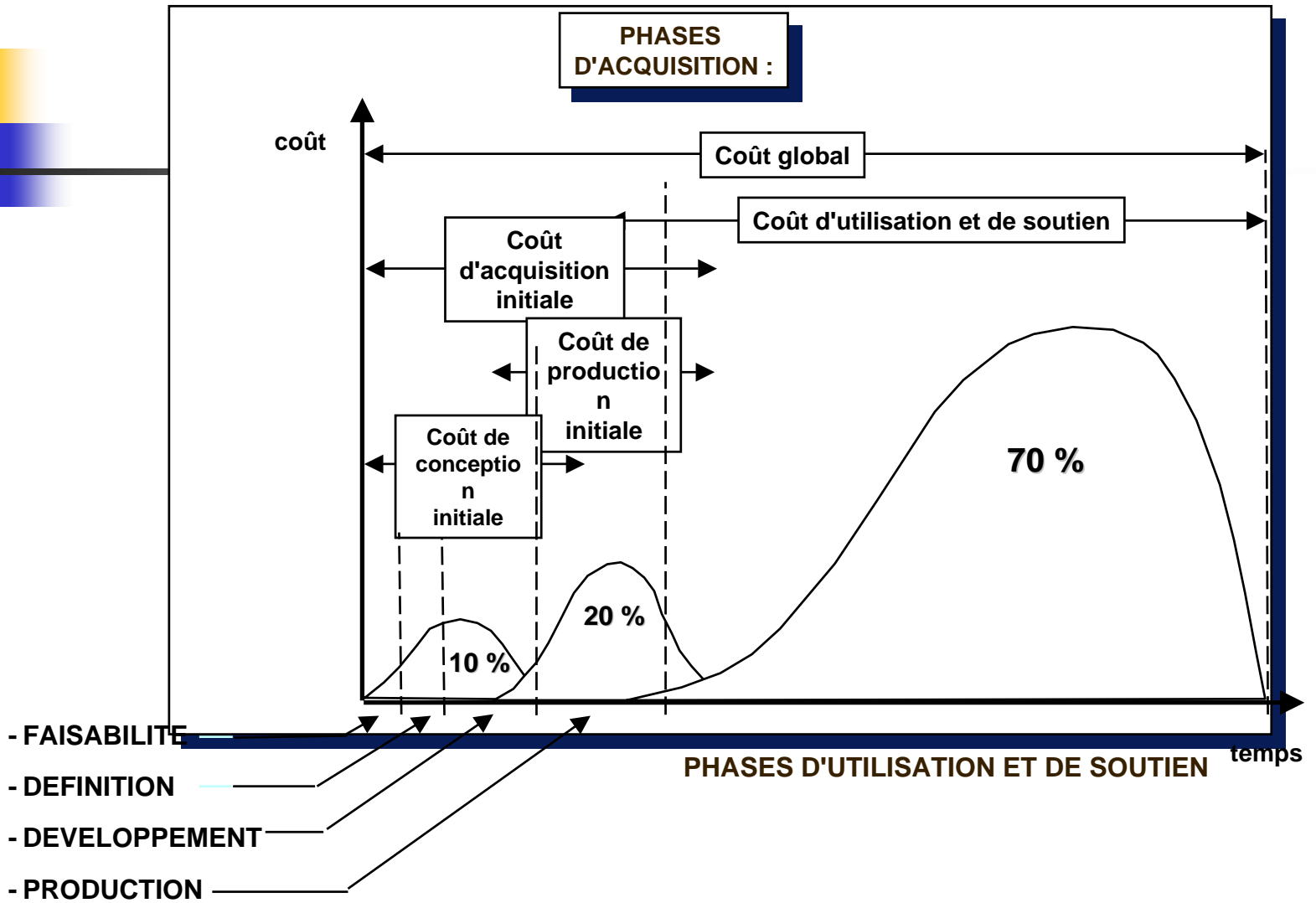
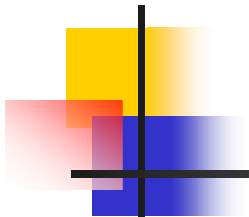


Tableau d'analyse fonctionnelle

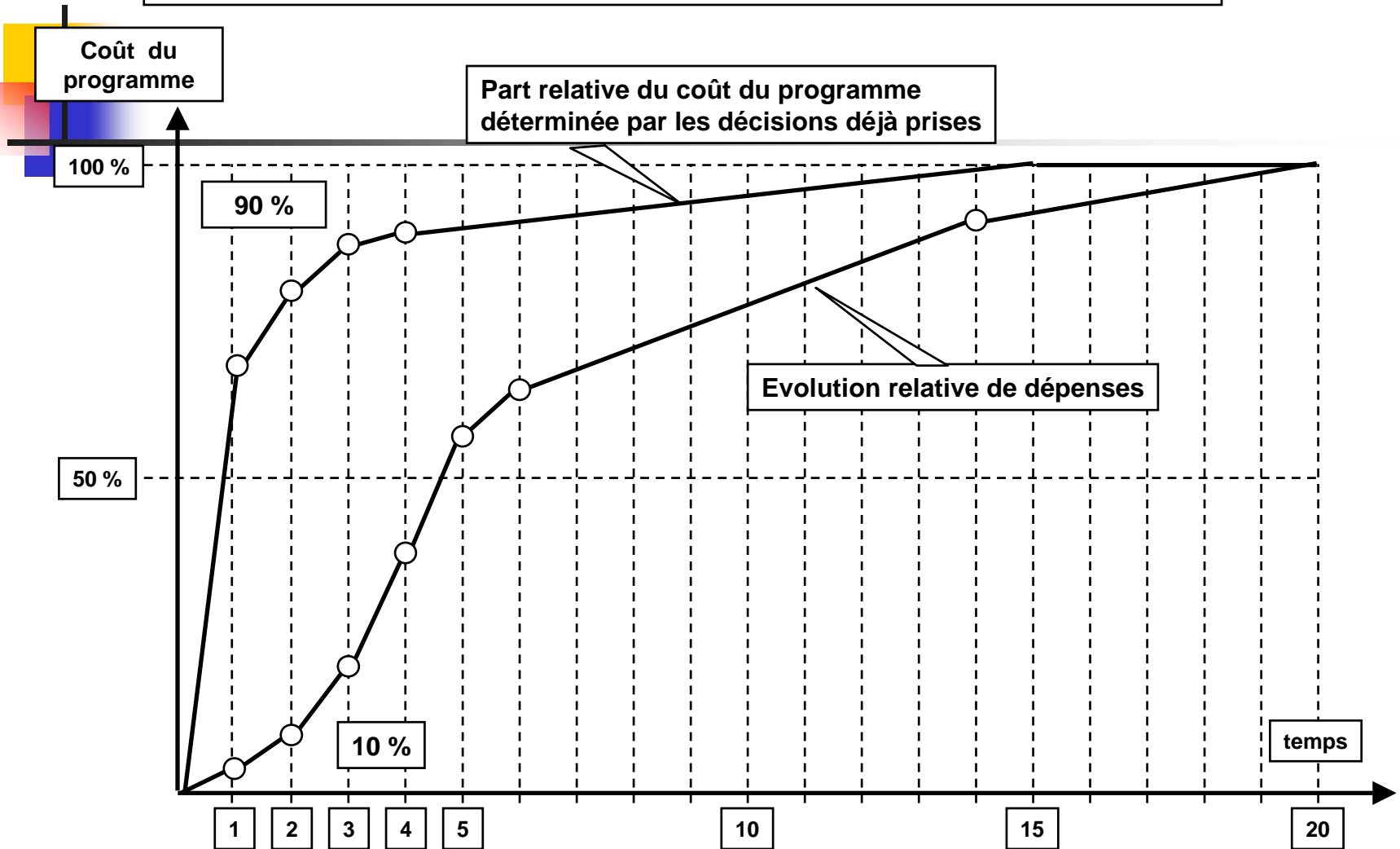
Objectif : répartir le **coût** des fonctions élémentaires de contact et de flux sur les différentes fonctions de service et chaînes fonctionnelles de conception (flux bouclés)

SCHEMA DU DEROULEMENT D'UN PROGRAMME





10 % DE DEPENSES POUR ENGAGER 90 % DES BUDGETS





LES COÛTS DONT ON DISPOSE...PAS SI SIMPLE DES COÛTS PRECIS ?

Parce qu'ils sont exprimés sous forme de nombre, on aurait tendance à penser que les

Coûts

sont des

choses précises, indiscutables, invariables

dans ce cas, on devrait pouvoir les calculer à partir de règles simples, universelles, qui seraient bien utiles pour comparer des solutions.

Rien n'est plus faux.



LES COÛTS DONT ON DISPOSE...PAS SI SIMPLE DES COÛTS PRECIS ? (suite ...)

Ce ne sont **pas les coûts** qui sont **précis**, mais les **nombre**s qui **les expriment**. Et ces nombres vont complètement **varier** en fonction de **divers facteurs** :

- variation du prix de la matière première,
 - quantités produites,
- lieu de production et niveau des salaires locaux,
 - outillages utilisés,
 - etc, etc...



Un coût va donc être essentiellement variable en fonction du contexte

il faudra **connaître** et **peser** toutes les **composantes** de ce **contexte** pour établir ce coût, élément fugace dans le temps et dans l'espace.

Pour l'Analyse de la Valeur, cette imprécision n'est pas trop grave.

Ce que l'on veut en effet c'est savoir "**où l'on a mis l'argent**", si, dans la réalisation d'un produit, on le dépense à bon escient. On verra ultérieurement que l'on va rechercher, dans le cas d'une reconception de produit, **le pourcentage du coût de celui-ci qui intervient pour réaliser chaque fonction.** Pour estimer si ce pourcentage est correct ou trop élevé, point n'est besoin d'une très grande précision.



D'ABORD, QU'EST -CE QU'UN COÛT ?

La norme X50 -150 nous en donne la définition :

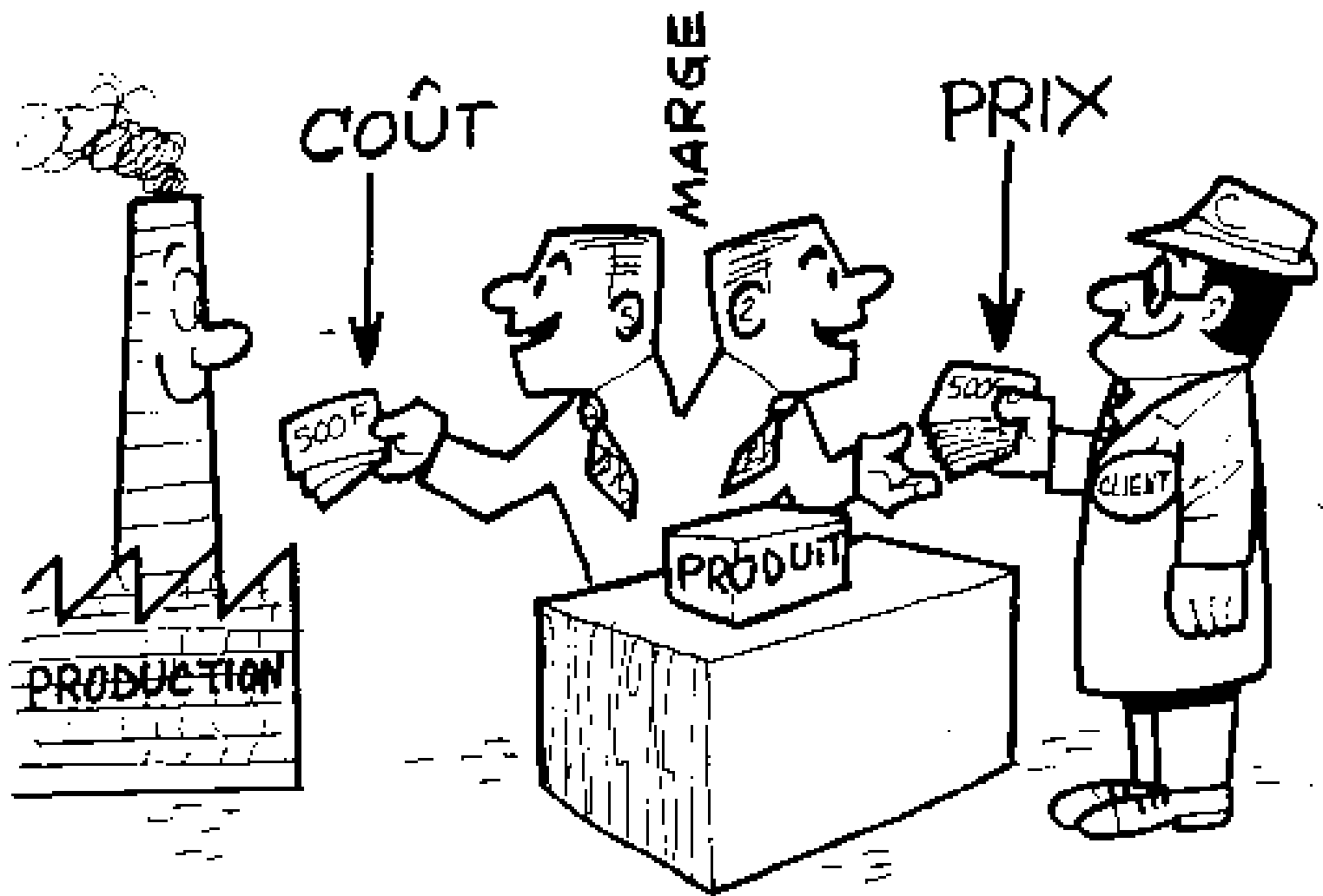
« charge ou dépense supportée par un intervenant économique par suite de la production ou de l'utilisation d'un produit ou de l'ensemble des deux »

Cette définition nous donne, dès le départ,

trois possibilités de calcul qui donneront des résultats précis et totalement différents.

La même norme nous fait remarquer qu'il ne faut **pas confondre COÛT et PRIX**. Ce dernier est :

« L'équivalent monétaire d'un produit lors d'une transaction commerciale »



Union 1.0.0.0.0.0.0.

NE PAS CONFONDRE
"COÛT" ET "PRIX".



CINQ TYPES DE COÛTS

Penché sur sa perceuse depuis huit heures ce matin, un ouvrier exécute un trou sur une série de pièces. Quel est le coût de cette pièce ?

La norme X50 -150 nous donne quatre types de coûts qui peuvent lui être attribués :

-Coût proportionnel.

-Coût variable.

-Coût direct.

-Coût complet.

Il faut en ajouter un cinquième qui est

- le coût global.

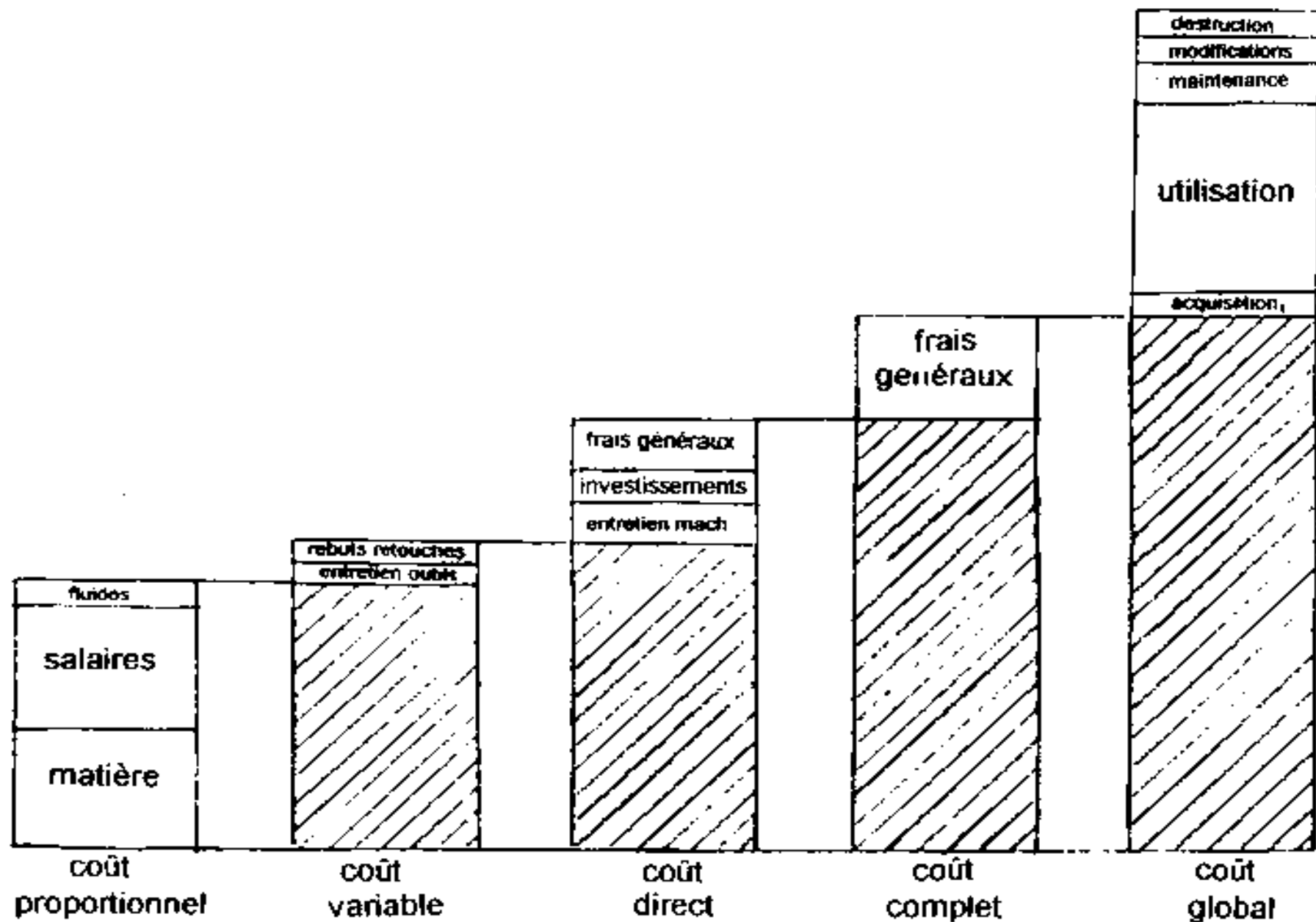


Fig VIII-1 Divers types de coûts



QUELS TYPES DE COÛTS UTILISER POUR L'ANALYSE DE LA VALEUR ?

**le coût proportionnel, le coût variable, le coût direct
ou le
coût complet ?**

Aucun n'est vraiment satisfaisant.

On a souvent tendance à utiliser les coûts complets et les taux horaires qui en découlent parce que l'on ressent comme choquant d'utiliser plusieurs types de taux horaires dans l'entreprise. Mais de tels taux sont grevés de frais généraux souvent fort lourds et on en déduit des espérances d'économies ou des économies qui ne correspondent pas à la réalité profonde. (car une diminution du temps de fabrication d'un produit ne modifie en rien les frais généraux de l'entreprise)



QUELS TYPES DE COÛTS UTILISER POUR L'ANALYSE DE LA VALEUR ? (suite ...)

Si on fait le **pourcentage du coût direct avant et après étude d'Analyse de la Valeur du produit** on est plus près de la vérité.

(Une estimation plus sérieuse des économies pourrait être faite par l'examen de l'influence des modifications sur chaque rubrique des coûts, avec l'aide d'un spécialiste de ces derniers.)



OU EST L'Économie REELLE ?

En réalité, un facteur essentiel dans la réalisation d'une économie est la charge de travail de l'atelier, l'engagement au niveau du personnel, de l'outillage et des installations.

(Par exemple, si l'économie permet de supprimer des heures de travail exécutées à l'extérieur, c'est la dépense correspondant à ces heures de sous-traitance qui la constitue.)



Sur combien de temps va-t-on chiffrer l'économie ?

- Là, il faudrait être devin si l'on voulait être parfaitement précis. Dans le cas d'une fabrication de série, connaît-on exactement le "reste à produire" ? On le fixera le mieux possible, mais ce sera toujours arbitraire.
- Si c'est une commande unique, il faut estimer le nombre de fois qu'une commande de ce genre se reproduira et les possibilités d'application des principes d'économie imaginés .
- D'autres coûts apparaissent: coûts d'essais, coûts de mise au point. Il faut être très attentif à ces dépenses qui, si l'on n'y prend pas garde, vont réduire, au moins au début, l'économie escomptée.



ET LE COÛT DE L'Étude D'ANALYSE DE LA VALEUR ?

"Des réunions, ça coûte cher. Et puis ça va faire passer du temps et allonger les délais" .

Comment cela se passe-t-il lorsque l'on conçoit un nouveau produit sans faire appel à l'Analyse de la Valeur ? Y a-t-il moins de réunions ? Sont-elles mieux organisées quant à leur enchaînement ou au choix des participants ? Avec l'Analyse de la Valeur le temps des participants sera, en définitive, mieux géré et les réunions seront plus productives.

Ceci dit, une action d'Analyse de la Valeur coûte huit à dix réunions d'une demi-journée avec six ou huit personnes. S'y ajoutent des travaux intercalaires, comptes-rendus de réunion, études, essais, établissement de gammes de fabrication qui sont des travaux que les services concernés auront à effectuer de toute façon.



EN RESUME, POURQUOI LES COÛTS ?

coûts, outil d'analyse :

Le coût est un élément fondamental d'analyse des Solutions connues qui serviront de référence. Il permet notamment de détecter les fonctions sur lesquelles l'effort doit porter en priorité.

Coût, critère d'optimisation :

Le coût est un critère d'optimisation dans la recherche de solutions nouvelles. Il permet la comparaison des différentes solutions en cours d'étude,

Coût, outil de choix de solution :

Le coût des solutions est introduit dans le bilan prévisionnel proposant au décideur la ou les solutions retenues.

désignation produit		lustre	N°	annexe 1c			
ensemble étudié		douille					
		Matière			Main d'oeuvre		
désignation	Quantité	nature	poids	prix	nbr d'heure	Frs	Prix total
pastille	1000	laiton	2,2	13,65	0,32	1,6	15,25
culot	1000	laiton	5,3	62	0,23	1,15	63,15
bague	1000	laiton	3,75		0,07	0,35	
chemise	1000	laiton	7		2,4	47,95	47,95
porcelaine	1000	porcelaine					
plot	2000	laiton	1,86				
vis	2000	laiton	0,51				
douille de piston	2000	laiton	0,53	3,38	0,11	0,55	3,93
piston	2000	laiton	0,58	3,36	0,06	0,3	3,66
ressort	2000	acier	0,24	2,06	0,97	1,85	3,91
Montage piston/ressort/douille							12,9
montage ss ens sur porcelaine							10,2
assemblage de la douille							17,85

	désignation produit	lustre		N°	annexe 3c	COUT des FONCTIONS									
	ensemble étudié	douille				répartition des fonctions de base/de flux									
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Report														
Qantité	Désignation	coût technique			fonctions élémentaires										
		matière	Main oeuvre	total											
1000	porcelaine														
2000	Douille de piston														

De flux

De contact



Construction du TAF

- Fonctions élémentaires de contact :
 - contact avec un élément extérieur : Fe est affectée à l'une des fonctions de service (fonction principale ou d'adaptation)
 - contact entre composants : Fe est affectée à une chaîne fonctionnelle de conception (flux bouclés)
(exception : contact entre pièces mobiles dont le mouvement relatif est imposé par le milieu extérieur : la Fe est affectée à l'une des fonction de service)



Construction du TAF

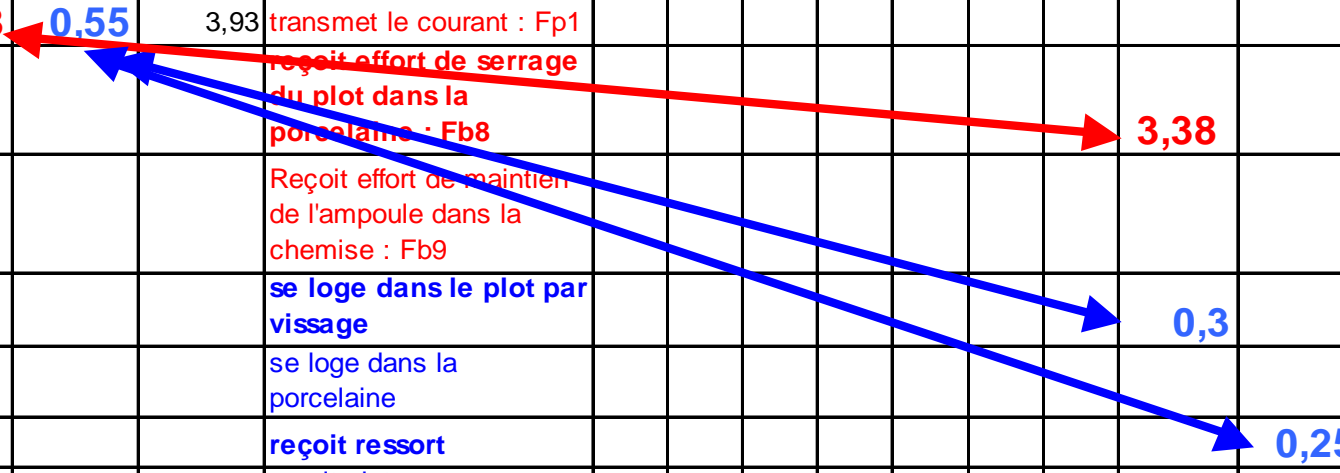
- **Fonctions élémentaires de flux**
 - Fe participant à un flux venant ou allant vers le milieu extérieur : affectée à l'une des fonctions de service
 - Fe participant à un flux bouclé sur le milieu extérieur ; affectée :
 - À l'une des fonctions de service si le flux est imposé par le milieu extérieur
 - À une chaîne fonctionnelle de conception si le flux n'est pas imposé par le milieu extérieur,
 - Fe participant à un flux bouclé à l'intérieur du produit : affectée à une chaîne fonctionnelle de conception.



Affectation des coûts

- La main d'œuvre ne peut être affectée qu'à la création d'une forme donc à une fonction élémentaire de contact
- La matière ne peut être affectée qu'à une ligne de flux donc à une fonction élémentaire de flux : effort, transmission de courant électrique, de lumière, etc ..
- On n'affecte à une fonction de base, que la matière juste nécessaire.

désignation produit		lustre		N°	annexe 3c	COUT des FONCTIONS								
ensemble étudié		douille				répartition des fonctions de base/de flux								
Report						1	2	3	4	5	6	7	8	9
Quantité		Désignation		coût technique		fonctions élémentaires								
		matière	Main oeuvre	total										
1000	porcelaine	3,62	4,25	7,87	reçoit effort serrage bague Fb6 Reçoit effort de maintien de l'ampoule dans la chemise : Fb9 reçoit effort serrage douille de piston/plot Fb8 arrête le courant laisse passer les fils reçoit culot reçoit chemise reçoit douille de piston positionne les plots									
											1,82			
						1,8								
										4,25				
2000	Douille de piston	3,38	0,55	3,93	transmet le courant : Fp1 reçoit effort de serrage du plot dans la porcelaine : Fb8 Reçoit effort de maintien de l'ampoule dans la chemise : Fb9 se loge dans le plot par vissage se loge dans la porcelaine reçoit ressort reçoit piston									
													3,38	
														0,3
														0,25





2000	ressort	2,06	1,85	3,91	transmet le courant : Fp1									
					Crée effort de maintien de l'ampoule dans la chemise : Fb9									2,06
					se loge dans douille de piston									1,85
					se loge dans le piston									
2000	piston	3,36	0,3	3,66	transmet le courant : Fp1									
					Reçoit effort de maintien de l'ampoule dans la chemise : Fb9									3,36
					se loge dans la douille									
					reçoit le ressort									0,3
					en contact avec l'ampoule									

	Montage piston/douille de piston/ressort													12,9

TOTAL				91,31		4	1,4	0,5	0,7	3,24	35,1	11	14,68	20,72

désignation produit	lustre		N°		annexe 4c	
ensemble étudié	douille					

Répartition par séquence de Coûts

		Contact ss.élément 1	Contact ss.élément 2	effort et montage	Total	Service rendu	Principe retenu
Assurer liaison rigide avec le lustre : Fb5							
contact	lustre/pastille		0,12	0,34	3,24	Assurer liaison rigide avec le lustre	lustre prisonnier par un système vis/écrou : vissage de la pastille dans le culot
	pastille/culot	0,33	0,25				
	culot/lustre						
effort et montage	serrage du lustre sur le culot par la pastille						
serrage de la porcelaine entre culot et chemise Fb6							
contact	porcelaine/culot		0,55	1,82	35,1	permet le démontage de la douille pour accéder aux fils électriques	douille en plusieurs éléments assemblés par une bague filletée
	culot/bague	4,3	4,3				
	bague/chemise	1,2	2,2				
	chemise/porcelaine		4,25				
effort et montage	/porcelaine			8,2			
	/culot			5,6			
	/bague			2,68			
	/chemise						
Saisir le courant électrique : Fb7							
contact	fil/plot		2,5	2,8	11	Raccorder la partie électrique de la douille au courant électrique	serrage du fil dans un plot par vis de pression
	plot/vis	3,7	1,7				
	vis/fil	0,3					
effort et montage							



Recherche de solutions

- Recherche de principes technologiques et de solutions différentes, en ciblant dans un premier temps les flux bouclés internes les plus coûteux puis progressivement en remettant en cause, si besoin est, l'ensemble du produit

(Cf douille de chantier)



Recherche de solutions

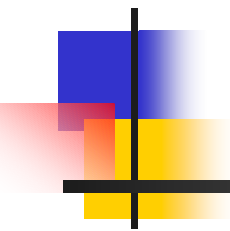
- Pour raisonner la matière, on se pose le problème à deux niveaux :
 - La qualité : pourquoi telle nuance ? Quelle est la nature de la matière juste nécessaire
 - Quantité : pourquoi mettre la quantité trouvée ? Ne peut-on pas en mettre moins sans dégrader les valeurs d'échange ?



Recherche de solutions

- Pour raisonner les formes :
 - Regrouper des éléments (changement de procédés de fab/matière)
 - Nouvelle technologie : collage/vis-écrou , électronique/mécanique
 -

AMDEC



Analyse des Modes de Défaillance
de leurs Effets
et de leur Criticité



Définition de l'AMDEC

- Méthode d'Analyse Qualitative et Prévisionnelle de la SDF des systèmes industriels



Produits



Processus

Fabrication,
Administratifs,
Projet de conception



But de l'AMDEC

Produits

satisfaction du client/utilisateur par l'amélioration de la qualité et de la fiabilité, en conception

Processus

Fabrication,
Administratifs,
Projet de conception

amélioration de la qualité du produit par l'amélioration des opérations de fabrication

Principe général

Produits

- Identification exhaustive des risques de dysfonctionnement
- mise en évidence des points critiques

Processus

Fabrication,
Administratifs,
Projet de conception

- Identification exhaustive des risques de non-conformité du produit
- mise en évidence des opérations critiques
- définition des actions correctives nécessaires



Les Etapes

1 Initialisation de l'Etude

- Produit à analyser
- objectifs à atteindre
- groupe de travail
- planning des réunions
- supports de travail

2 Analyse fonctionnelle

- validation du besoin
- expression fonctionnelle du besoin
- décomposition fonctionnelle
- Analyse fonctionnelle technique
- tableau récapitulatif



Les Etapes

3 Analyse AMDEC du Produit

- Analyse des mécanismes de défaillance
- évaluation de la criticité
- proposition d'actions correctives

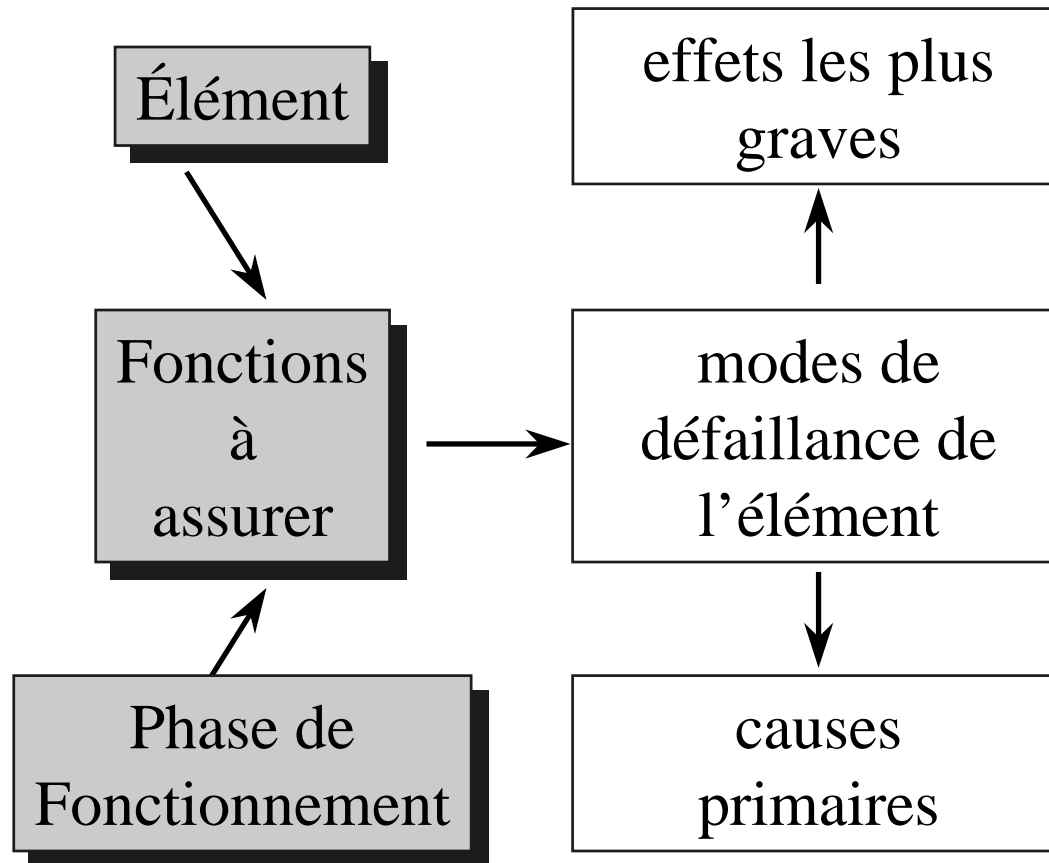
4 Synthèse de l'étude



3. Analyse AMDEC Produit

- Analyse des mécanismes de défaillance
 - Quels sont les modes de défaillance potentiels ?
 - quelles en sont les causes directes ?
 - quels sont les effets les plus graves ?
 - quelles sont les actions prévues pour la détection de la cause de défaillance ?

3. Analyse AMDEC Produit





Recherche des modes de défaillance

- | | |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1. Défaillance structurelle (rupture) | 17. Ecoulement réduit |
| 2. Blocage physique au Coincement | 18. Mise en marche erronée |
| 3. Vibration | 19. Ne s'arrête pas |
| 4. Ne reste pas en position | 20. Ne démarre pas |
| 5. Ne s'ouvre pas | 21. Ne commute pas |
| 6. Ne se ferme pas | 22. Fonctionnement prématuré |
| 7. Défaillance en position ouverte | 23. Fonctionnement après le délais prévu (retard) |
| 8. Défaillance en position fermée | 24. Entrée erronée (augmentation) |
| 9. Fuite interne | 25. Entrée erronée (diminution) |
| 10. Fuite externe | 26. Sortie erronée (augmentation) |
| 11. Dépasse la limite supérieure tolérée | 27. Sortie erronée (diminution) |
| 12. Est en dessous de la limite inférieure tolérée | 28. Perte de l'entrée |
| 13. Fonctionnement intempestif | 29. Perte de la sortie |
| 14. Fonctionnement intermittent | 30. Court-circuit (électrique) |
| 15. Fonctionnement irrégulier | 31. Circuit ouvert (électrique) |
| 16. Indication erronée | 32. Fuite (électrique) |
| | 33. autres ... |

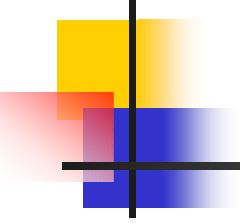


Recherche des causes

pour chaque mode de défaillance on recense toutes les causes

Possibles liées :

- au matériel et à ses caractéristiques (on est déjà à en phase de développement)
- à des contraintes externes
- à des phénomènes parasites.



Recherche des effets: résultat du mode de défaillance

Ceux -ci sont classés en deux types :

- * effets sur les fonctions supérieures du système
- * effets sur le milieu extérieur (systèmes externe) pour faciliter l'utilisation éventuelle de la méthode des combinaisons des pannes

MODE

Blocage
grippage
Rupture
Frottement important
Déformation flambage
Jeu
Obturation
fuite
Court-circuit

CAUSE

Sous-dimensionnement
Défaut matière
Mauvais montage
Usure naturelle (vieillesse) ou prématurée
Défaut de graissage
Choc, surcharge

EFFET

Dégradation matérielle
Perte de performance
Panne arrêt machine
Ralentissement
Non conformité du produit
Coût direct de maintenance
Gêne, dommage corporel

DETECTION

Traces d'usure, fissures
Aspect bruit
Vibrations
Échauffements
Dégradation des lubrifiants
Dérive des paramètres de fonctionnement
Dérive des caractéristiques du produit



3. Évaluation de la Criticité

- ◆ Quels sont les niveaux des critères de fréquence F, de gravité G et de «probabilité de non-détection N? (grilles de cotation)
- ◆ quelle est la valeur de la criticité C ? **$C = G * F * N$**
- ◆ quelles sont les défaillances critiques admissibles/non-admissibles ? (seuil de criticité)

G

GRAVITE DE L'EFFET

Mineure 1

Défaillance mineure aucune dégradation notable du matériel à titre indicatif $TI < 3$ min.

Moyenne 2

Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée à titre indicatif, $3 \text{ min} < TI < 20$ min.

Importante 3

Défaillance importante, nécessitant une intervention de longue durée, à titre indicatif, $20 \text{ min} < TI < 60$ min, ou non conformité du produit, constatée et corrigée par l'utilisateur du moyen.

Majeure 4

Défaillance grave, à titre indicatif, $TI > 60$ min ou non conformité du produit, constatée par un client aval {interne à l'entreprise}, ou dommage matériel important {sécurité des biens}.

Catastrophique 5

Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes



F

PROBABILITÉ D'APPARITION DE LA DEFAILLANCE

Très rare 1

Défaillance pratiquement inexistante sur des installations similaires en exploitation ; au plus 1 défaut sur la durée de vie du moyen.

Rare 2

Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire en exploitation, à titre indicatif 1 défaut par an, ou composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire.

Occasionnel 3

Défaillance apparue occasionnellement sur du matériel similaire existant en exploitation, à titre indicatif, 1 défaut par trimestre.

Fréquent 4

Défaillance apparue sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation, à titre indicatif, 1 défaut par mois, ou composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance, et il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire.

N

PROBABILITE DE NON-DETECTION

Détection totale 1

Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance

Détection exploitable 2

La cause ou le mode de défaillance sont décelables, mais le risque de ne pas être perçu existe.

Détection faible 3

La cause ou le mode de défaillance sont difficilement décelables, ou les éléments de détection sont peu exploitables

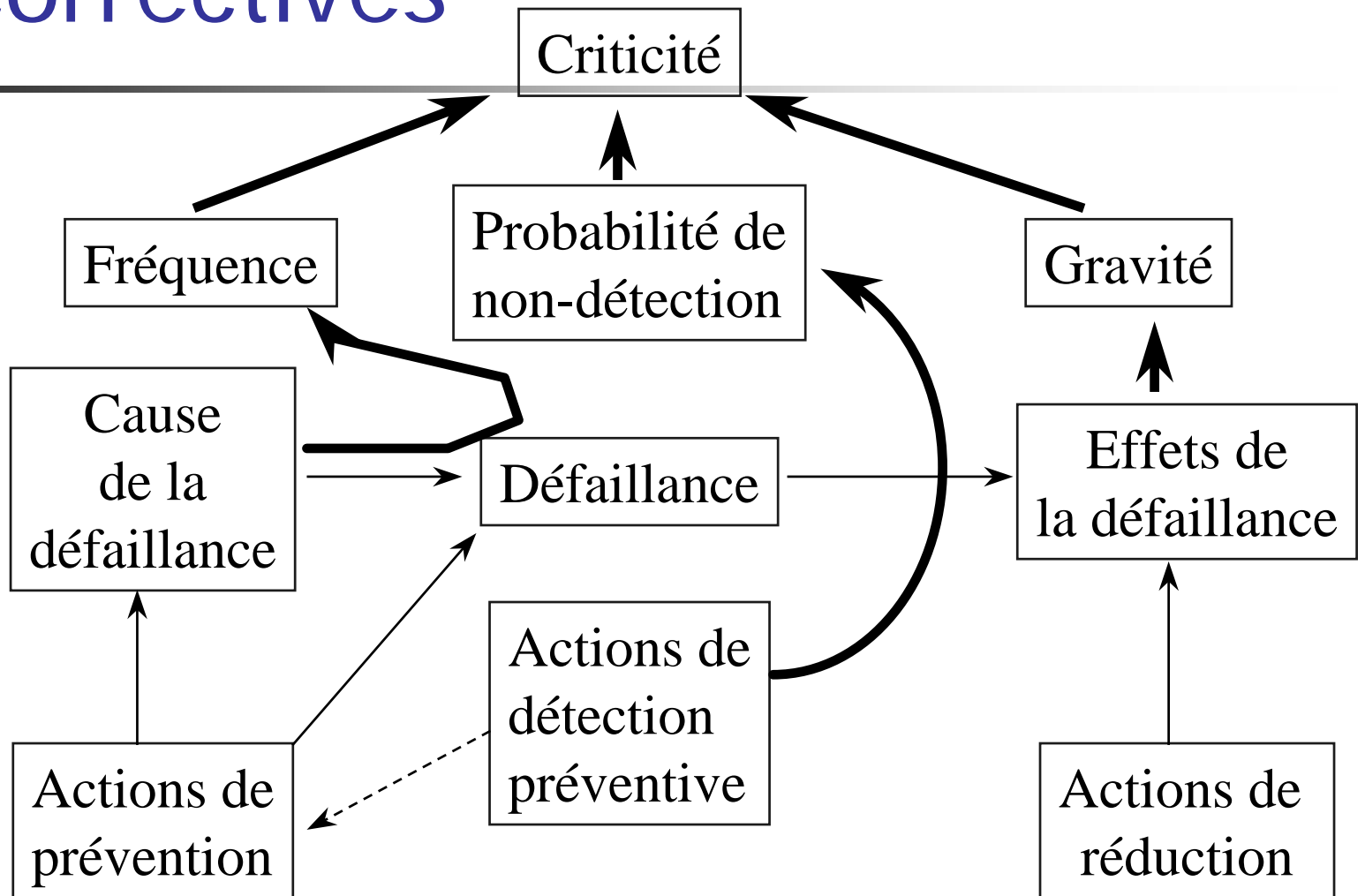
Sans détection 4

Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise.

Grille AMDEC

CETIM	ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					AMDEC moyen de production				
	Système : <i>Système de graissage de machine-outil</i> Sous-système : <i>Pompage du lubrifiant</i>			Phase de fonctionnement : <i>Marche normale</i>		Date de l'analyse :		Page : 1 / 2		
ELEMENT	FONCTION	MODE de DEFAILLANCE	CAUSE de DEFAILLANCE	EFFET de la DEFAILLANCE	DETECTION	CRITICITE				ACTION CORRECTIVE
						F	G	N	C	
						F'	G'	N'	C'	
MOTEUR	<i>Extraire la pompe</i>	<i>Pas de rotation</i>	<i>Pas d'alimentation</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	---	1	2	4	8	
			<i>Absence de commande</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	---	2	2	4	16	<i>MPS : contrôle contacteur</i>
			<i>Moteur HS</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	---	1	4	4	16	<i>PR : moteur</i>
		<i>Rotation inversée</i>	<i>Erreur de câblage</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	---	1	2	4	8	<i>D : consigne opérateur de maintenance</i>
CREPINE D'ASPIRATION	<i>Filtrer le lubrifiant</i>	<i>Cobinage partiel ou total</i>	<i>Présence d'impuretés diverses (au remplissage)</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	3	3	9	<i>MR : grille sur bouchon de remplissage</i>
		<i>Mauvais filtrage</i>	<i>Détérioration crépine</i>	<i>Usure pompe</i>	---	1	2	3	6	
POMPE	<i>Débit le lubrifiant sous pression</i>	<i>Pas de débit</i>	<i>Rupture accouplement</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	---	1	4	4	16	<i>PR : accouplement</i>
			<i>Rupture interne/blocage</i>	<i>Arrêt machine mano* + détérioration moteur</i>	---	1	4	4	16	<i>PR : joints/pompe/moteur</i> <i>MR : installer thermique</i>
		<i>Débit insuffisant</i>	<i>Usure interne</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	4	3	12	<i>MPT : vérifier montée en pression</i>
			<i>Lubrifiant non conforme</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	4	3	12	<i>D : formation opérateur</i>
CIRCUIT POMPE	<i>Etablir la liaison hydraulique entre la pompe et la soupape de décompression</i>	<i>Obturation</i>	<i>Impureté dues à usure</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	4	3	12	<i>MPT : vérifier montée en pression</i>
		<i>Fuite</i>	<i>Raccords desserrés par vibrations / joints défectueux</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	4	3	12	<i>MPT : vérifier montée en pression</i> <i>MFA : resserrer les raccords</i> <i>PR : joints, raccords, tuyaux</i>
SOUPAPE DE DECOMPRESSION	<i>Décompresser le circuit primaire en fin de cycle</i>	<i>Blocage</i>	<i>Grippage / Ressort cassé / Impuretés / Usure joint</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	4	3	12	<i>MPT : vérifier montée en pression</i>
		<i>Obturation</i>	<i>Impuretés</i>	<i>Arrêt machine mano*</i>	<i>Visuel (manomètre)</i>	1	4	3	12	<i>MPT : vérifier montée en pression</i>

Proposition d'actions correctives





Etape 4 : Synthèse de l'étude /décisions

14 BILAN DES RESULTATS

- Hiérarchisation des défaillances
 - classification des défaillances
 - liste des pannes résumées
 - liste des défaillances de cause commune
 - classements par catégories
 - liste des symptômes
- Liste des points critiques
 - recensement des points faibles

15- DECISIONS DES ACTIONS A ENGAGER

- Classification des actions
- Plan d'action
- Responsables