

Ingénierie de projet en conception

« Trop souvent, nous imposons notre gamme aux consommateurs en leur proposant des produits et des fonctionnalités pour lesquels ils n'étaient pas prêts à dépenser leur argent... C'était une manière très onéreuse de gérer une entreprise »

Robert Lane, Président de la Kellogg School of Management, 2003

Conception ou développement ?

« La conception c'est la recherche des concepts qui permettent d'atteindre les prestations que l'on souhaite offrir à ses clients.

Le développement, c'est la définition de détail du produit, à partir des concepts, sans les remettre en cause tout en respectant l'enveloppe du projet. »

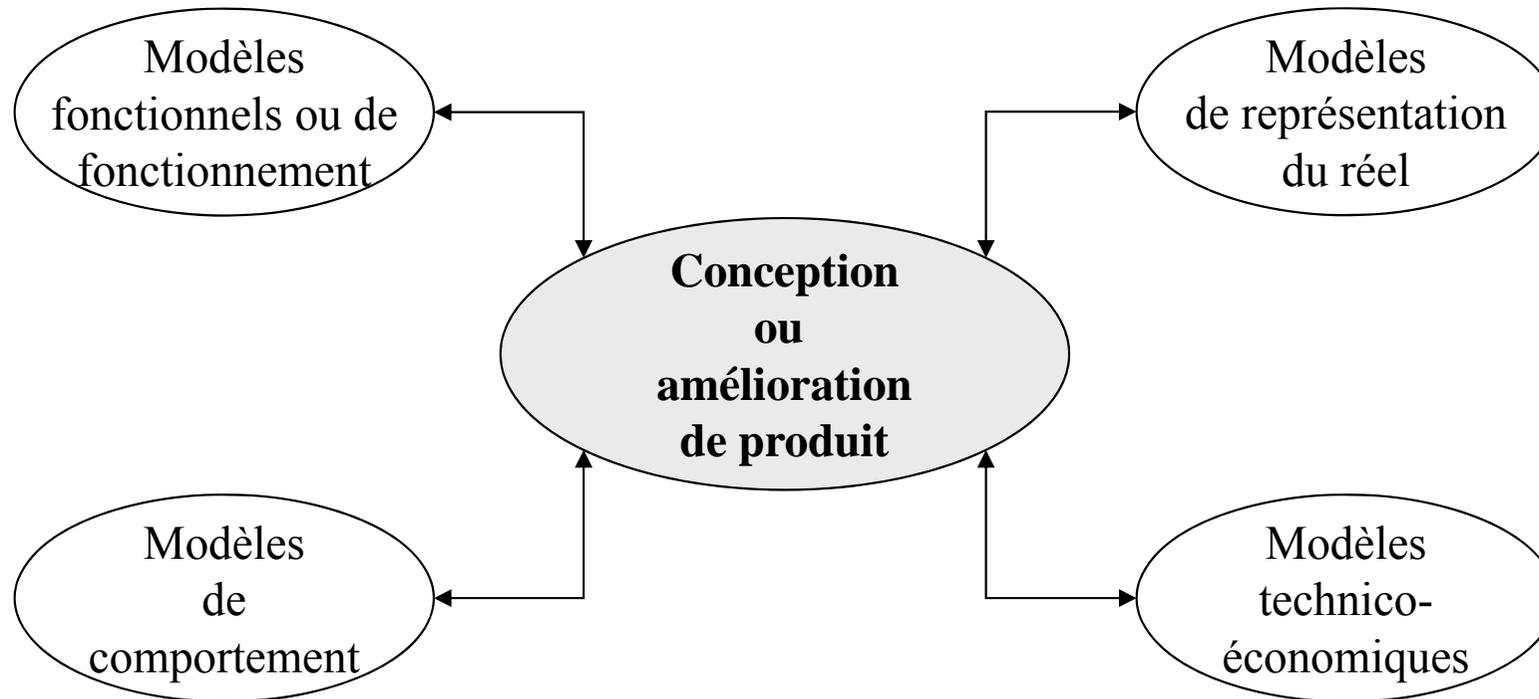
*Didier Coffy,
directeur du pôle innovation du groupe Ségula Technologies,
Société prestataire de service dans le domaine
de l'externalisation du développement de produits*

Situations de conception / amélioration de produit et modèles associés

(Technologies et Formation, 2005)

- *Associent fonctions de service et fonctions techniques*
- *Décrivent solutions retenues en réponse à des fonctions techniques*

Associent une représentation à une réalité construite

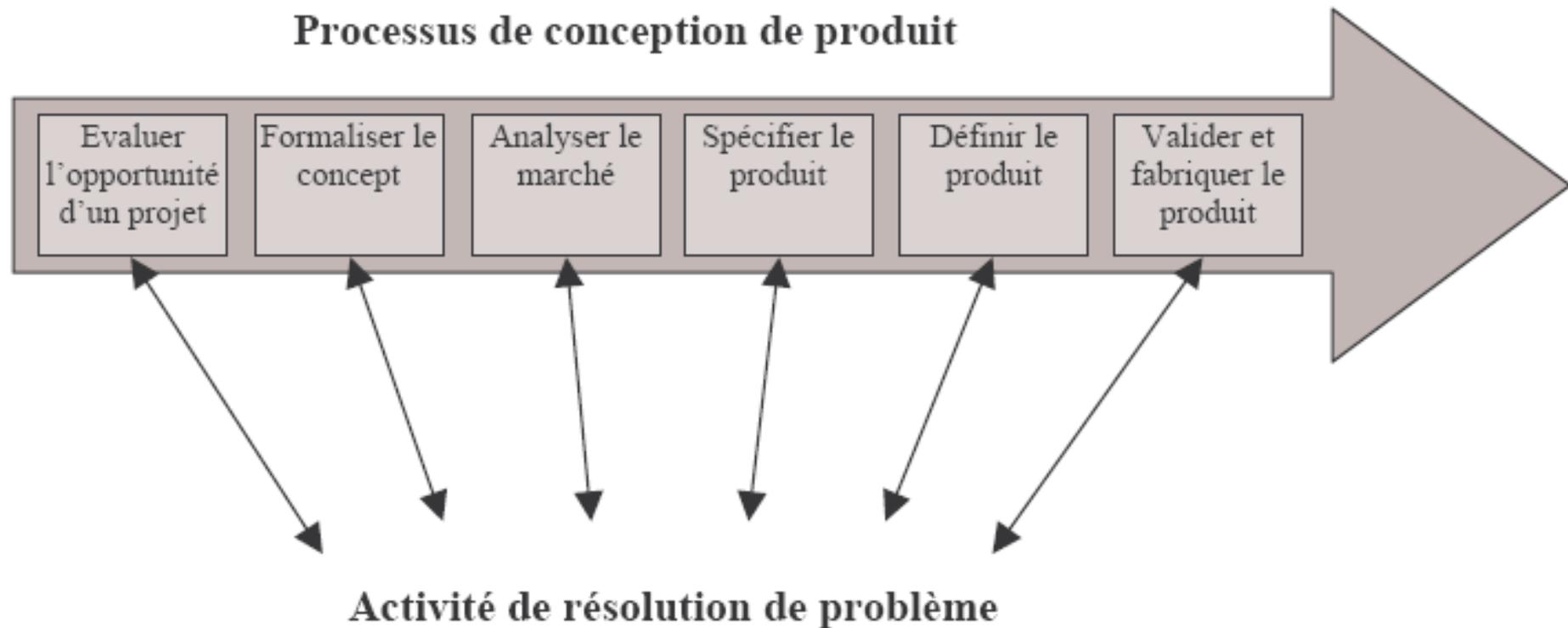


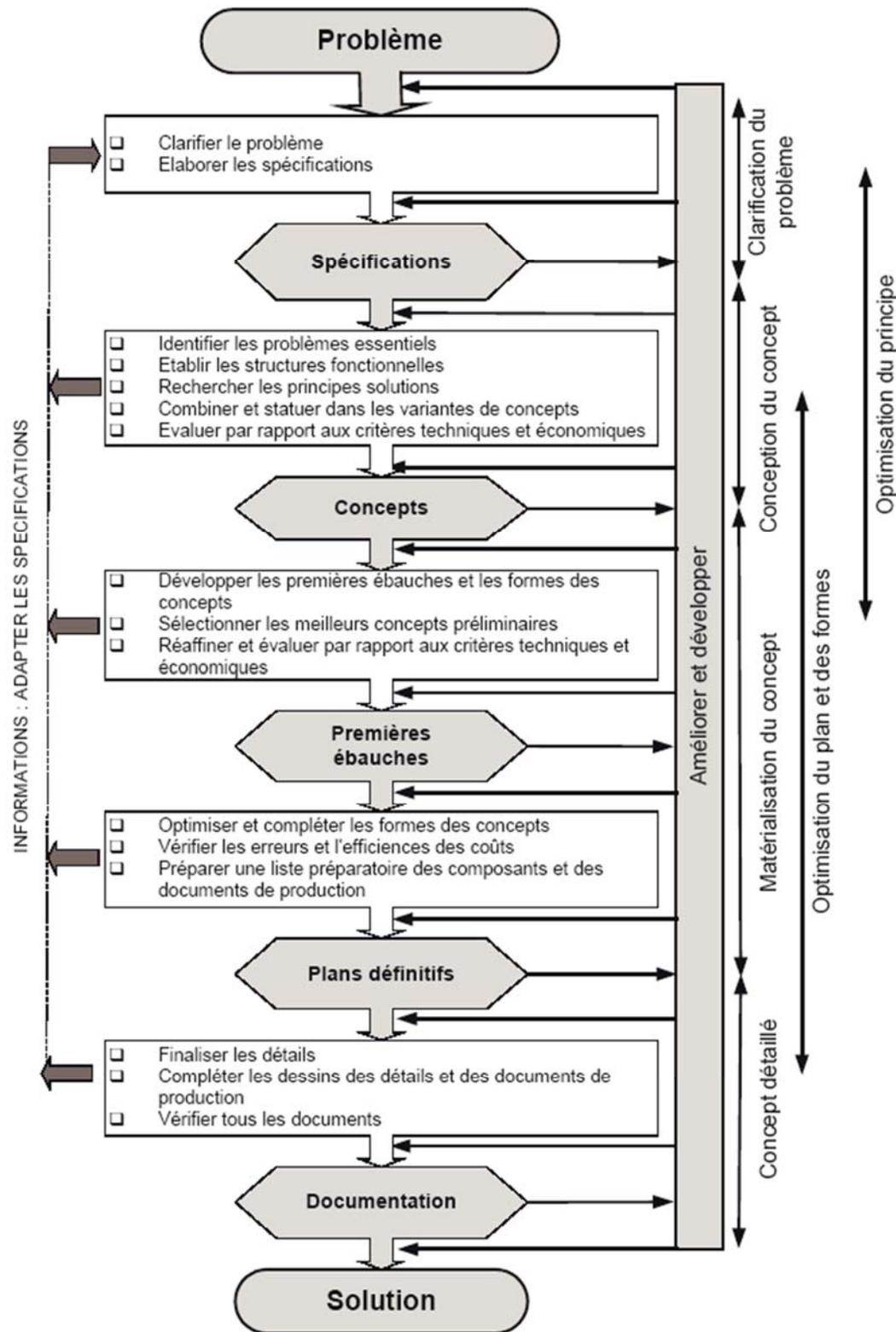
Analysent le comportement des systèmes étudiés et dimensionnent les composants

Associent, en optimisant les coûts, des solutions à des fonctions techniques

L'activité de résolution de problème au cœur du processus de conception

(Martin, 2001)



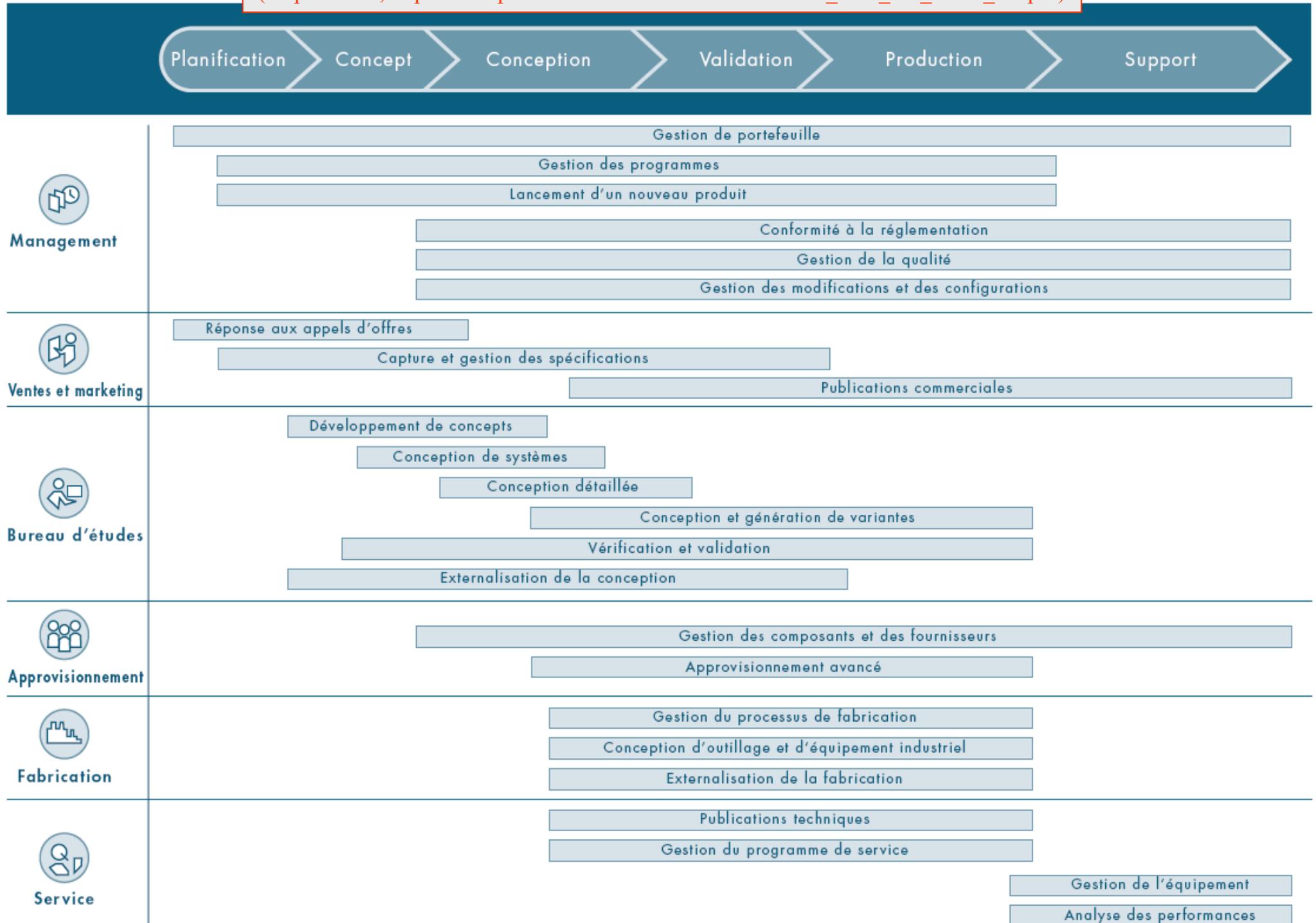


Le modèle hiérarchique du processus de conception

(Pahl et Beitz, 1996)

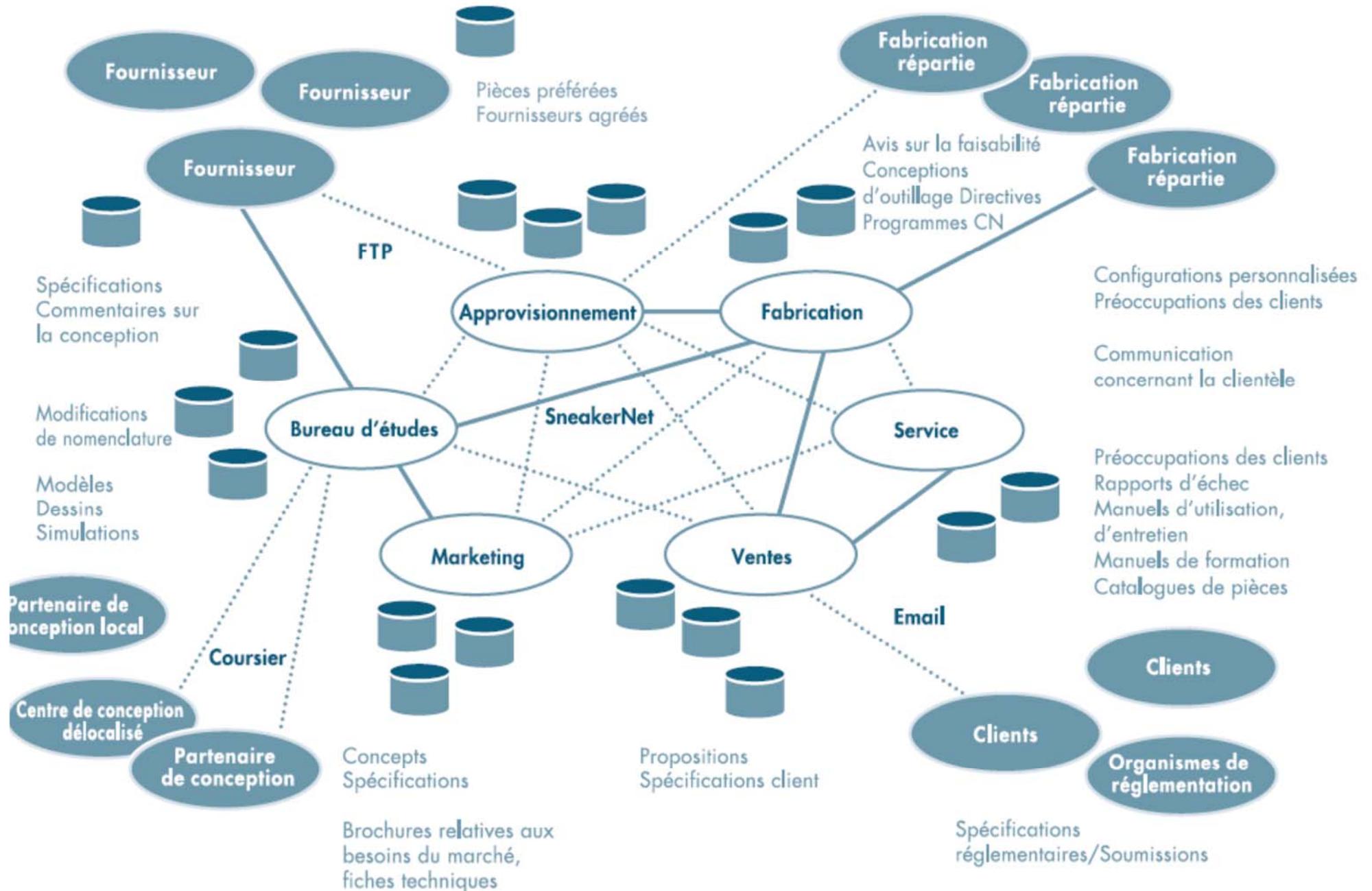
Processus de développement des produits

(d'après PTC, http://www.ptc.com/WCMS/files/56912/fr/2759_PDS_bro_NEW_FR.pdf)



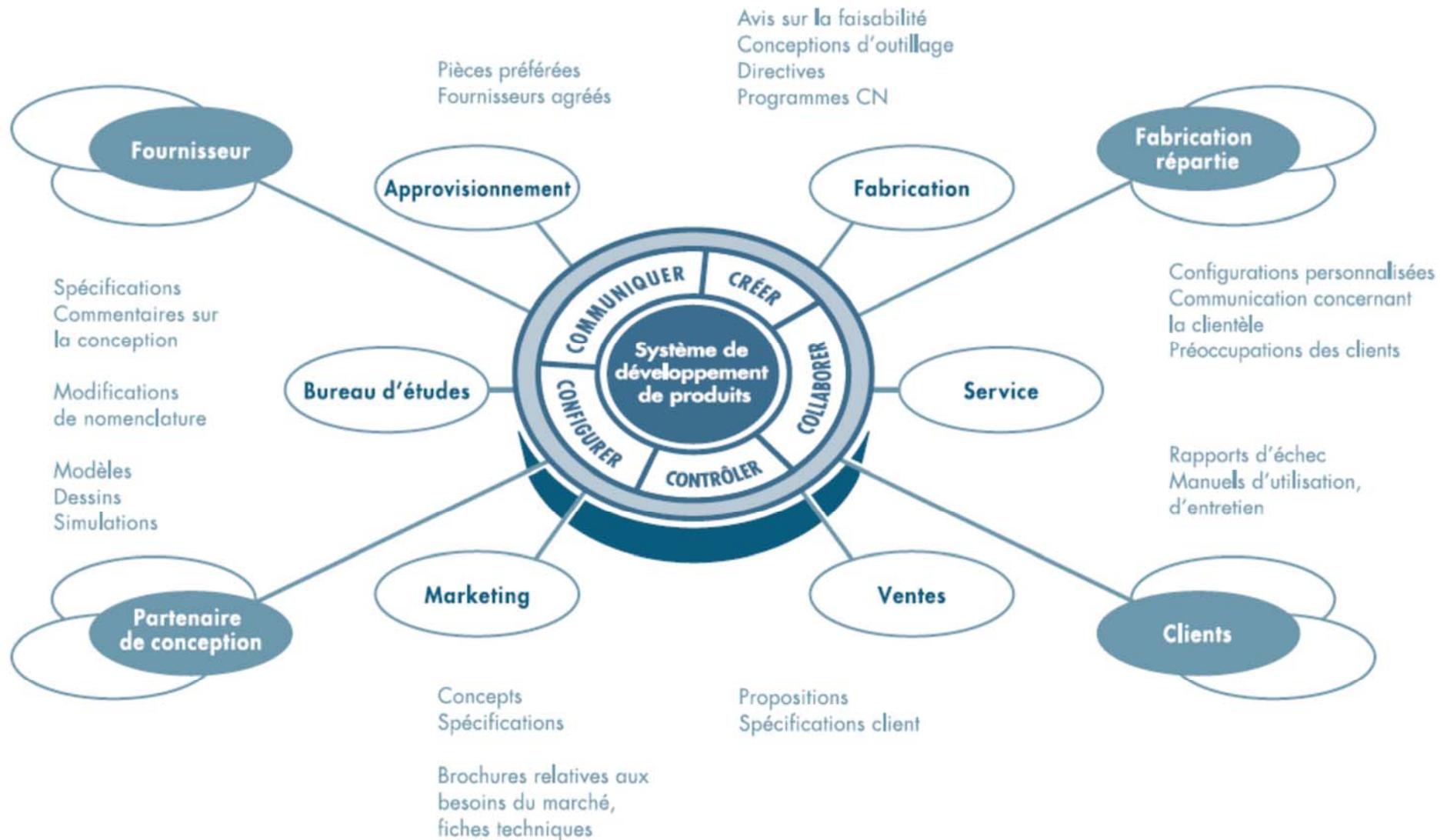
Environnement classique de développement des produits

(d'après PTC, http://www.ptc.com/WCMS/files/56912/fr/2759_PDS_bro_NEW_FR.pdf)



Développement des produits : le Product Development System (PDS) de PTC

(d'après PTC, http://www.ptc.com/WCMS/files/56912/fr/2759_PDS_bro_NEW_FR.pdf)



Développement des produits :

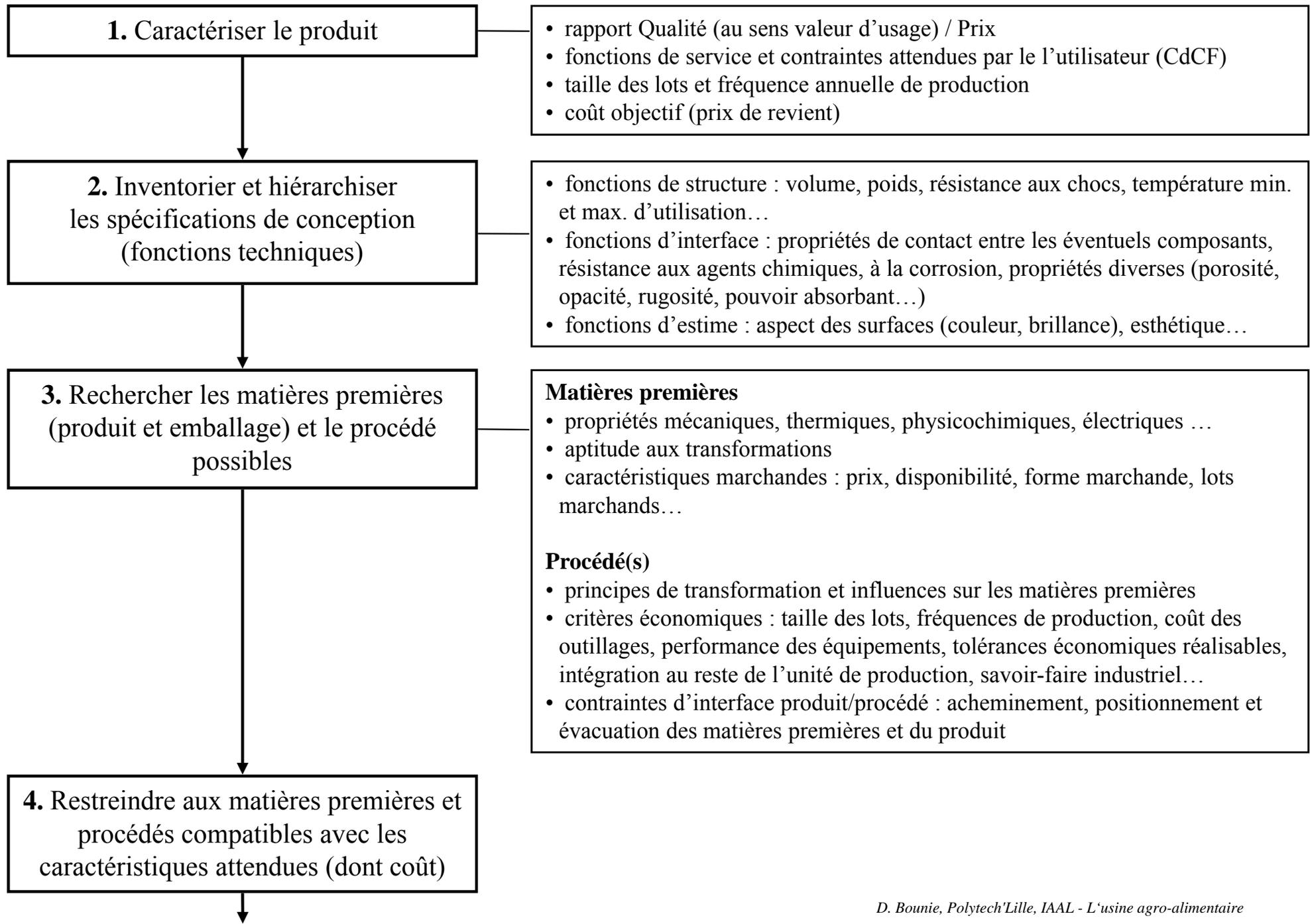
le Product Development System (PDS) de PTC : fonctionnalités utilisées

(d'après PTC, http://www.ptc.com/WCMS/files/56912/fr/2759_PDS_bro_NEW_FR.pdf)

Créer	Collaborer	Contrôler	Configurer	Communiquer
CFAO/IAO/FAO	Travail collaboratif autour d'un projet	Gestion des contenus et des processus d'entreprise	Gestion des configurations	Publication dynamique
Création de contenu XML	Planification	Gestion des spécifications	Automatisation de la conception	Interopérabilité entre les entreprises
Illustrations techniques	Visualisation et création de maquettes	Gestion des données de CAO mécanique		
Gestion du processus de fabrication		Gestion des données de CAO électrique		
Calcul technique		Gestion des données logicielles		
		Gestion des fournisseurs et des composants		

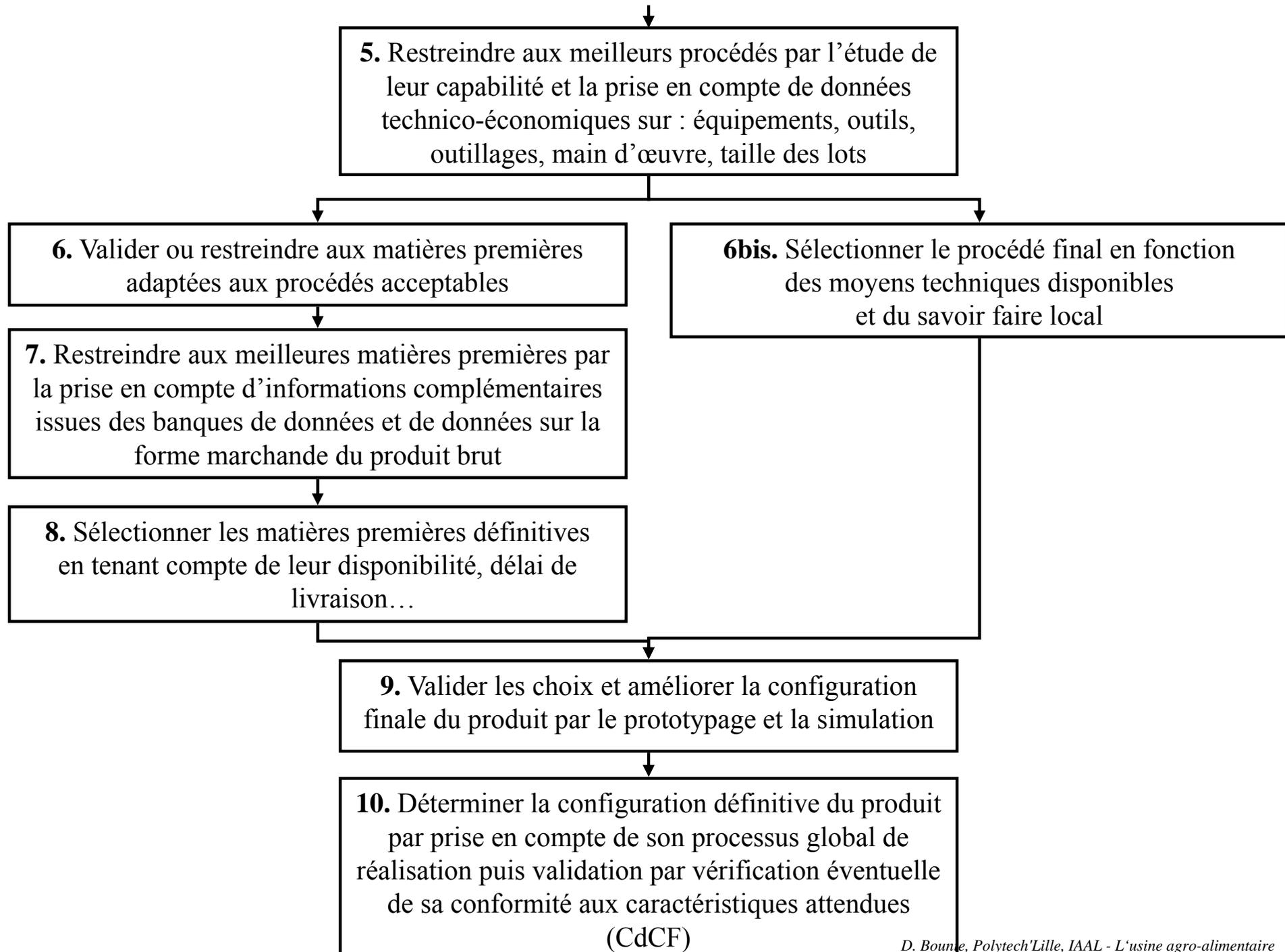
Une démarche possible pour la conception d'un produit (1/2)

(adapté de *Technologies et formation*, 2005)



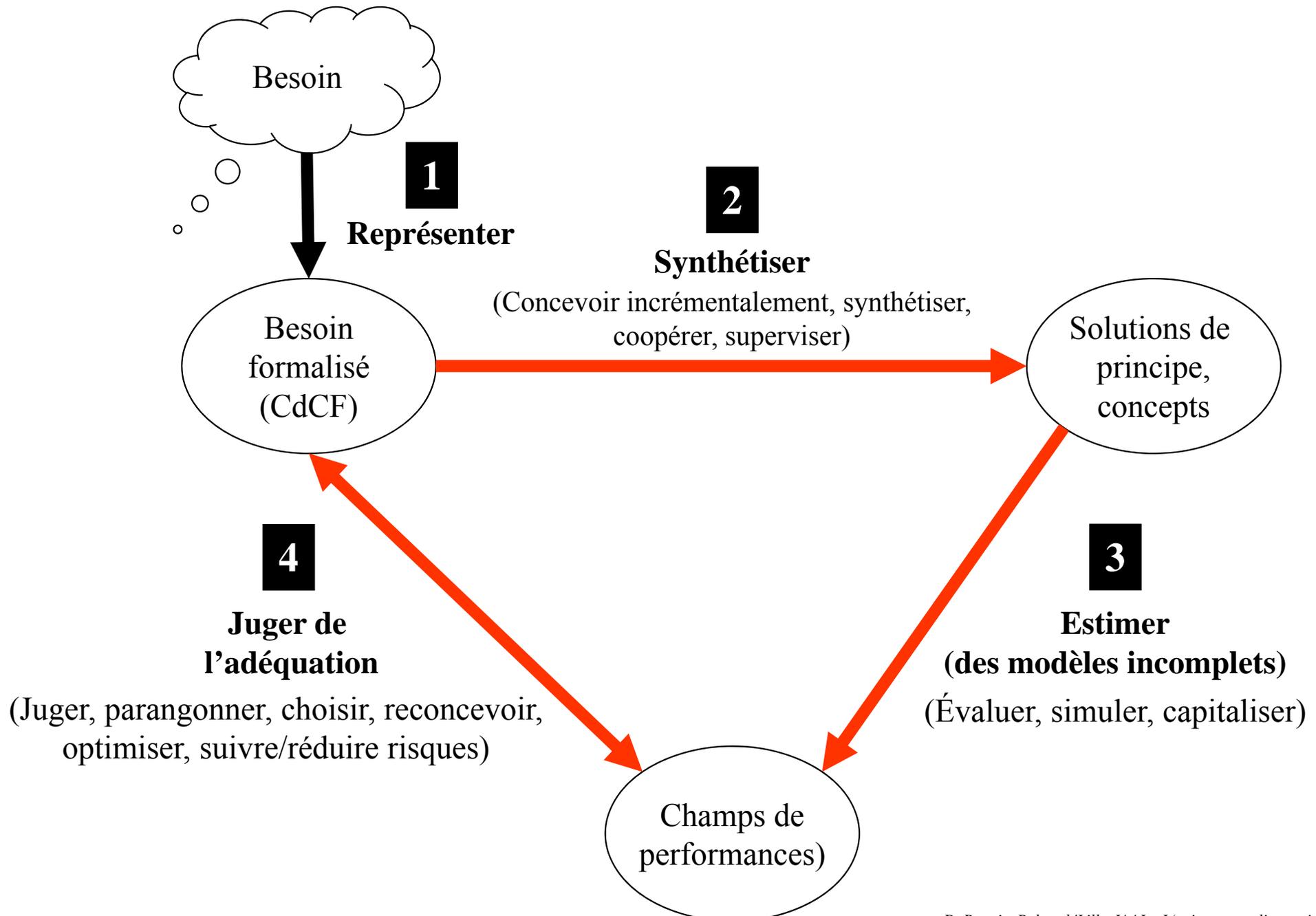
Une démarche possible pour la conception d'un produit (2/2)

(adapté de *Technologies et formation*, 2005)



Le processus de pré-conception (*Conceptual Design*)

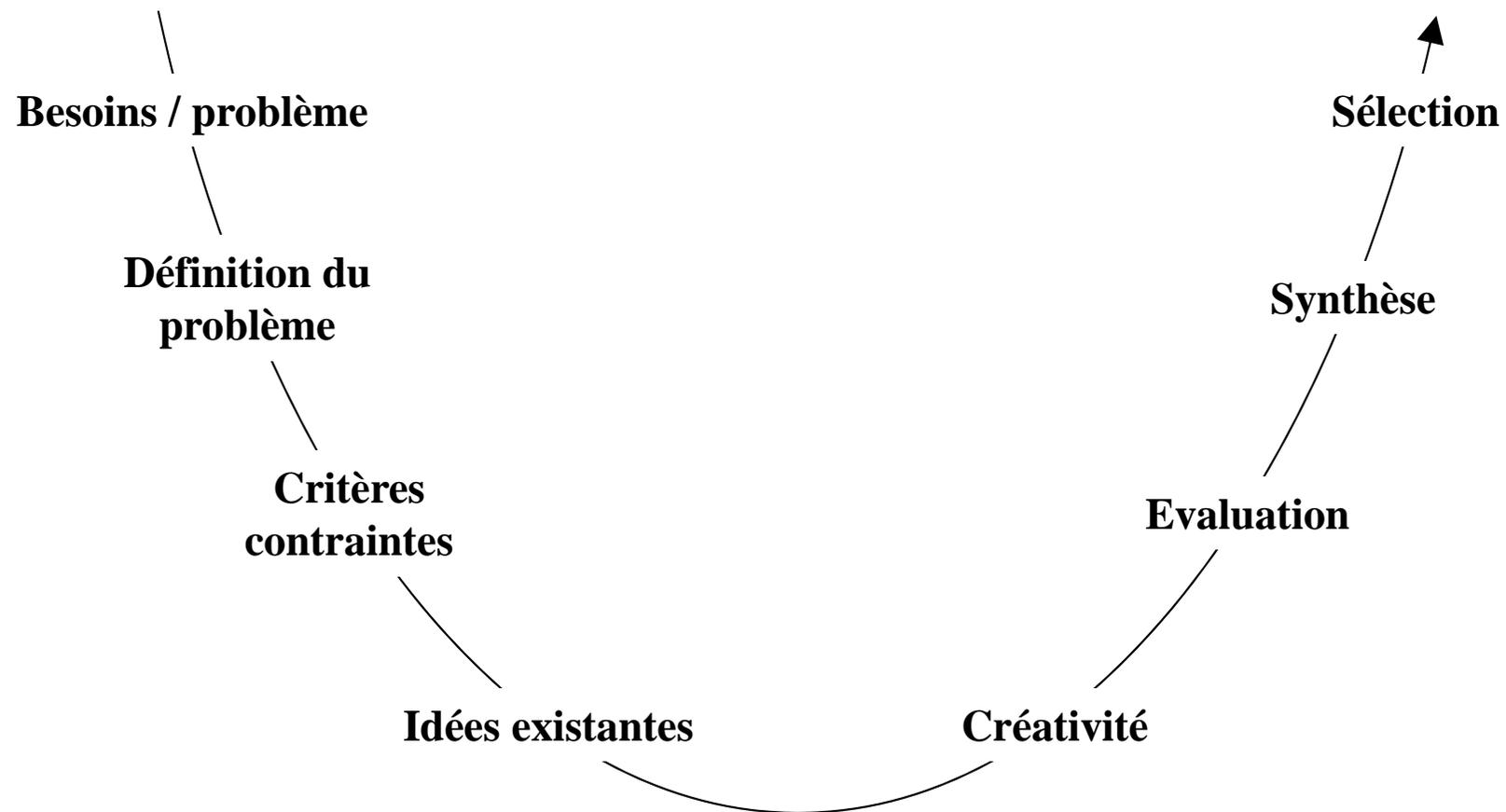
(B. Yannou, 2001)



A l'origine de la conception : l'innovation

Le cycle de vie de l'innovation

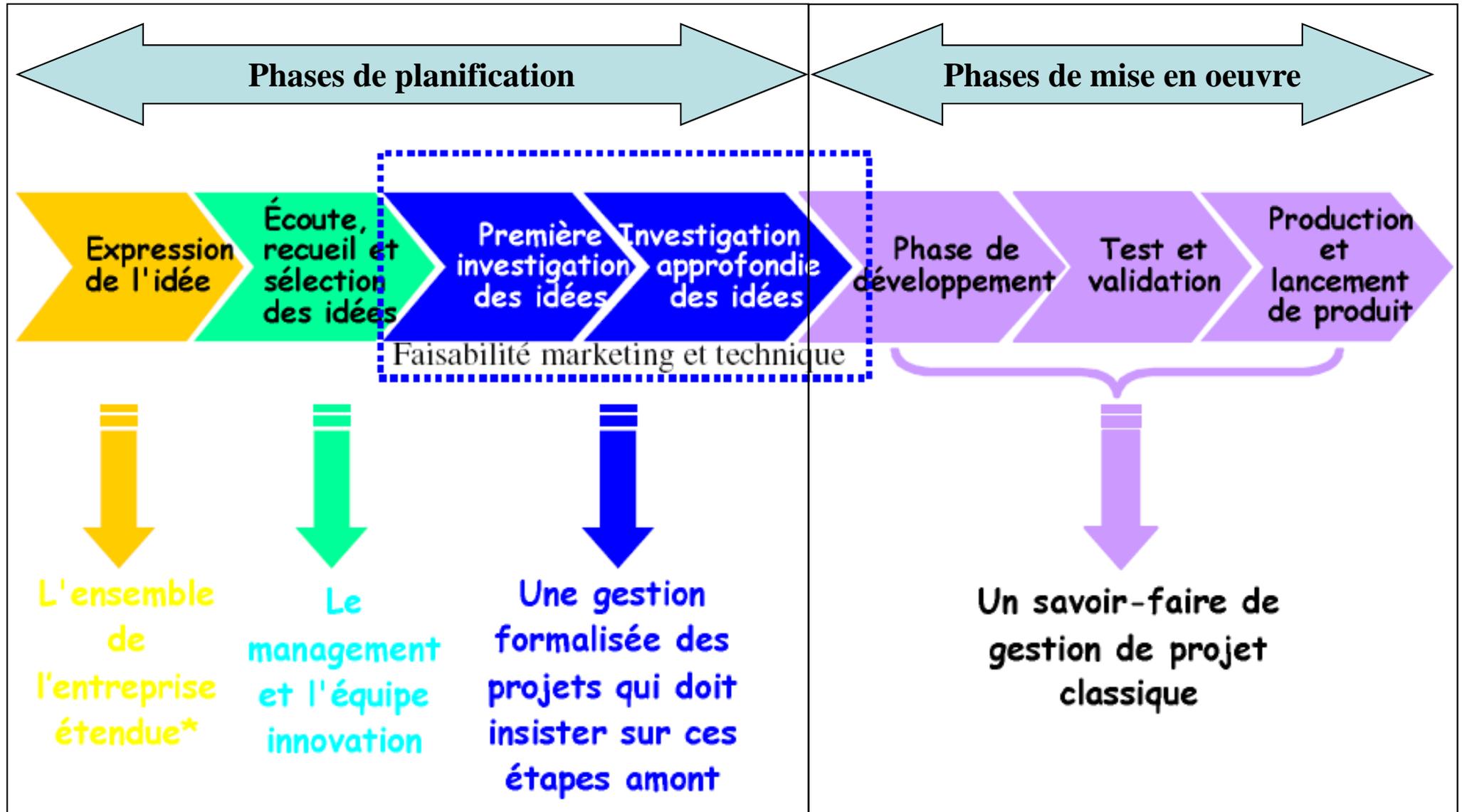
(d'après Yim et Dupont, 2005)



Gestion du processus d'innovation : étapes et partenaires

(CM International, 2002)

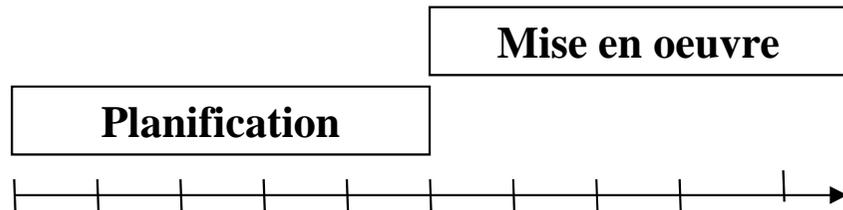
www.industrie.gouv.fr/biblioth/docu/dossiers/sect/pdf/technorg.pdf



Les 4 configurations de développement de produits nouveaux

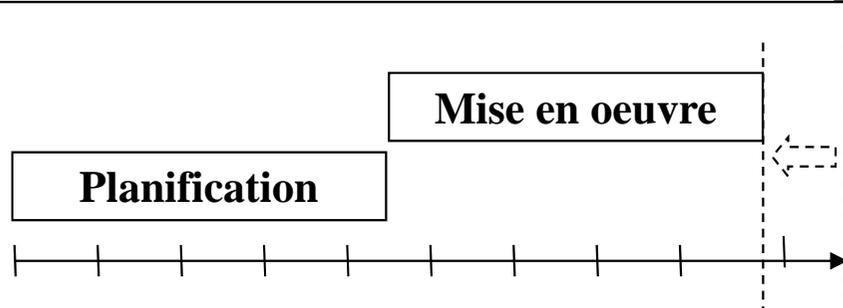
(d'après D. Gotland, 2005)

Développement par planification formelle



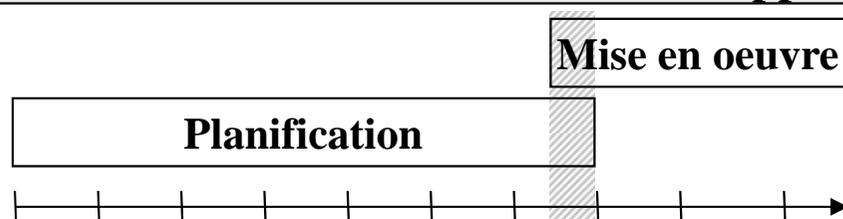
- secteurs traditionnels ou d'industrie lourde
- but : limiter ou éliminer les erreurs de spécifications techniques ou commerciales

Développement par compression



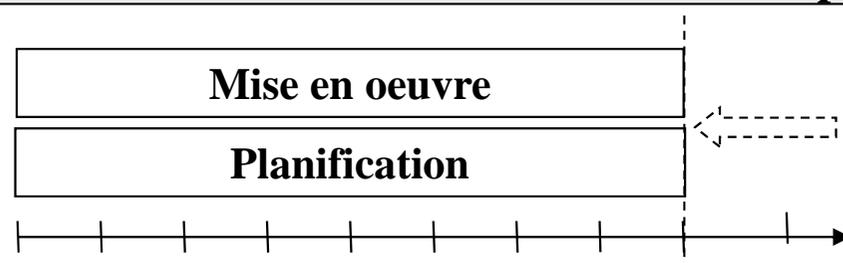
- secteurs de grande consommation ou de forte compétitivité internationale : IAA, automobile, électronique grand-public
- but : raccourcir les délais de développement (utilisation des technologies de l'informatique décisionnelle – data warehouse, data mining, EDI - ; production d'alternatives de choix variées, prise de décision consensuelle, recueil d'expérience, existence d'une vision claire et partagée)

Développement par planification flexible



- secteurs de production « on-demand » ou « buy to order »
- but : rallonger la phase de planification pour avoir une phase de mise en œuvre flexible et modifiable en permanence

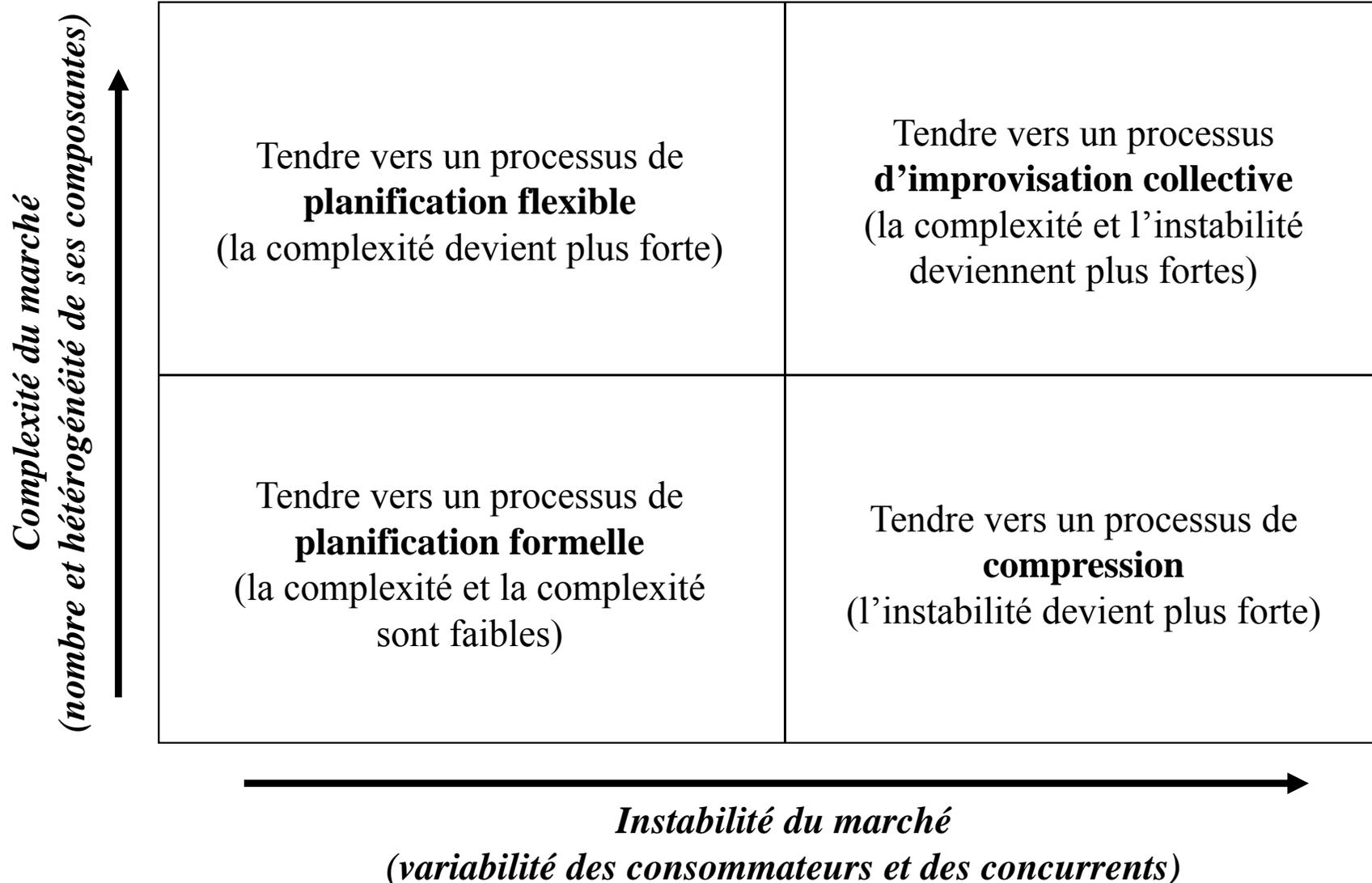
Développement par improvisation



- secteurs de grande consommation ou des marchés à fort degré d'innovation ou proportion de services
- but : concevoir et produire en simultanément pour améliorer réactivité (forte implication des consommateurs – marketing direct - , réactivité et autonomie de décision, diversification des équipes de développement)

Correspondance entre processus de développement et configuration de marché

(d'après D. Gotland, 2005)



Processus de développement d'un projet innovant (ANVAR)

	Analyser la faisabilité et la rentabilité du projet et établir un premier plan d'affaires.	Valider l'offre technique et commerciale, et affiner le plan d'affaires.	Organiser l'industrialisation et la mise sur le marché.	Evaluer les résultats du lancement et gérer le cycle de vie des offres.
Ingénierie commerciale et marketing	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Segmenter le marché à partir d'une approche des clients et choisir les cibles prioritaires. ◆ Evaluer le mode et le coût d'accès à ces cibles. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Vérifier que l'accueil des prototypes par les clients des segments choisis est positif. ◆ Préciser l'offre (largeur et longueur de la gamme). Préparer l'action commerciale. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fixer la stratégie de mise sur le marché et les objectifs de vente, en volume et en valeur. ◆ Mettre en place l'action commerciale. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Développer les ventes en volume et/ou en valeur. ◆ Observer le niveau de satisfaction du client et les réactions de la concurrence.
Ingénierie technique	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Etablir la définition fonctionnelle des produits. ◆ Choisir les options techniques à tester en regard des segments de marché visés. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Valider les cahiers des charges techniques des prototypes produit et outil de production. ◆ Conduire les tests et les essais jusqu'à la mise au point. ◆ Choisir les fournisseurs. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Qualifier les produits et l'outil de production au stade préséries. ◆ Etablir la nomenclature et les gammes de fabrication. ◆ Obtenir les homologations et les agréments. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Optimiser les produits et l'outil de production. ◆ Surveiller l'évolution des marchés, des technologies et des normes.
Ingénierie juridique	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Vérifier la liberté d'exploitation et élaborer la stratégie de propriété intellectuelle. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mettre en œuvre la stratégie de propriété intellectuelle. ◆ Formaliser les accords industriels et commerciaux. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Assurer les droits d'exploitation sur l'ensemble des marchés potentiels. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Gérer la valorisation et la défense des droits.
Ingénierie financière	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Evaluer les budgets et la rentabilité. ◆ Préciser les besoins et les ressources de financement. ◆ Concrétiser le premier tour de table. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Actualiser les prévisions de budgets et de rentabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mettre en place les financements nécessaires au lancement industriel et commercial. ◆ Mettre en place le contrôle de gestion. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Analyser les résultats et les écarts par rapport aux prévisions. ◆ Mettre en place le financement de la croissance.
Management et organisation	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Intégrer le projet dans la stratégie l'entreprise. ◆ Mettre en place l'équipe projet. ◆ Elaborer le planning du développement . 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Animer l'équipe projet. ◆ Actualiser le planning de lancement. ◆ Mobiliser les partenaires. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mobiliser l'entreprise sur l'intégration du projet. ◆ Recruter et former le personnel. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Organiser le retour d'expérience. ◆ Améliorer des produits, procédés et services associés pour allonger le cycle de vie des offres.
	<i>Utiliser les expertises externes, les consultants spécialisés.</i>	<i>Evaluer le temps d'accès au marché.</i>	<i>Ne pas sous-évaluer le coût de cette étape.</i>	<i>Exploiter la veille concurrentielle et l'analyse de la valeur.</i>

Les composants de la qualité en conception

(d'après J. Azambre et J.G. Audousset, 1992)

- **Fiabilité**

Aptitude d'un produit à accomplir une fonction requise, dans des conditions et un intervalle de temps donnés

- **Maintenabilité**

Aptitude d'un système à être maintenu ou rétabli, pendant un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque l'exploitation et la maintenance sont accomplies dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits

- **Aptitude au soutien**

Aptitude du système de soutien à mettre en œuvre les processus de soutien (maintenance, ravitaillement) dans des conditions d'efficacité et de coût optimales

- **Disponibilité**

Aptitude d'un système et de son système de soutien à disposer du produit, à un moment donné, pour accomplir une fonction requise dans des conditions données

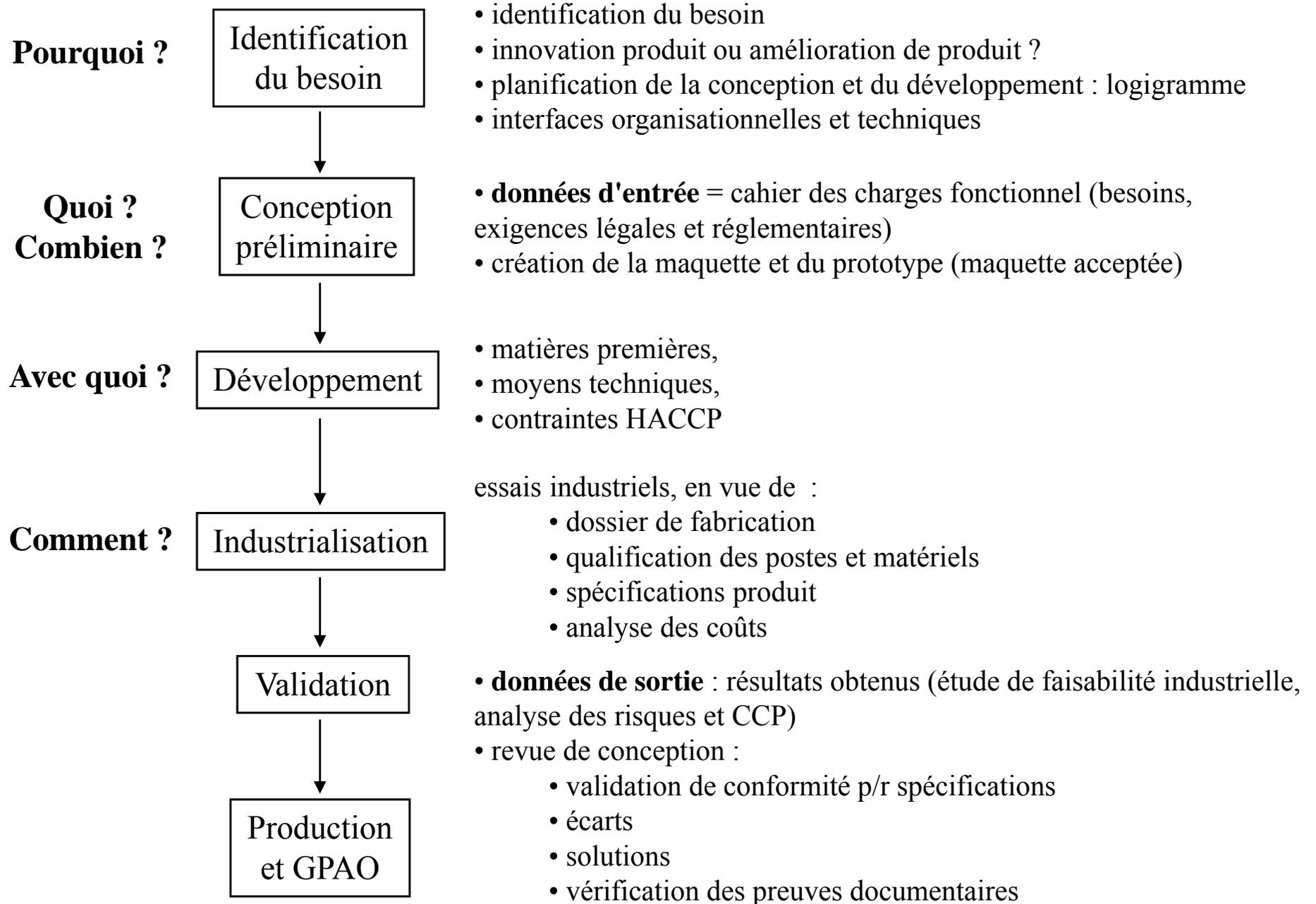
- **Sécurité**

Aptitude d'un système à respecter certaines exigences relatives aux risques d'accident pendant les tâches de production, d'essais, d'exploitation et de maintenance

- **Ergonomie**

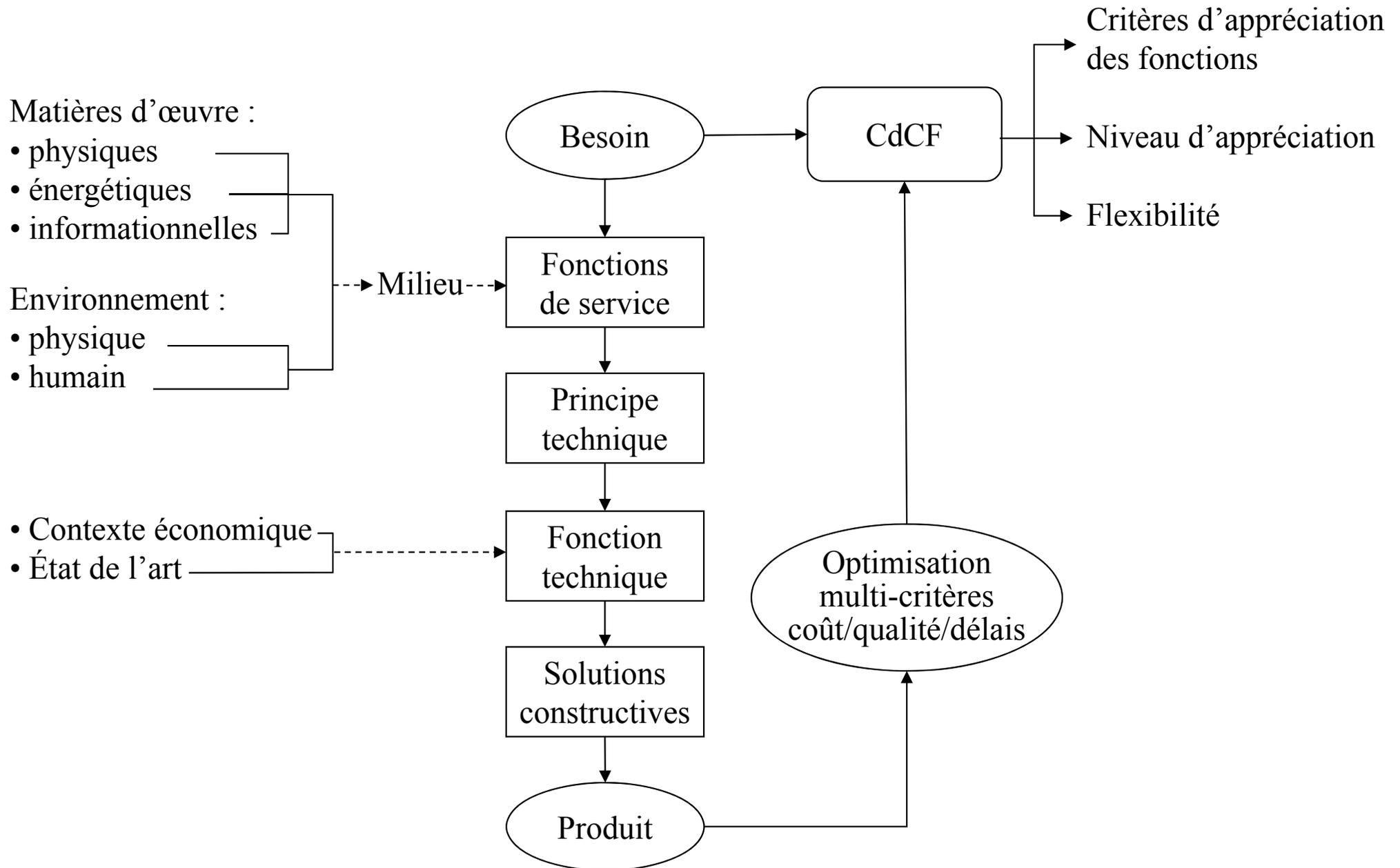
Aptitude d'un système à respecter certaines exigences dues aux limitations de capacité de l'opérateur humain

Les étapes de la conception : finalités et E/S



Démarche fonctionnelle de conception / amélioration de produit

(Technologies et Formation, 2005)



Outils d'analyse et de créativité dans la démarche de conception technique

(d'après Technologies et Formation, 2005)

Outils de description fonctionnelle

- graphe de produit
- diagramme de flux
- diagramme des interacteurs (APTE)
- FAST de description
- schéma bloc
- actigrammes SADT

Outils de description de l'évolution temporelle

- tableaux anachroniques
- chronogrammes
- graphe de Gantt
- diagramme PERT

Méthodes contribuant à la créativité technique

- veille technologique
- brain-storming ou remue-méninges
- méthodes de ressemblance, de concassage
- matrice des découvertes
- QFD (Quality Function Deployment)
- méthodologies associées à la théorie TRIZ

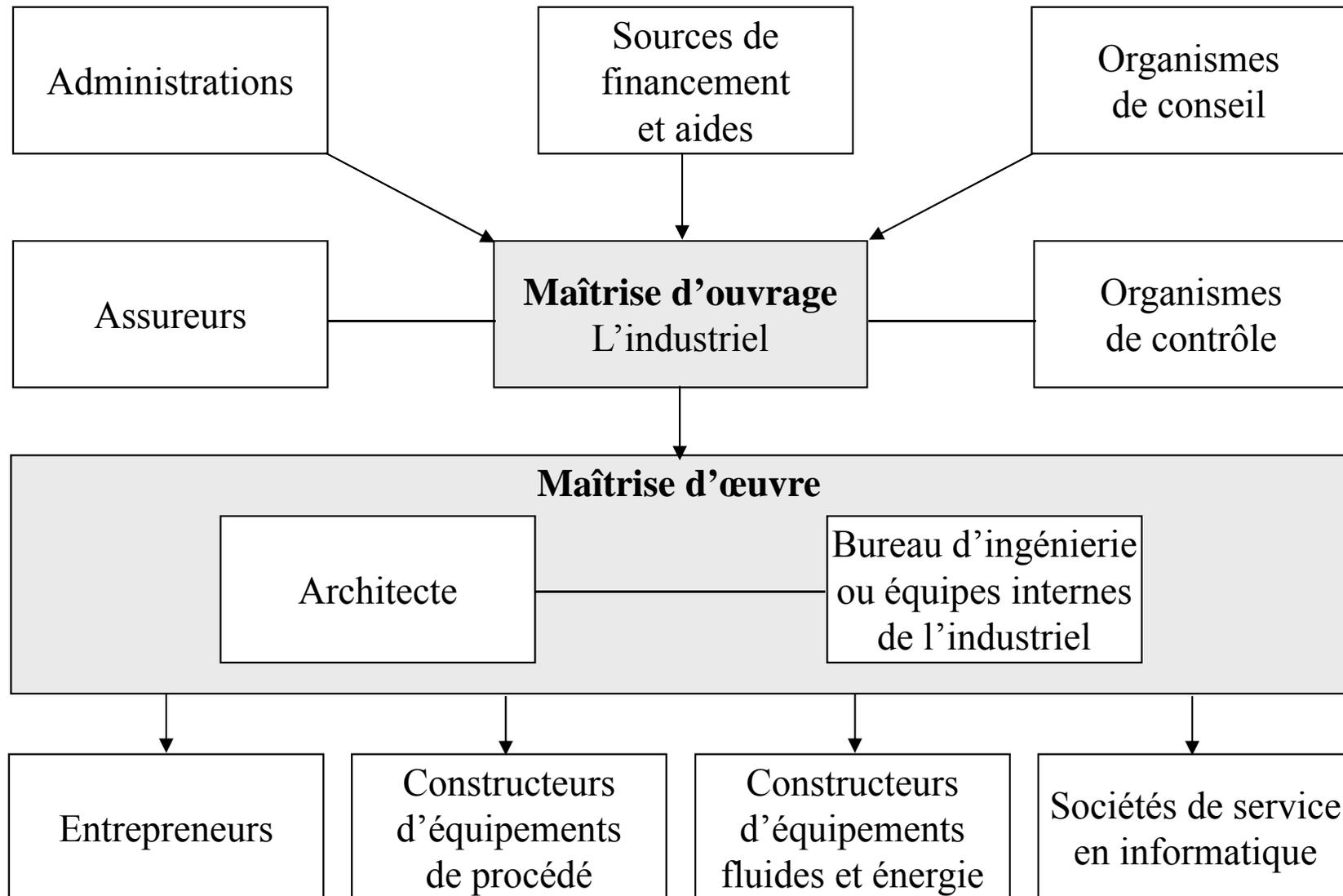
Méthodes et outils d'analyse d'un produit

- diagramme de Pareto
- diagramme causes-effets
- analyse de la valeur
- AMDEC

Projet en phase de réalisation

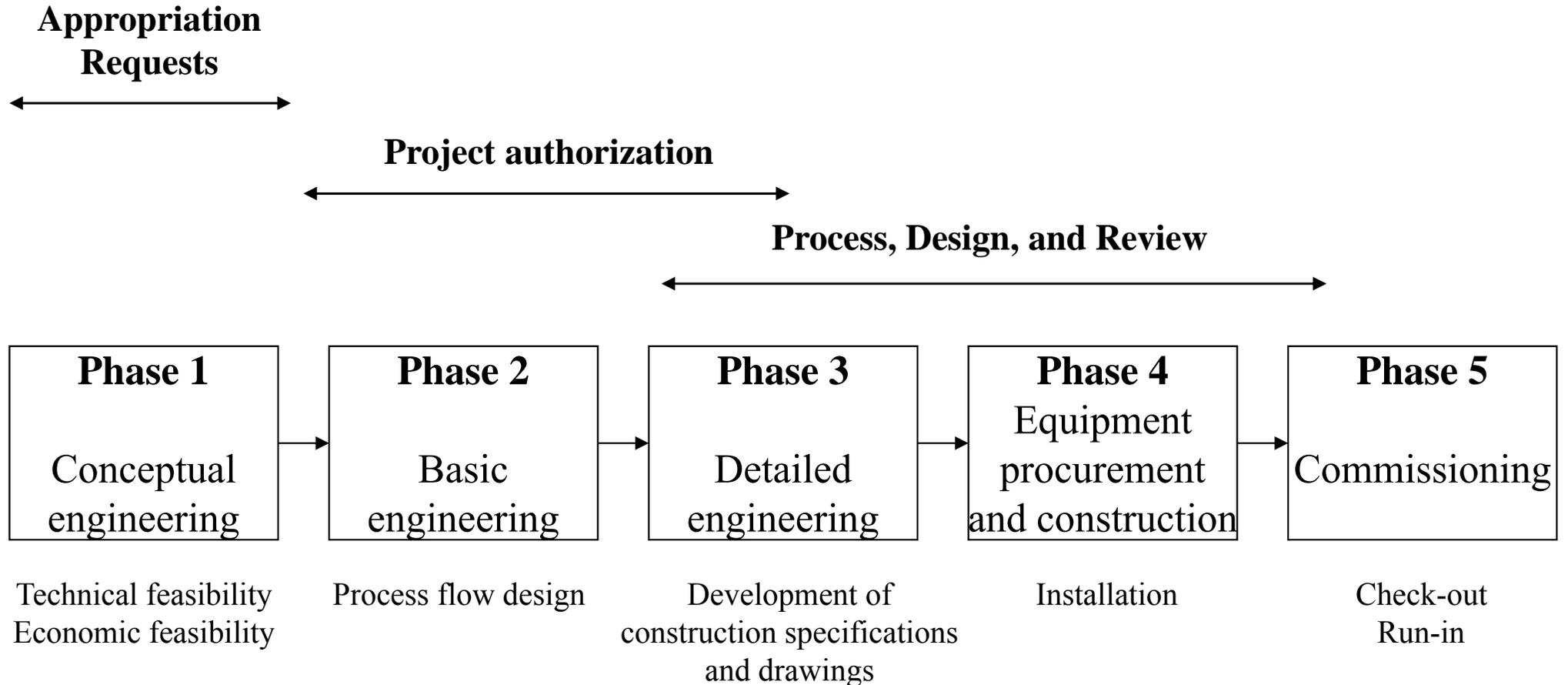
Organisation typique

(d'après Pignault et Sohier, Techniques de l'Ingénieur)



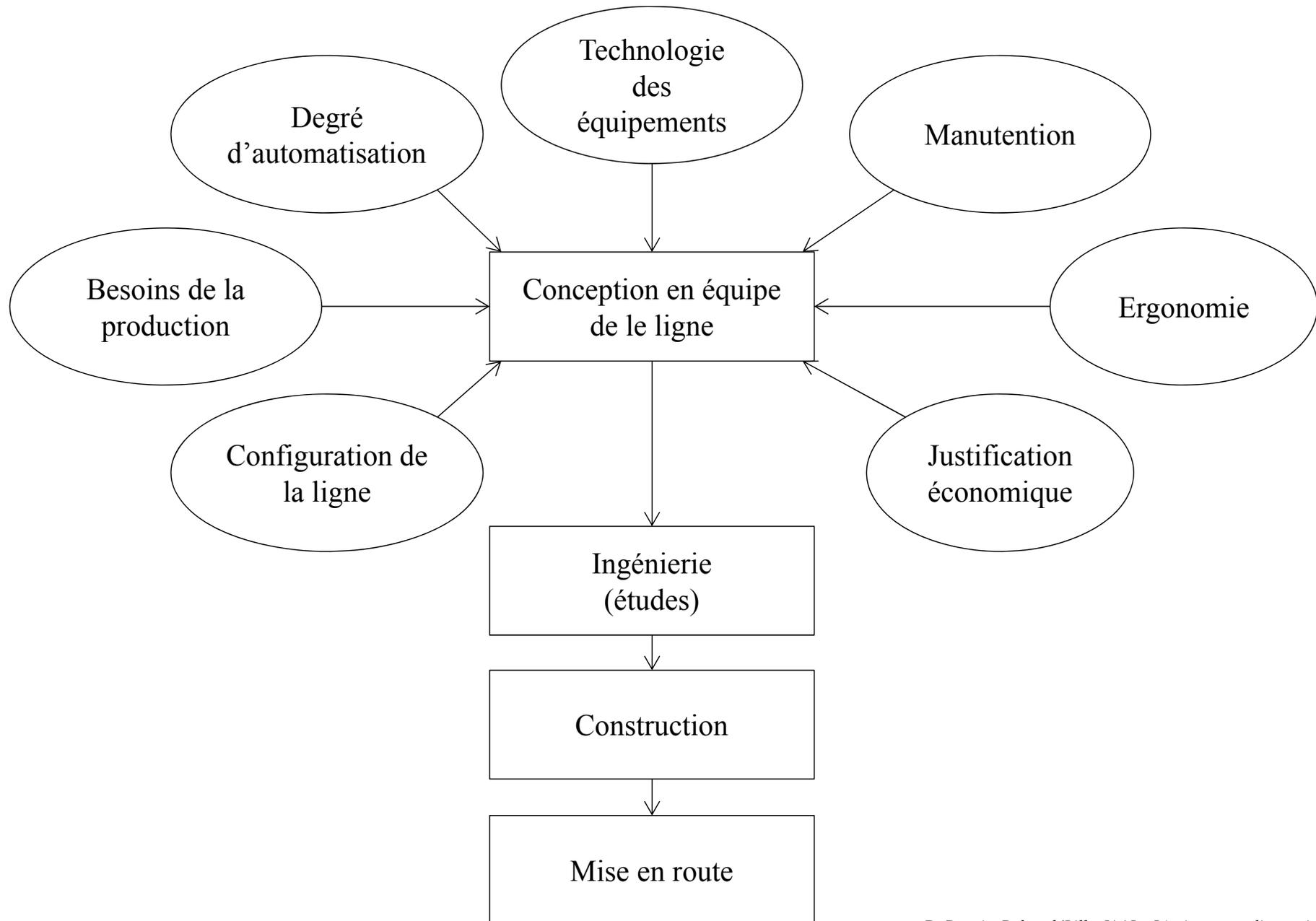
La vision américaine du phasage d'un projet d'investissement

(d'après AIChE, repris par Perry)



Étapes et points de vue à prendre en compte lors de la mise en place de nouvelles lignes ou unités

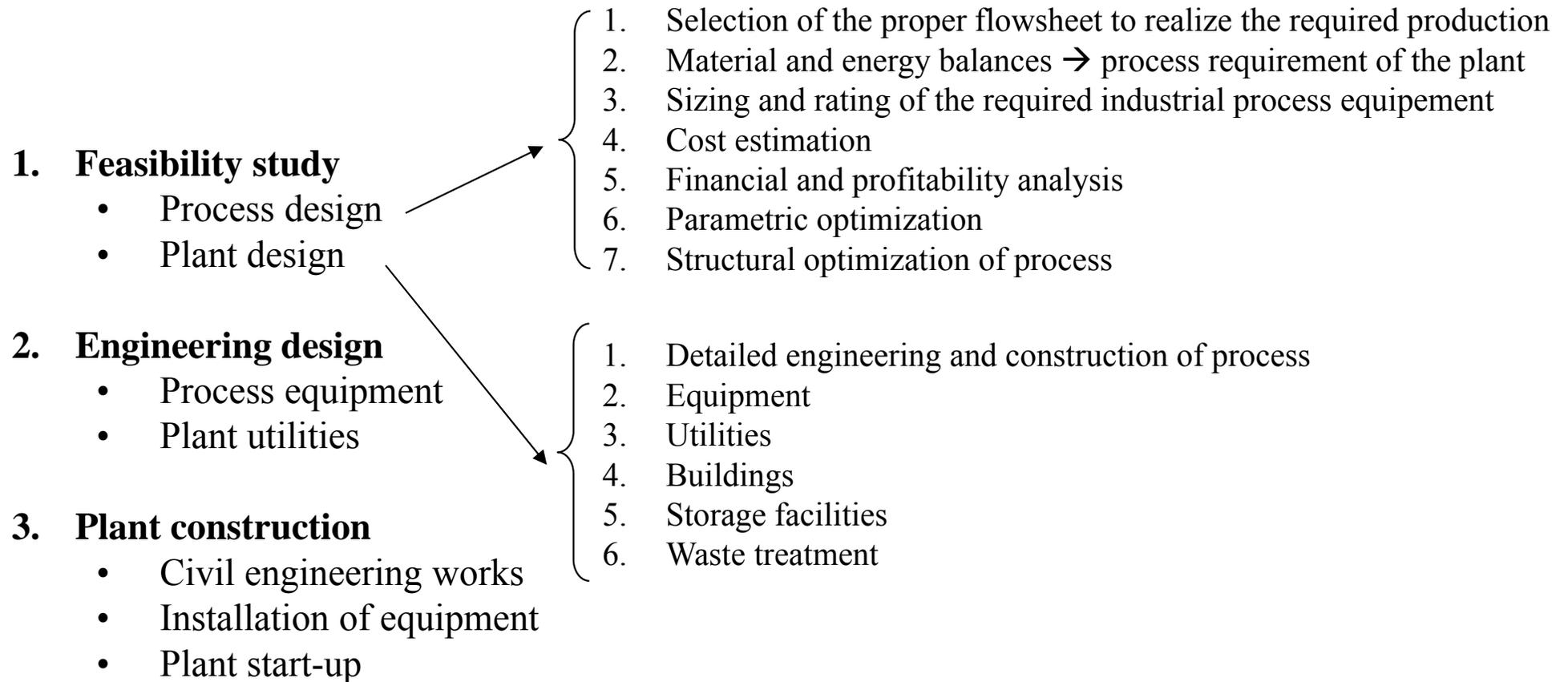
(d'après V. Caudill, 2004)



Process and plant design :

différentes phases de conception / construction d'une unité industrielle

(d'après Maroulis et Saravacos, 2003)



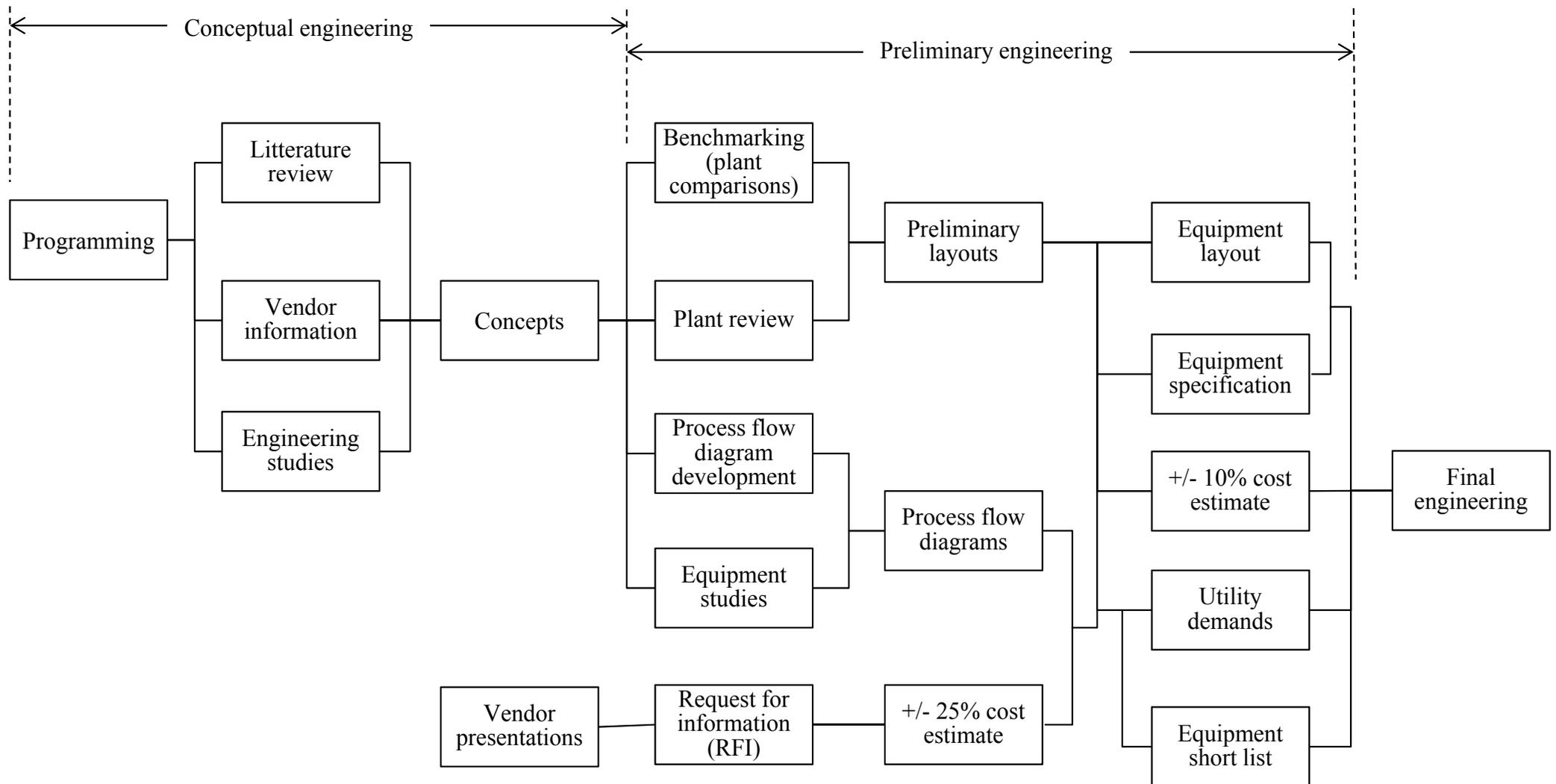
Process and plant design : activités traditionnelles d'ingénierie mobilisées

(d'après Maroulis et Saravacos, 2003)

- **Chemical engineering**
 - physical and engineering properties of materials
 - process flowsheets
 - material and energy balances
 - equipment sizing
 - plant utilities
- **Mechanical engineering**
 - detailed engineering design of process and utility equipment
 - piping and material transport equipment
 - heating / air conditioning of industrial bulidings
- **Electrical engineering**
 - electrical power
 - industrial lighting
 - process control
 - plant automation
- **Industrial engineering**
 - efficient plant operation
 - better utilization of material and labor ressources
 - time-motion studies
 - application of occupatinnal and public health regulations

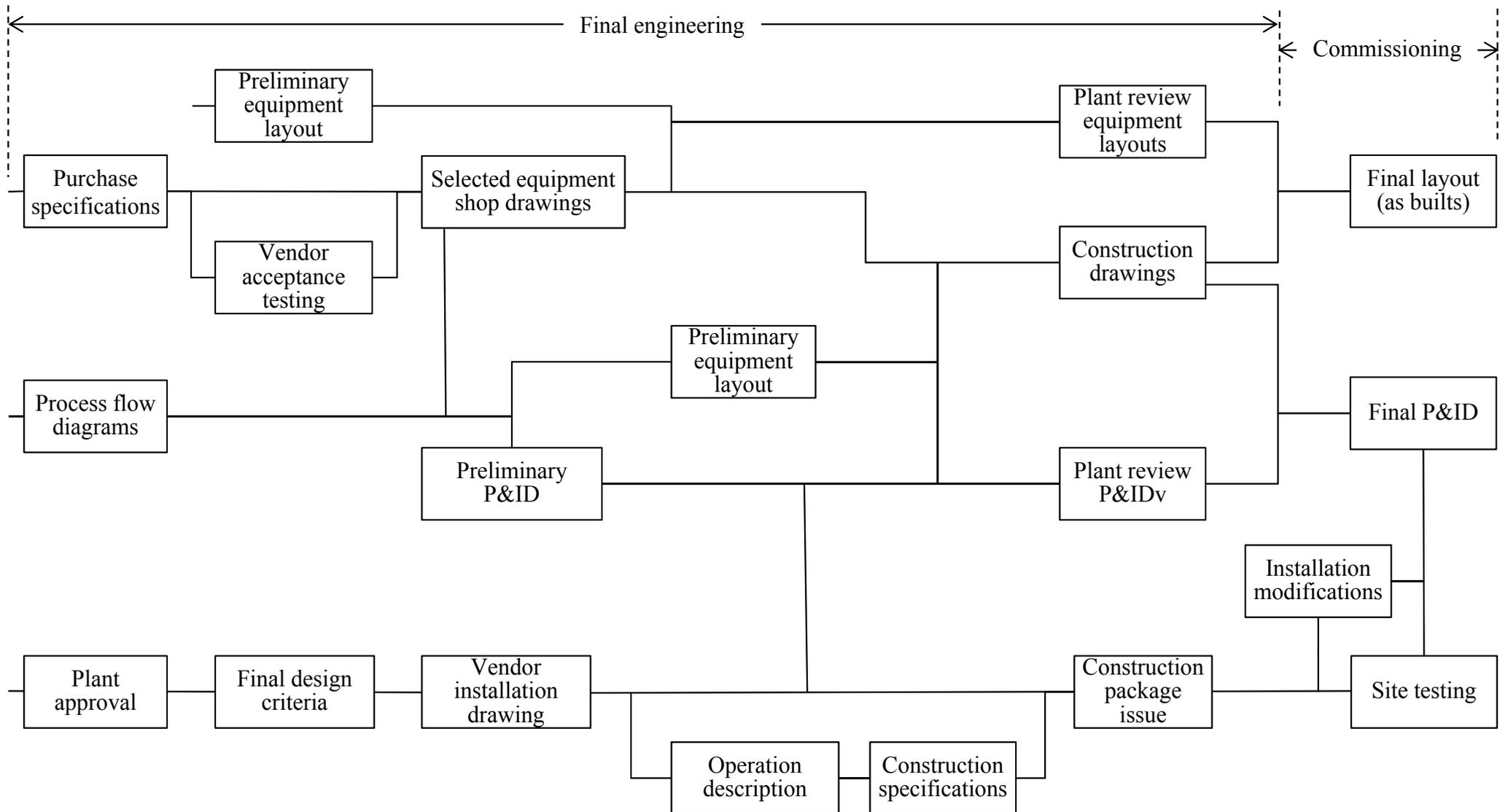
Etapes de la phase d'ingénierie préliminaire d'un projet de conception

(d'après V. Caudill, 2004)



Etapes de la phase d'ingénierie de détail d'un projet de conception

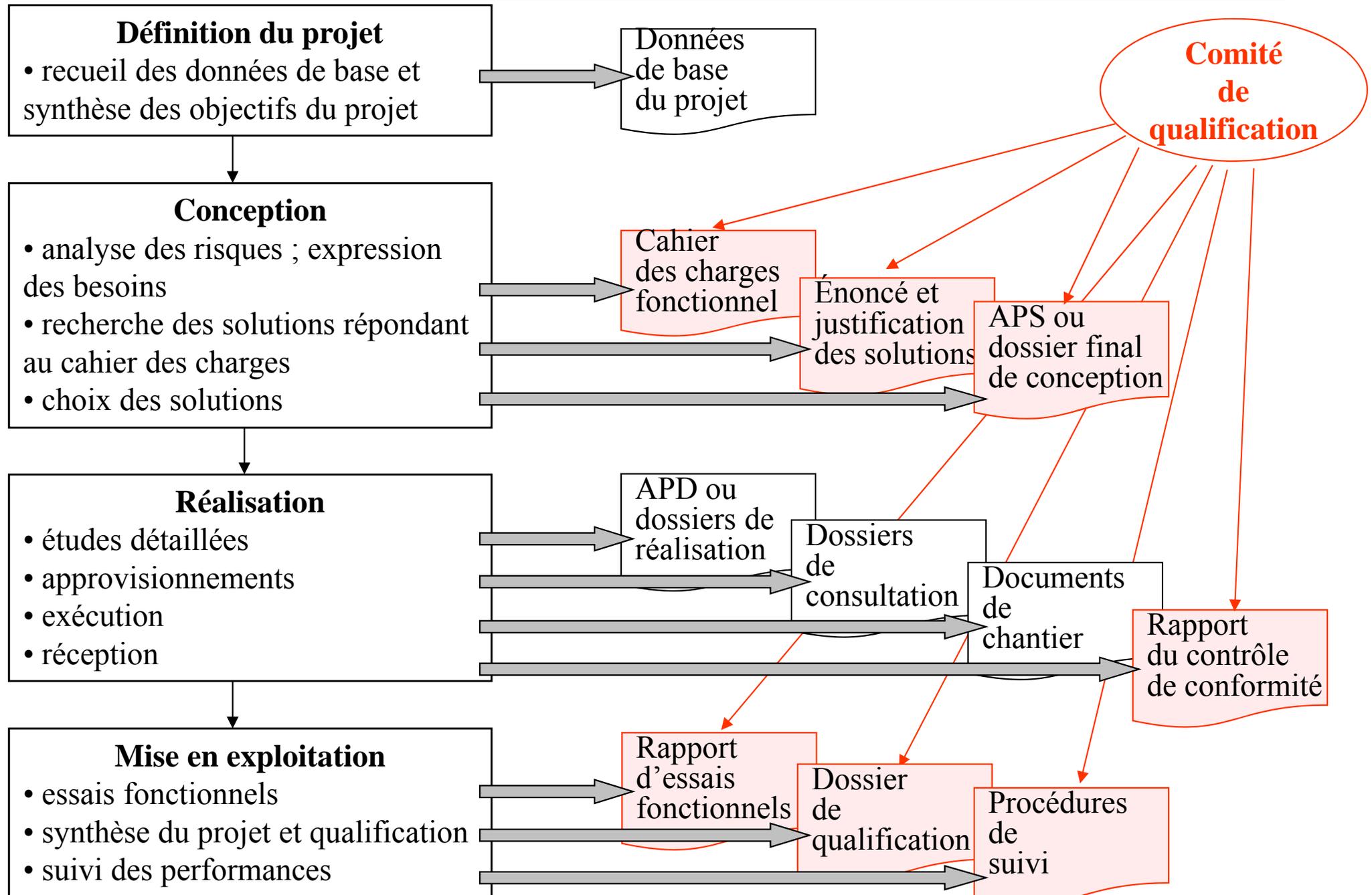
(d'après V. Caudill, 2004)



Projet de création/amélioration d'une unité de production

Phases, étapes clés, documents produits

(d'après Pignault et Sohier, Techniques de l'Ingénieur)



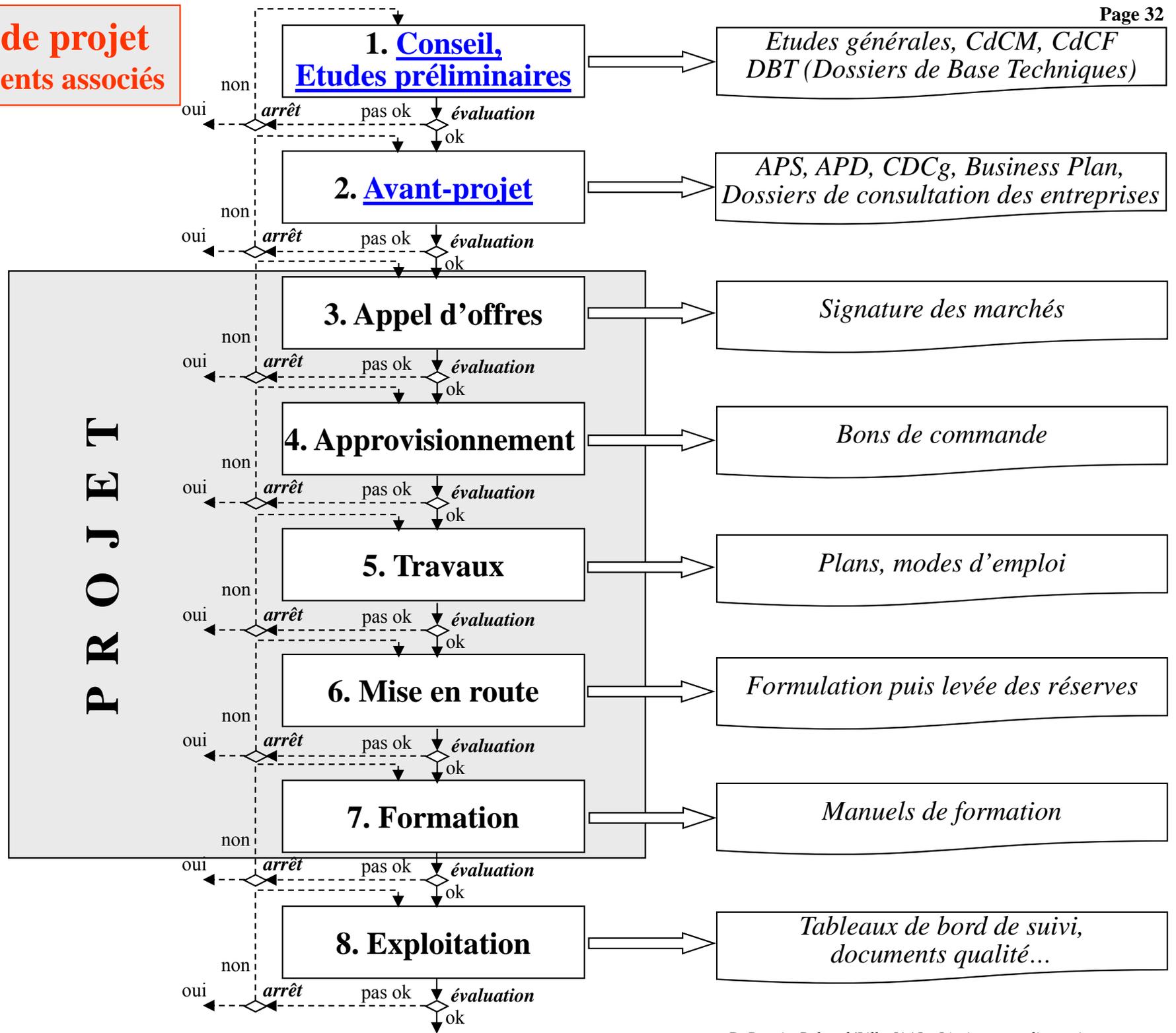
Phases, étapes clés et documents produits lors d'un projet de création ou d'amélioration d'une unité de production

(Richer, Techniques de l'Ingénieur, 2009)

Phases	Étapes	Documents obtenus
Définition du projet	Recueil des données de base et synthèse des objectifs du projet (éléments liés au process et éléments réglementaires)	Données de base du projet
Conception	Analyse des risques Expression des besoins	Cahier des charges fonctionnel
	Recherche de solutions répondant au cahier des charges	Énoncé et justification des solutions
	Choix des solutions	Avant-projet sommaire ou dossier final de conception
Réalisation	Études détaillées	Dossier de réalisation
	Approvisionnements	Dossiers de consultation
	Exécution	Documents de chantier
	Réception	Rapport du contrôle de conformité
Mise en exploitation	Essais fonctionnels	Rapport d'essais fonctionnels
	Synthèse du projet et qualification	Dossier de qualification
	Suivi des performances	Procédures de suivi

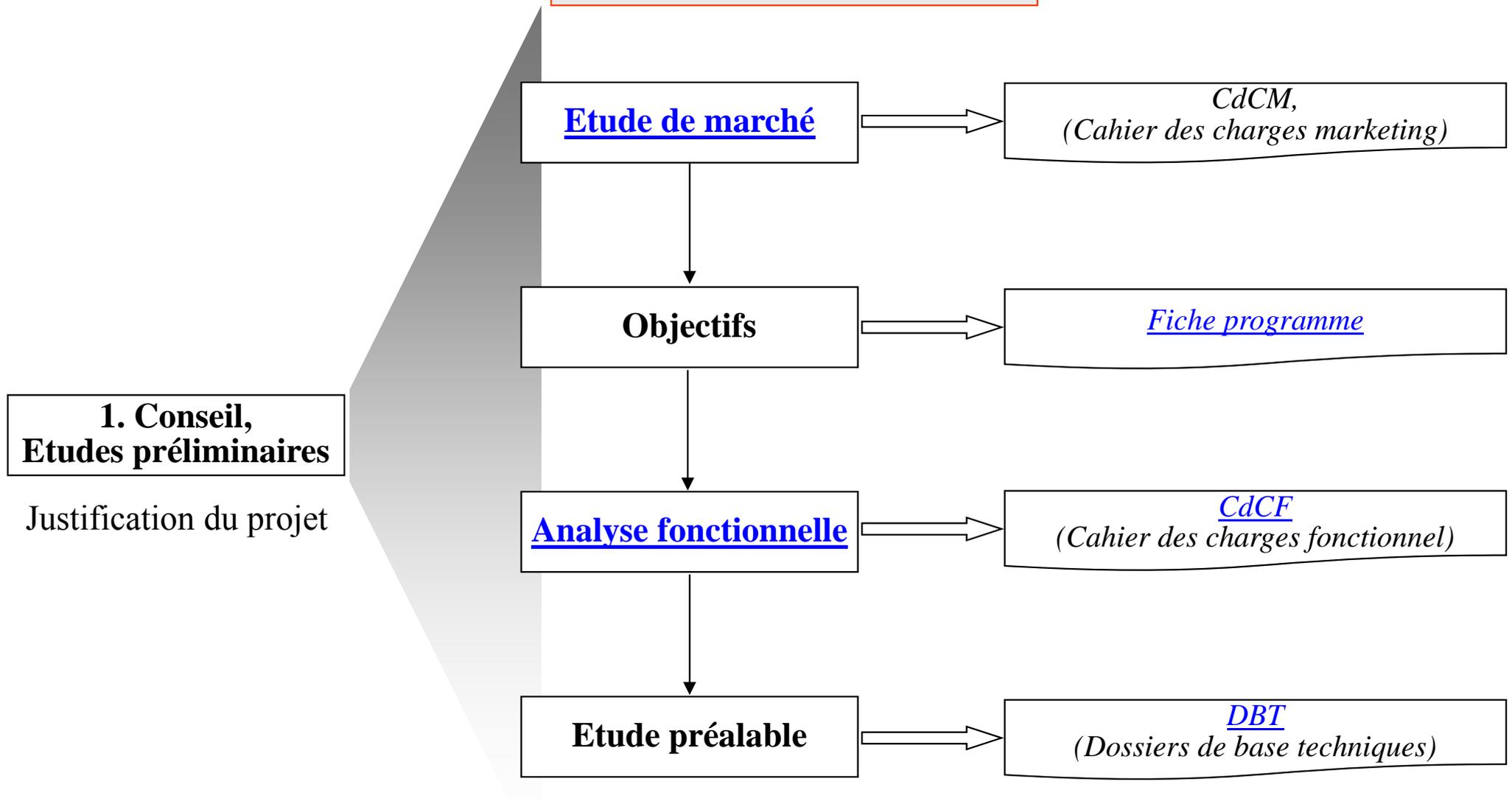
Les documents à faire valider par le comité de qualification apparaissent en grisé.

**Ingénierie de projet
phases, documents associés**



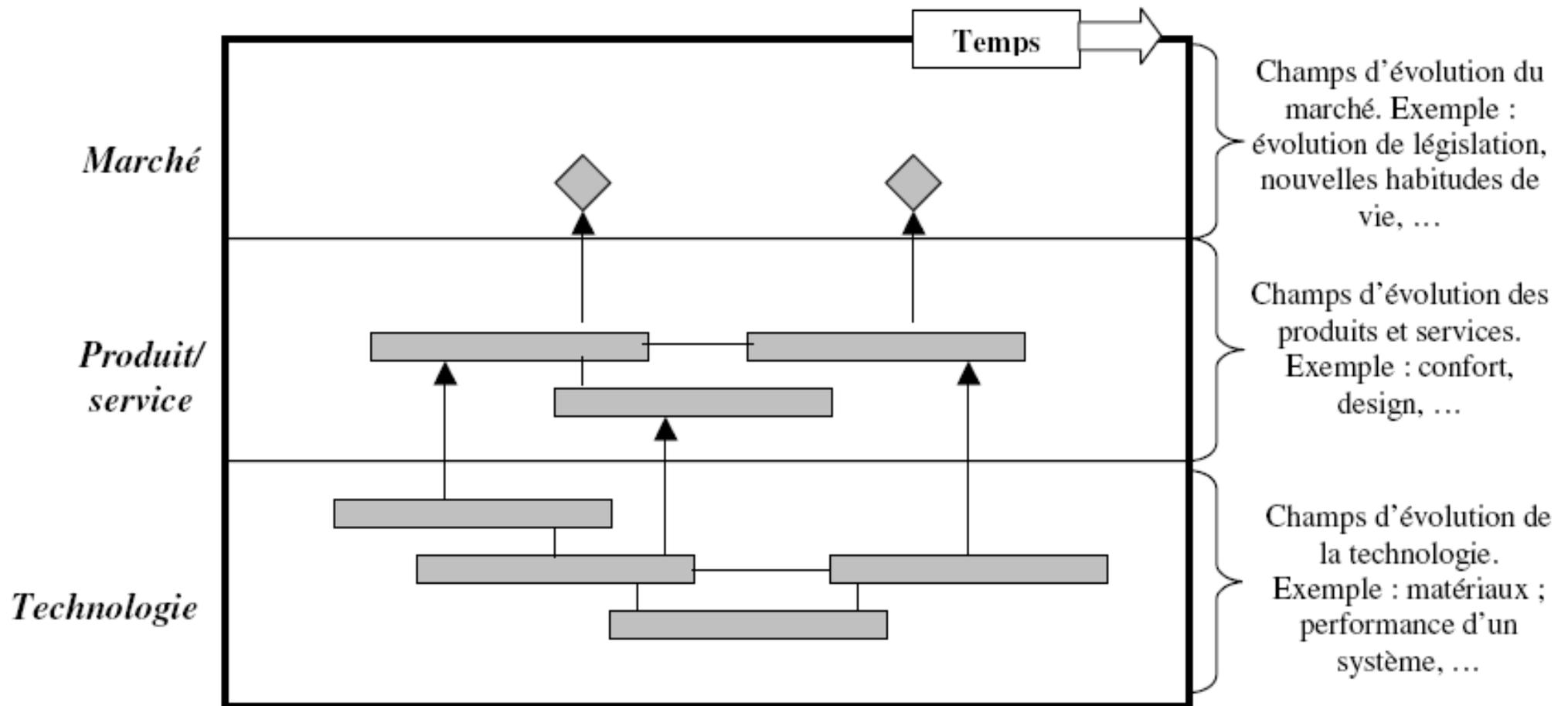
Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires



Etude marketing : le « roadmapping technologique »

méthode d'aide à la planification

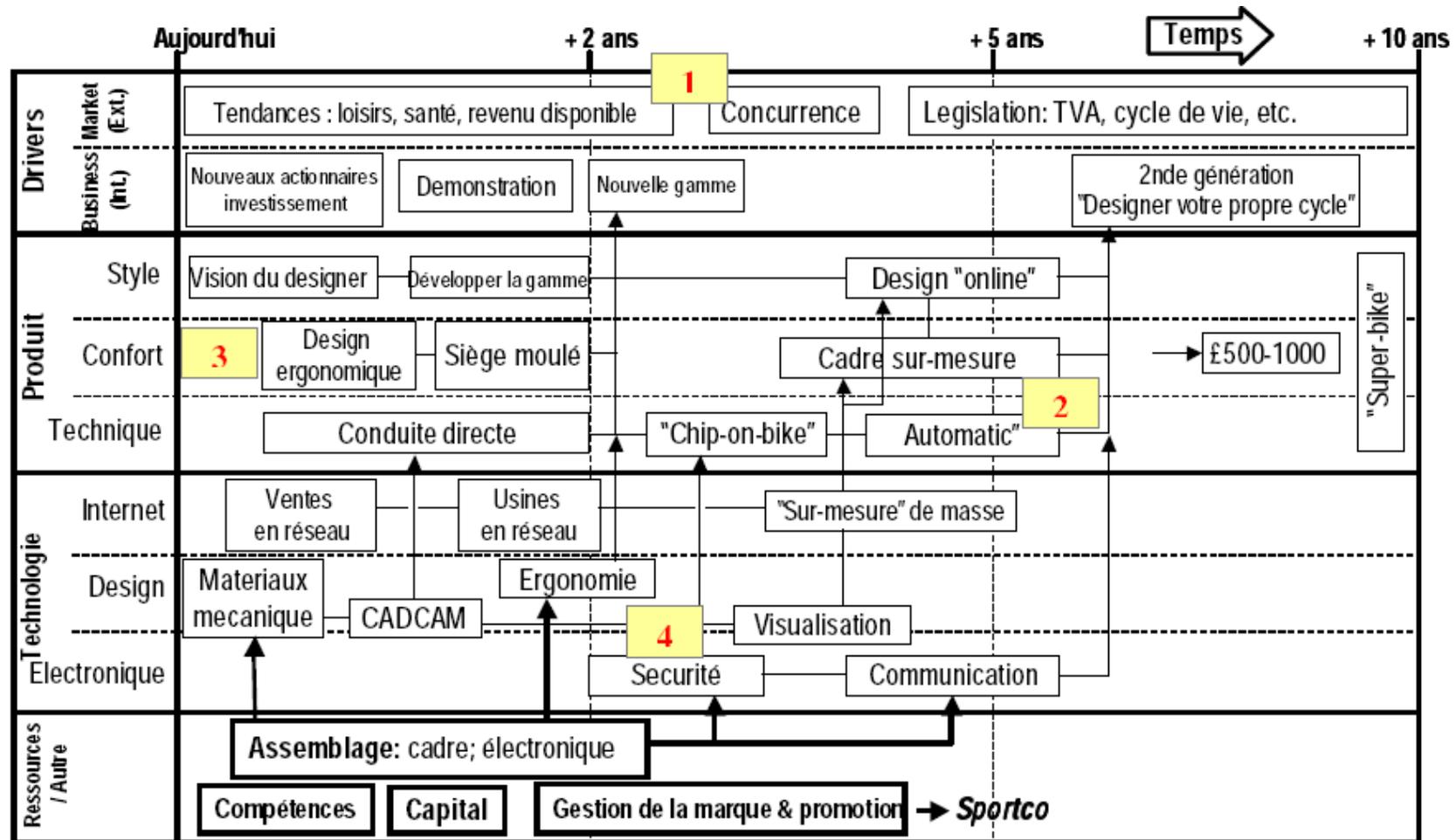


Un exemple de « roadmapping technologique »

Audit d'une entreprise de fabrication de cycles

et étude du développement du marché des cycles sur 10 ans

(University of Cambridge, 2001)



- **Marché** : augmentation loisirs et préoccupations environnementales
→ développement des cycles en milieu urbain (1) + fort impact de l'électronique (2)
- **Technologie et produit** : l'entreprise étudiée répond aux besoins : design (3) et performances (4)

Utilisation prospective du roadmapping

CONSEQUENCES

Ces éléments ont conduit à focaliser les efforts de l'entreprise sur deux produits pour les années à venir :

- le cycle partiellement électrique pour les trajets en ville
- les cycles à haute performance pour des utilisations spécifiques (montagne par exemple).



TIDAL FORCE CRUISER (*Matra, 2007*)

Dimension. Taille des roues : 26 pouces.

Structure. Cadre en aluminium rouge ou noir, fourche à élastomères.

Equipements. Sept vitesses, garde-boue métal, porte-bagages, indicateur de charge, sonnette.

Moteur. Moteur-roue Matra X1 brushless DC 7 phases dans le moyeu arrière.

Batterie. Batterie-roue 36 volts accumulateur NiMh 9 ampères dans le moyeu avant. Se recharge à 80 % en 4 heures, à 100 % en 8 heures grâce à un cordon que l'on relie au secteur (220 volts).

Puissance couple 250 watts, 75 NiMh.

Autonomie : 25 à 35 km/h.

Vitesse. Limitée à 25 km/h.

Prix. 2 590 € TTC.



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Fiche programme

- rappel des fonctions principales issues du CdCM
- objectif de niveau qualitatif: créneau visé
- grandes options stratégiques choisies
- objectifs de certaines performances
- rappel de certains invariants; identification des alternatives et des options
- durée de vie industrielle (programme, planning)
- budget d'étude et de développement
- coût de revient objectif
- politique de coopération et de sous-traitance



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle

Démarche s'appliquant à la création ou à l'amélioration d'un produit

1. Définir et quantifier les besoins

- latent: besoin exprimé
- identifié: analyse de marché
- créé (par le nouveau produit)

2. Définir le système, son environnement et son cycle de vie

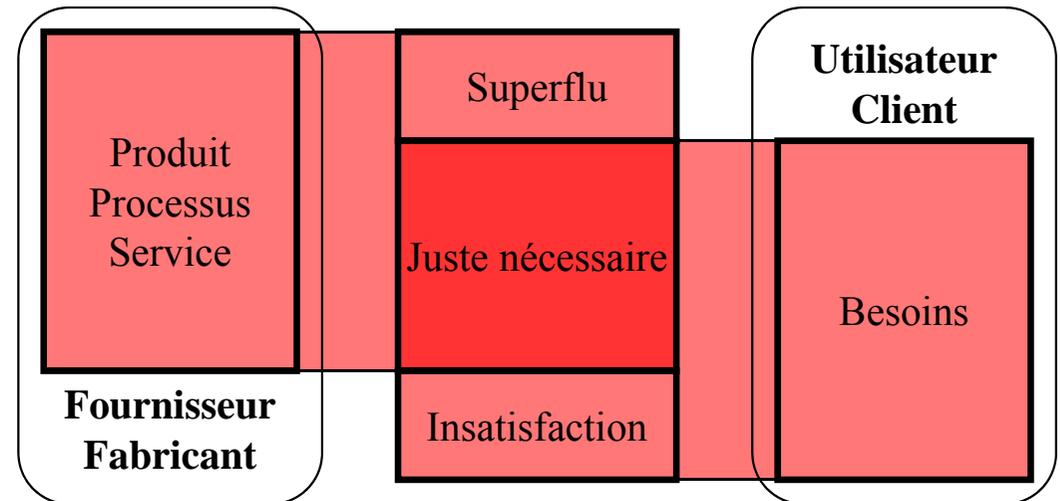
3. Identifier (recenser) les fonctions recherchées

4. Caractériser les fonctions

5. **Ordonner** les fonctions

6. Hierarchiser les fonctions, par ex. avec analyse de la valeur (« valorisation »)

7. Rédiger le CdCF



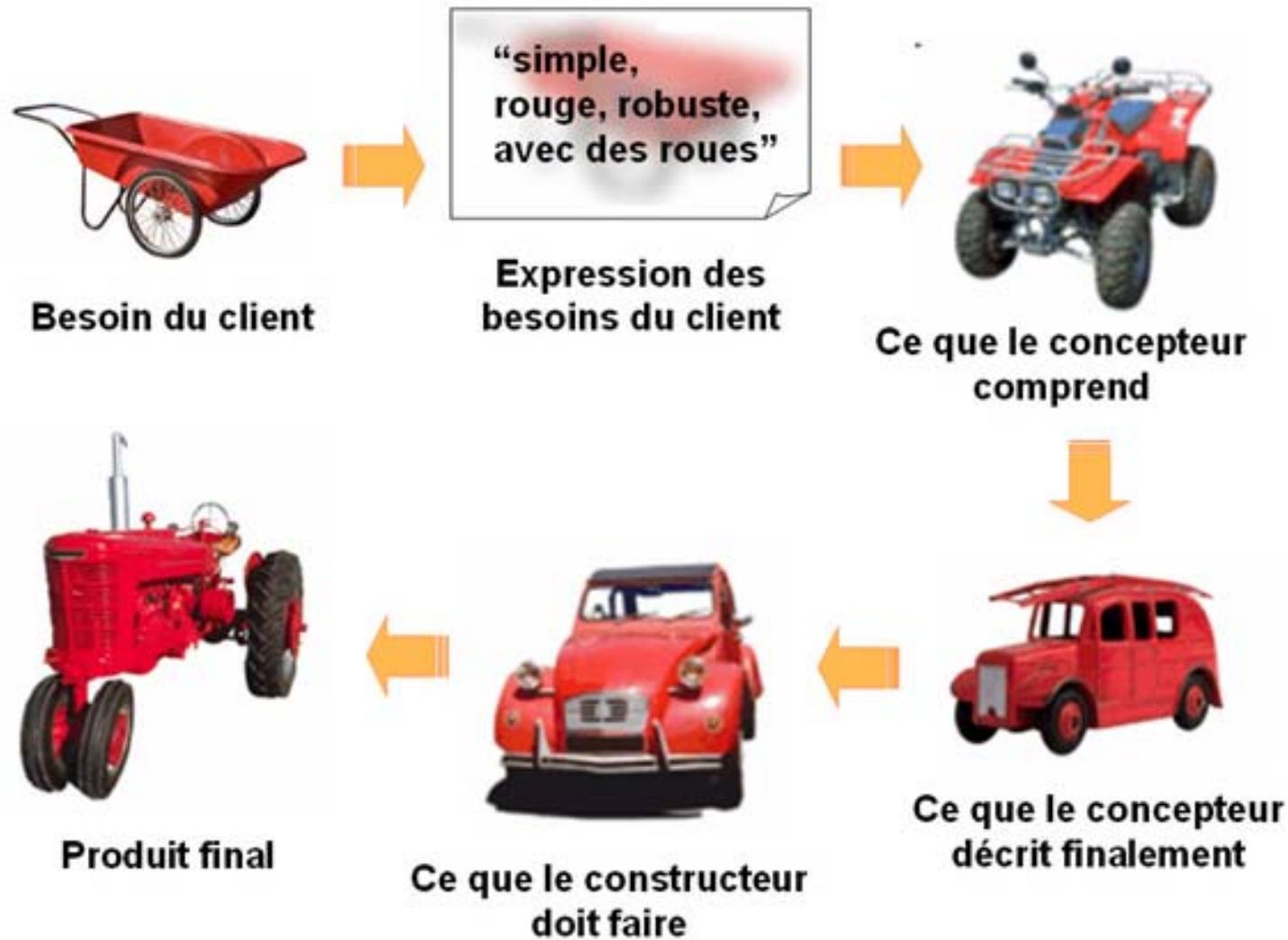
(d'après A. Neau, 2003)

« Répondre au besoin : ni trop, ni trop peu »



Du besoin exprimé au produit final

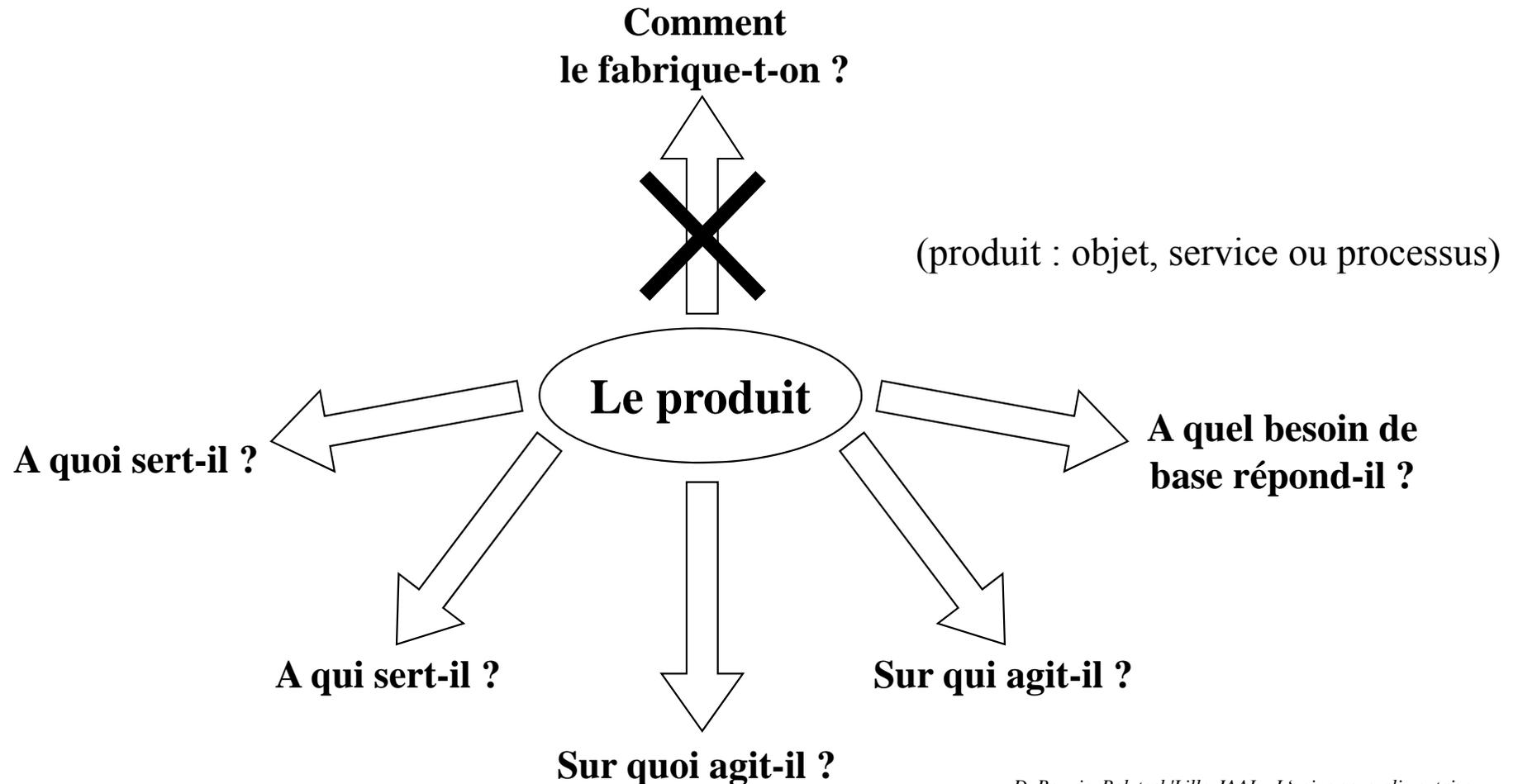
(d'après M. Tollenaere et M. Gardoni, 2005)



Définition et identification du besoin

Besoin : "nécessité ou désir éprouvé par l'utilisateur, et non le volume du marché; un besoin peut être exprimé ou implicite, avoué ou inavoué, latent ou potentiel; dans tous les cas, il constitue le besoin à satisfaire pour lequel un utilisateur est prêt à faire un effort" (*NF X 50-150*) ;

besoin exprimé en termes de finalités et non de moyens/solutions



Approche fonctionnelle et démarche créative

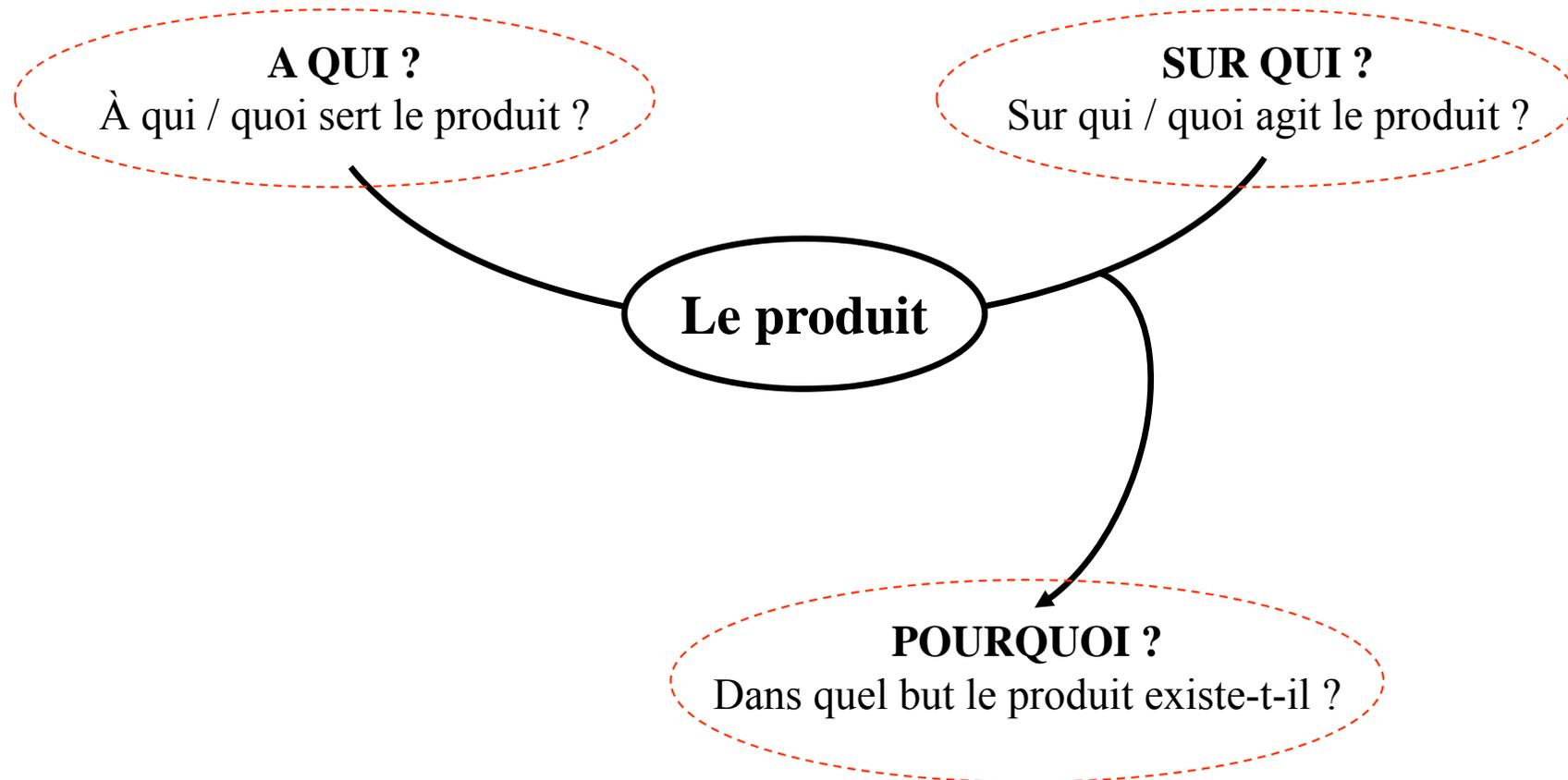
« J'invente d'abord l'idée, sans savoir si c'est possible et réalisable parce que si sous commencez seulement à réfléchir avec la faisabilité, vous n'inventez rien. Vous posez à vous-même des interdits techniques, pécuniaires ; avec un peu de temps, très souvent on trouve des solutions »

Claude Dumas, 214 inventions, 96 médailles au Concours Lépine

Formulation et validation du besoin :

formalisation à l'aide de la « bête à cornes »

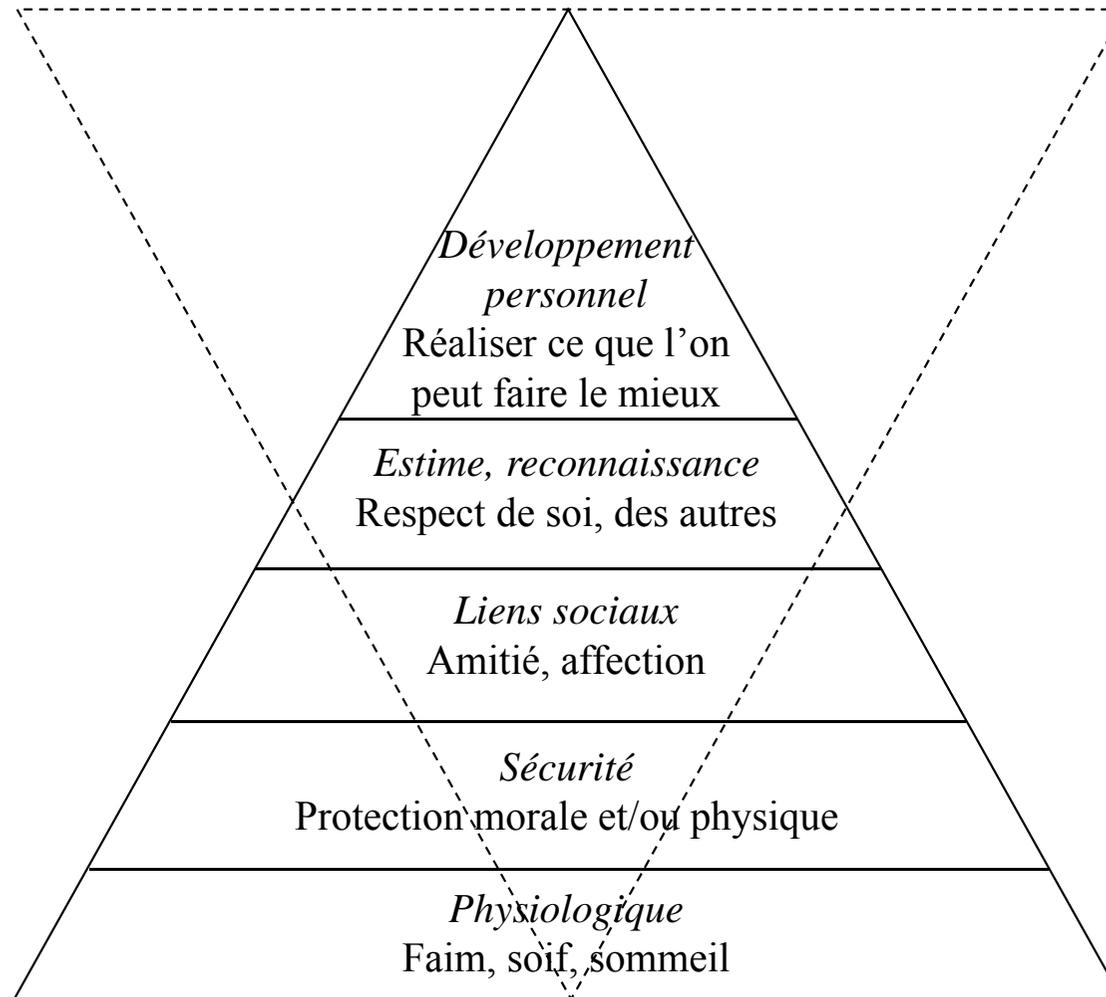
1. Formulation du besoin



2. *Validation du besoin* Pour quelle raison / dans quel but le besoin existe-t-il ?
Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer (stabilité) / disparaître (pérennité) ?

Quantification du besoin

La pyramide de Maslow

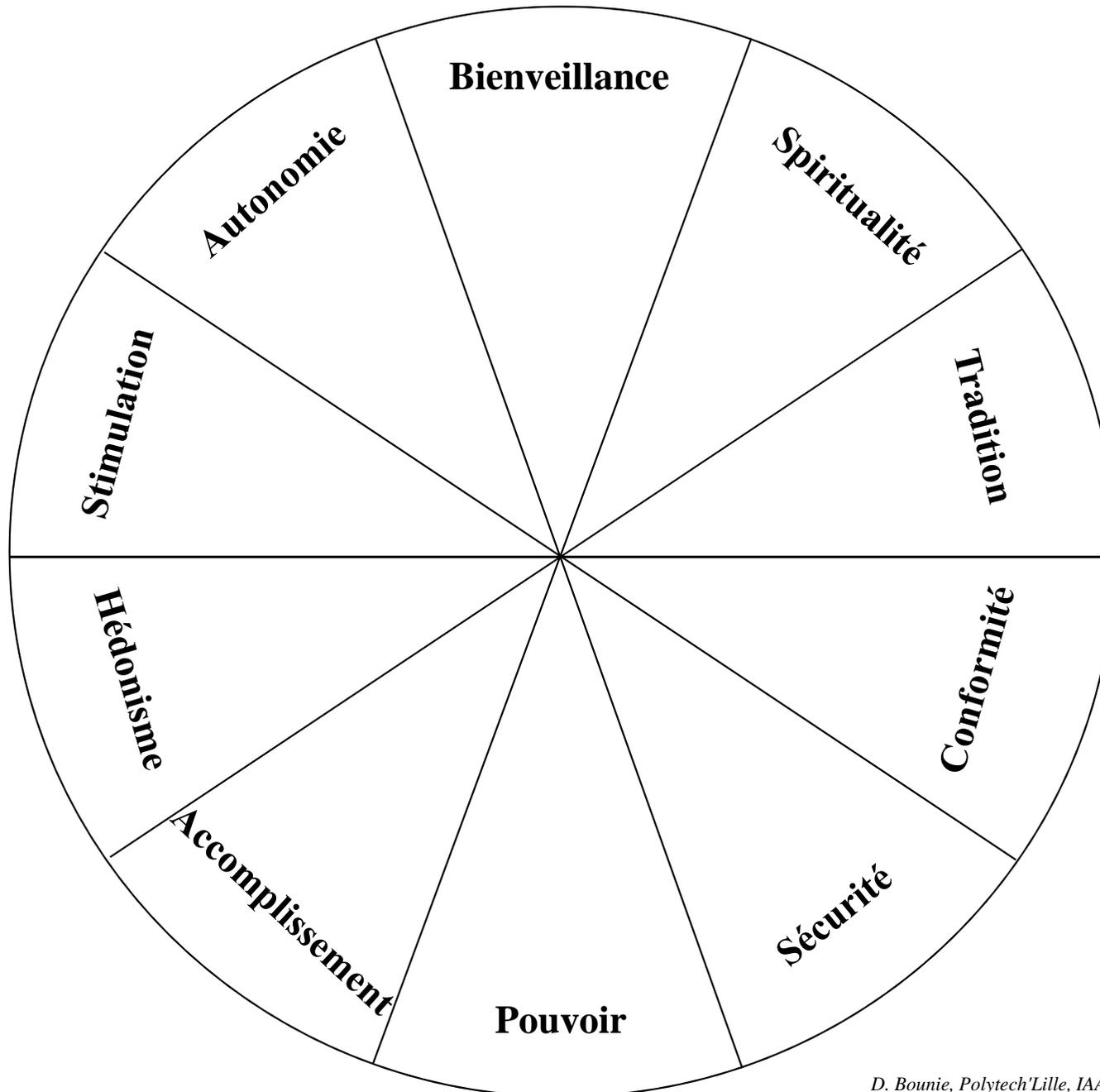


Remarque : la hiérarchie des besoins ne peut-elle pas être inversée ?

« Ceux qui pensent que les bijoux n'ont pas de valeur utilitaire et que la nourriture a une valeur infinie doivent tirer leurs idées non de la vie des hommes mais de celle du bétail »
(W. Smart)

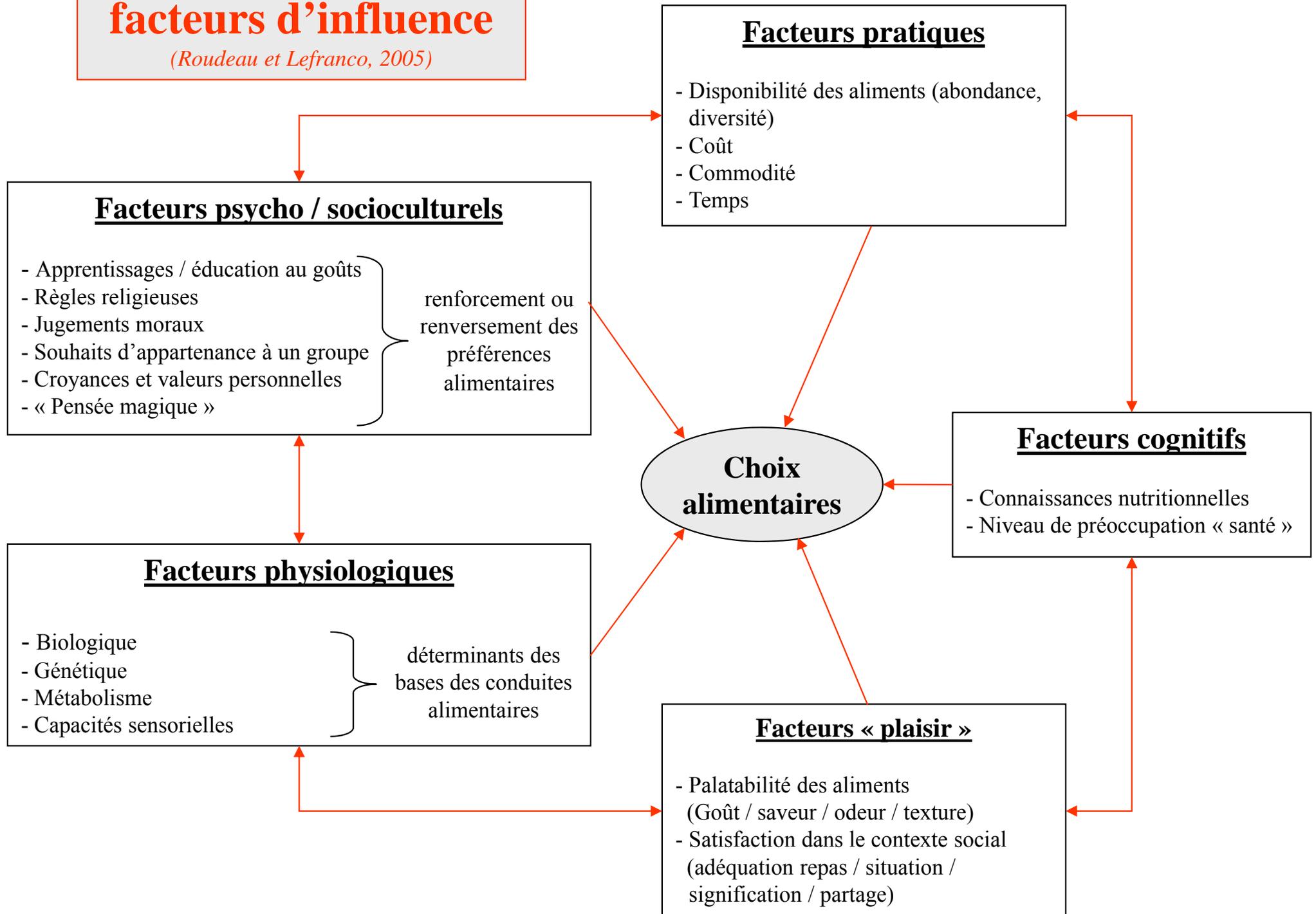
Quantification du besoin

L'inventaire des valeurs/motivations du consommateur, selon Schwartz (1992)



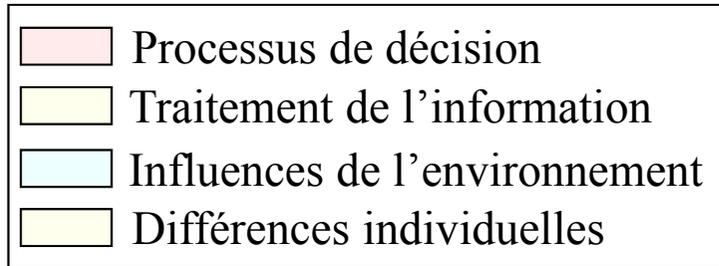
Choix alimentaires : facteurs d'influence

(Roudeau et Lefranco, 2005)

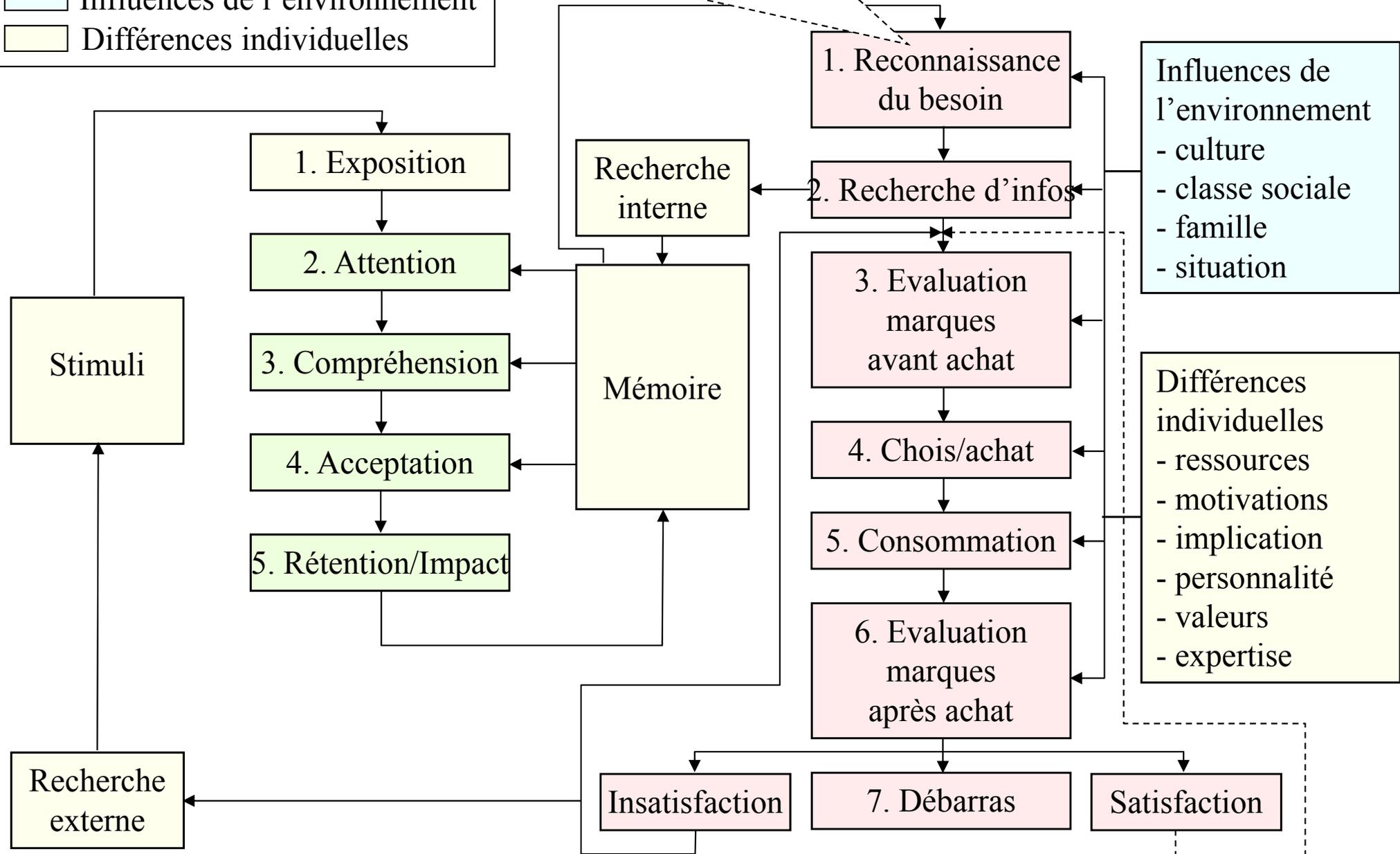


Décisions d'achat du consommateur

(Modèle d'Engel, Blackwell et Miniard, 1995)



Question : un achat d'impulsion répond-il à un besoin ?

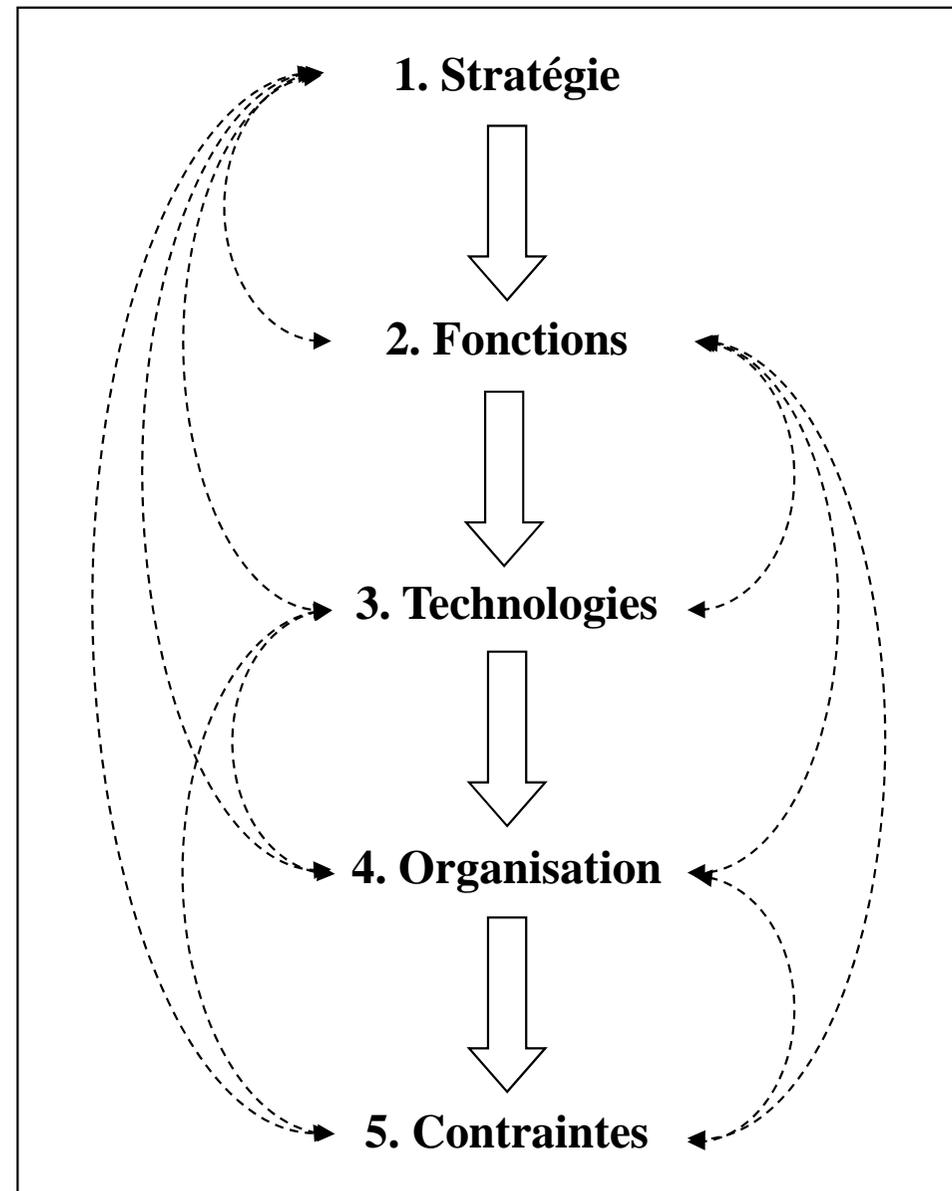


Expression des besoins

Les cinq niveaux successifs de cadrage et leurs interactions

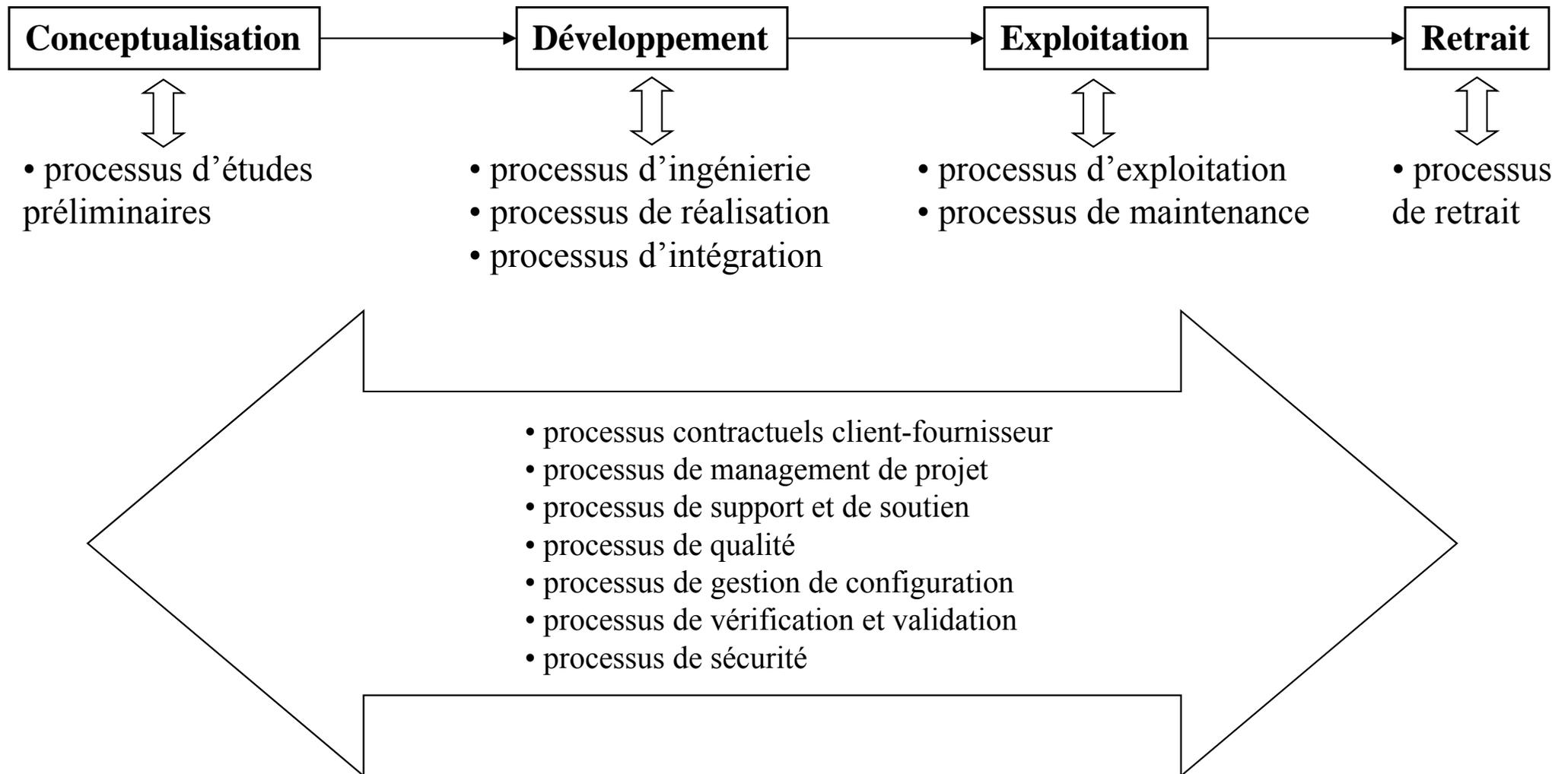
(d'après J.P. Vickoff)

Expression globale
des besoins



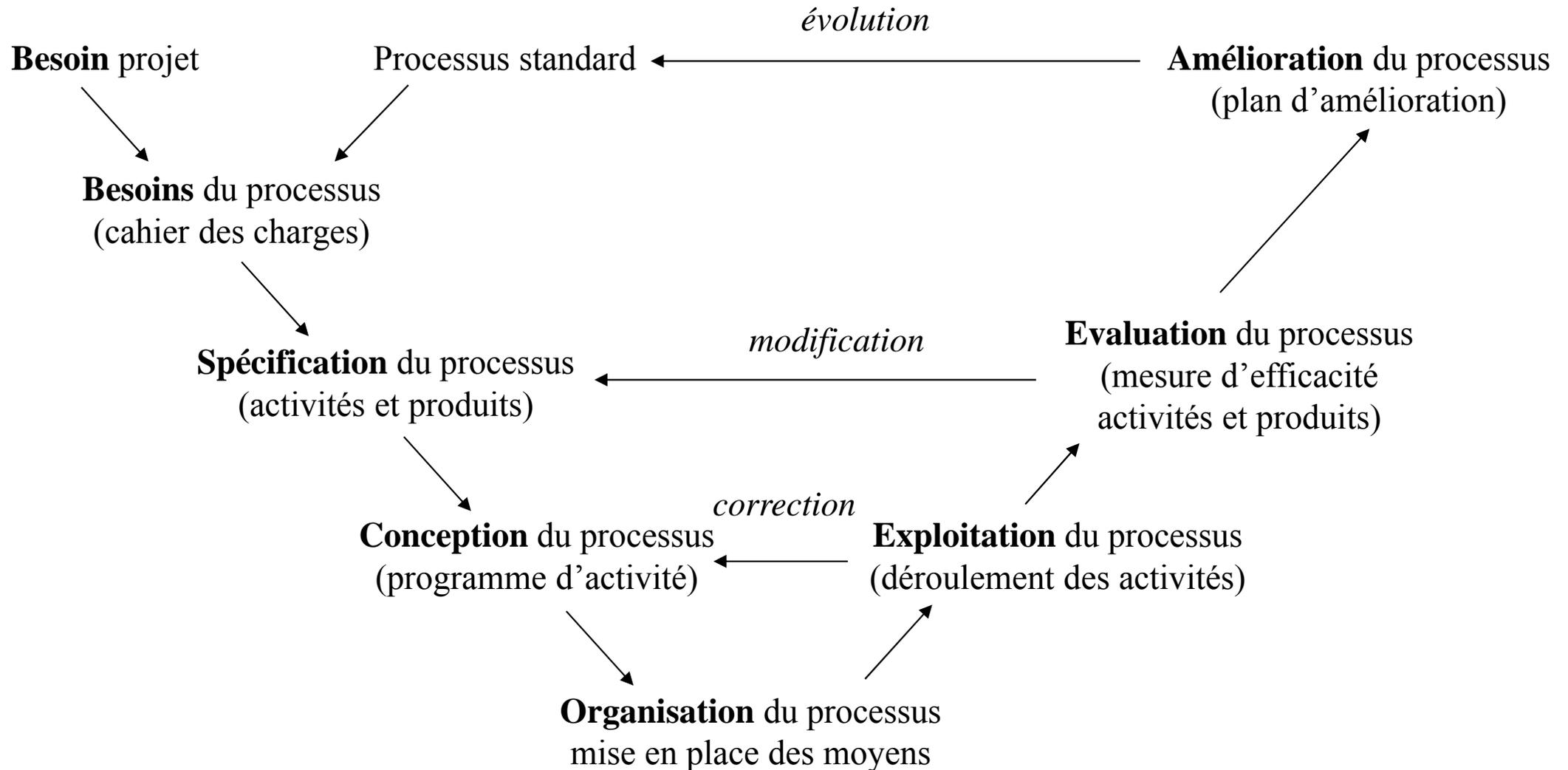
Cycle de vie d'un système et processus associés

(d'après Meinadier, 1998)



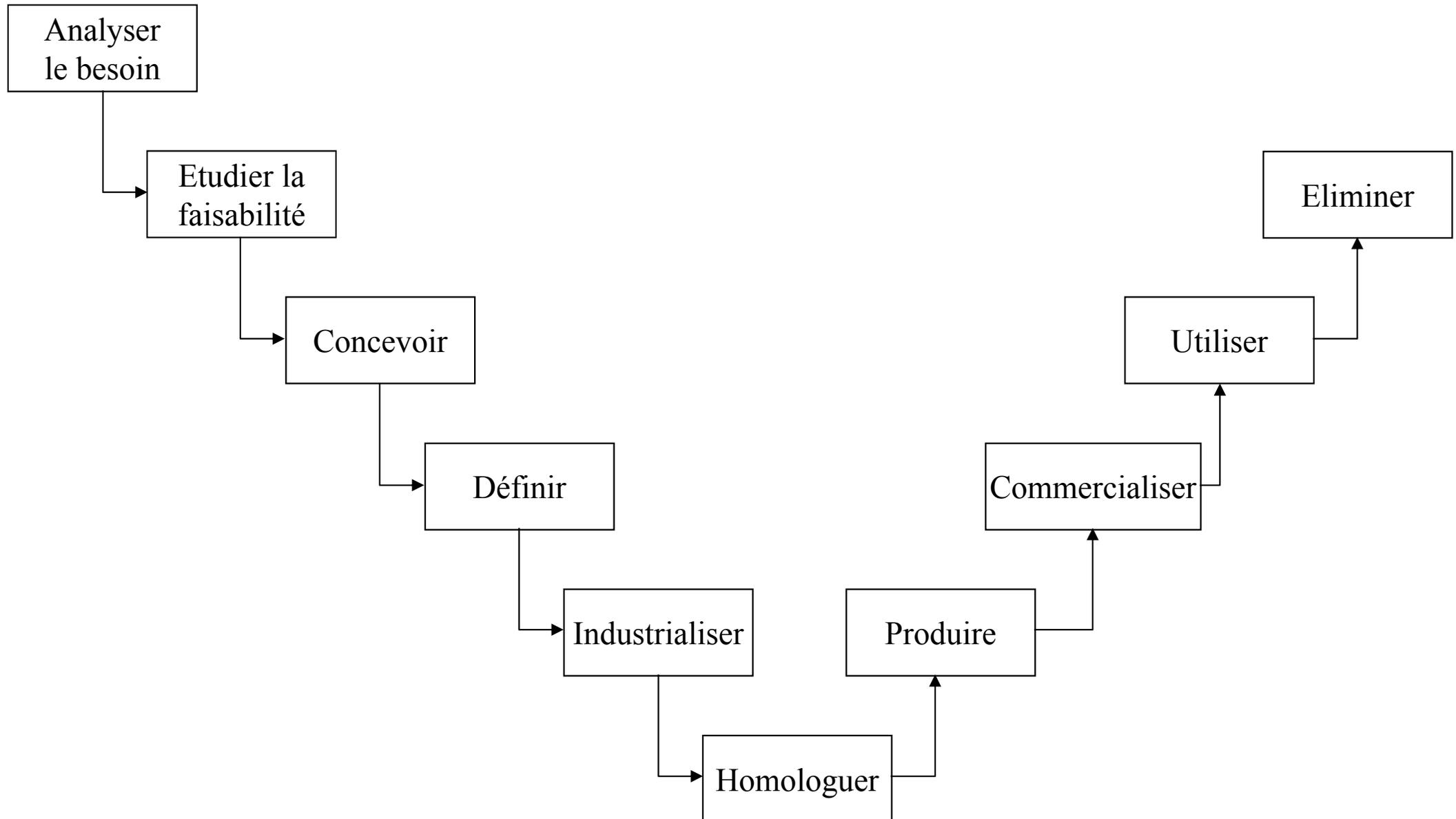
Cycle de vie d'un processus : cycle en V

(d'après Meinadier, 1998)



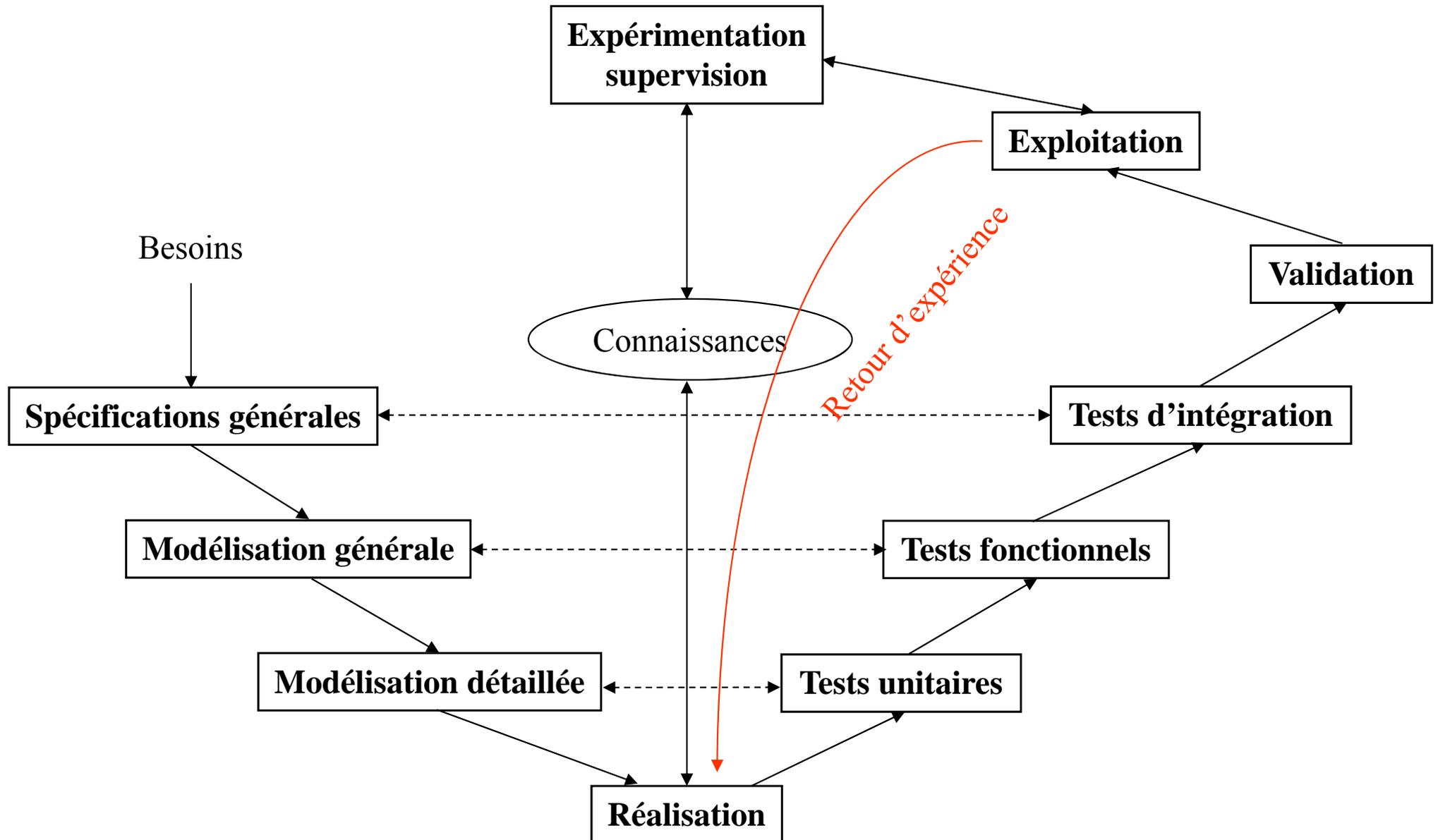
Cycle de vie d'un produit

le cycle en V



Cycle de vie d'un produit du cycle en V au cycle en spirale

(d'après J-M Chartres)

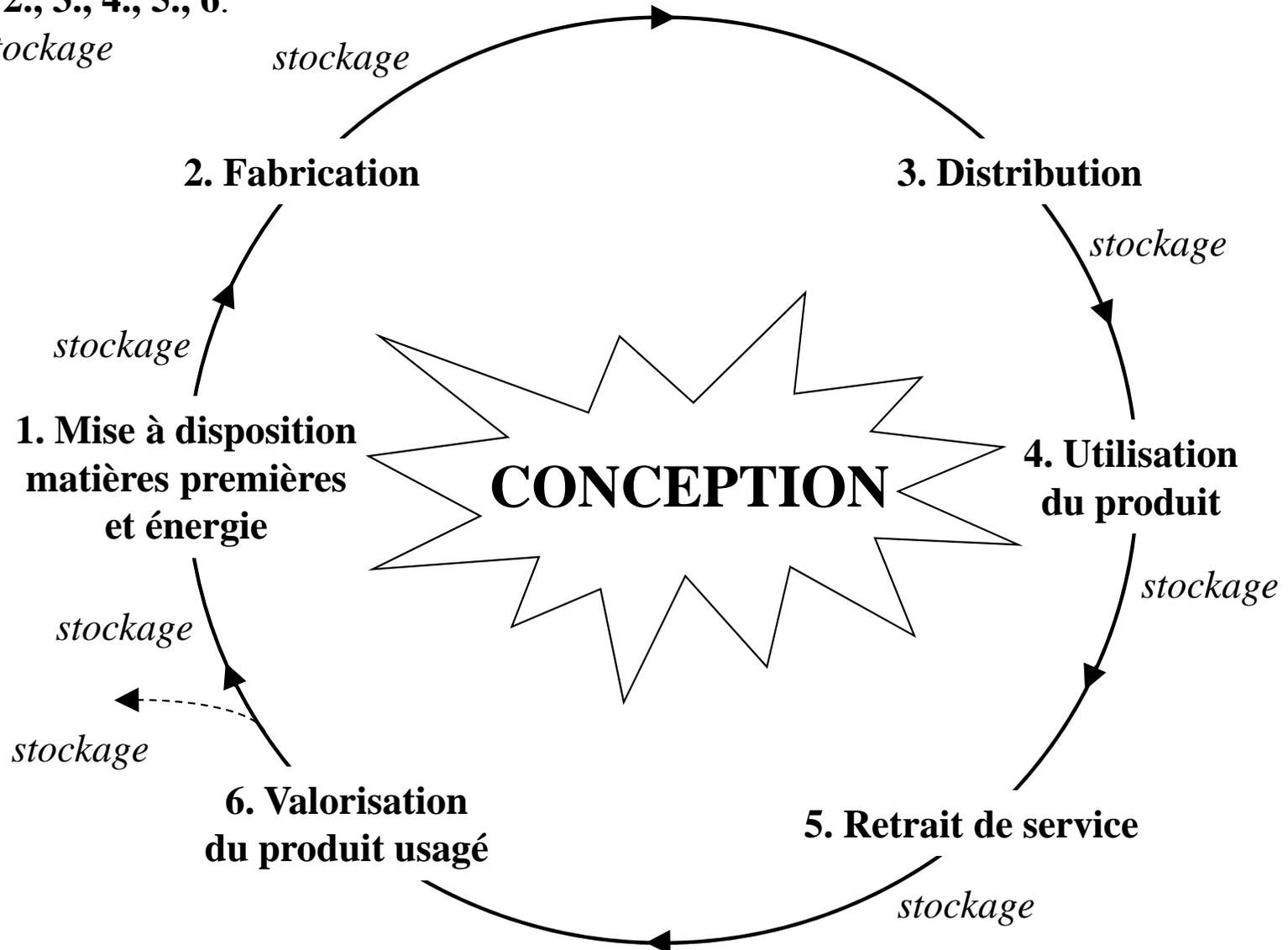


Les étapes du cycle de vie d'un produit : approche « environnementale »

(adapté de l'ADEME)

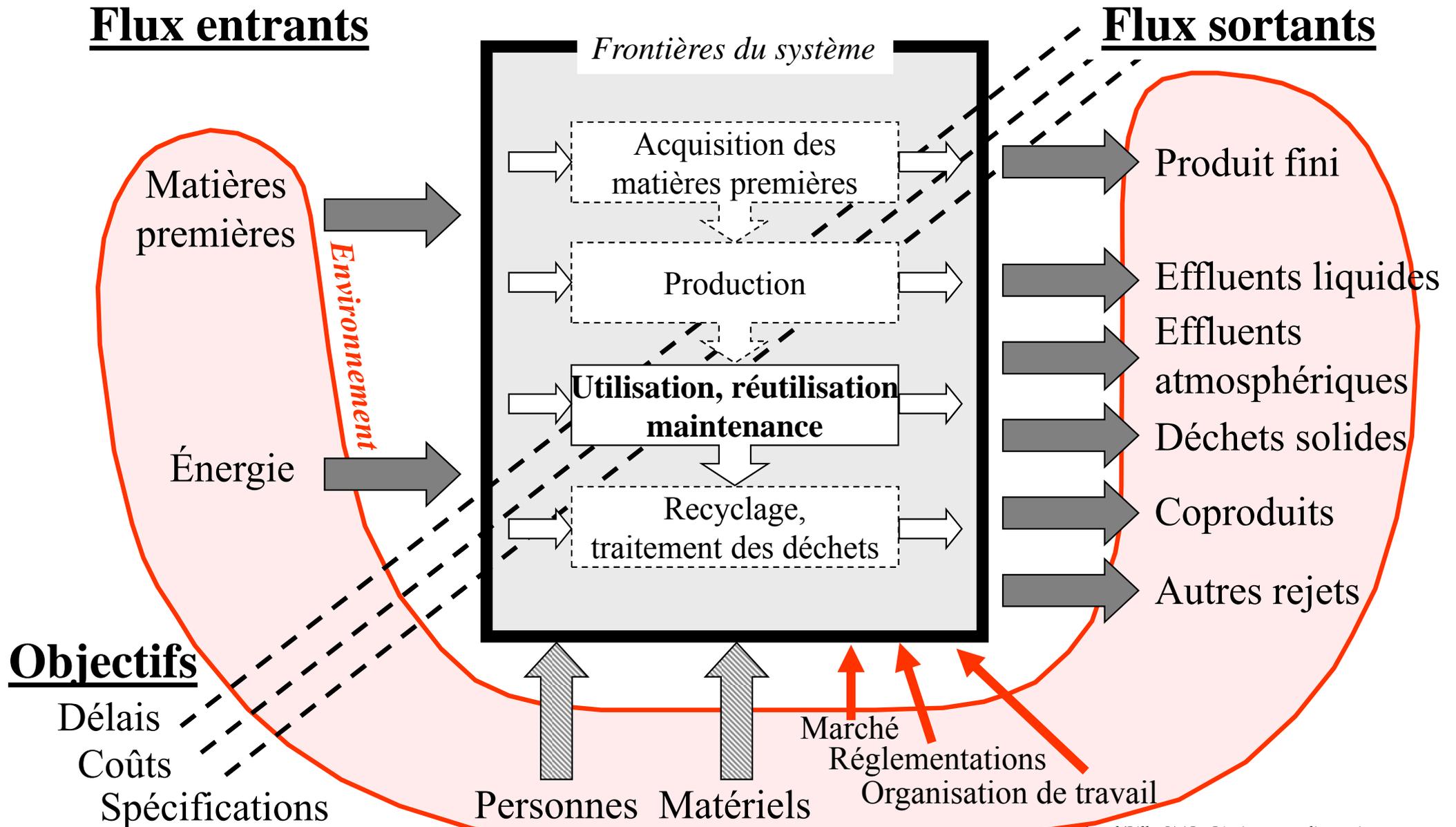
Phases actives : 1., 2., 3., 4., 5., 6.

Phases passives : *stockage*

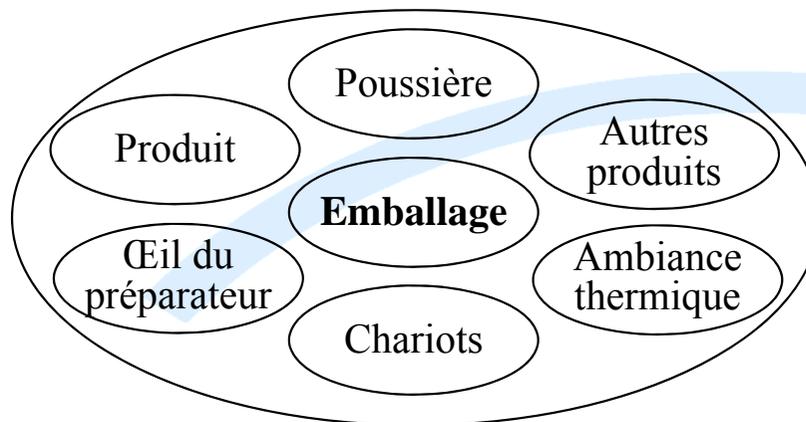


Le produit, son environnement et l'inventaire de son cycle de vie

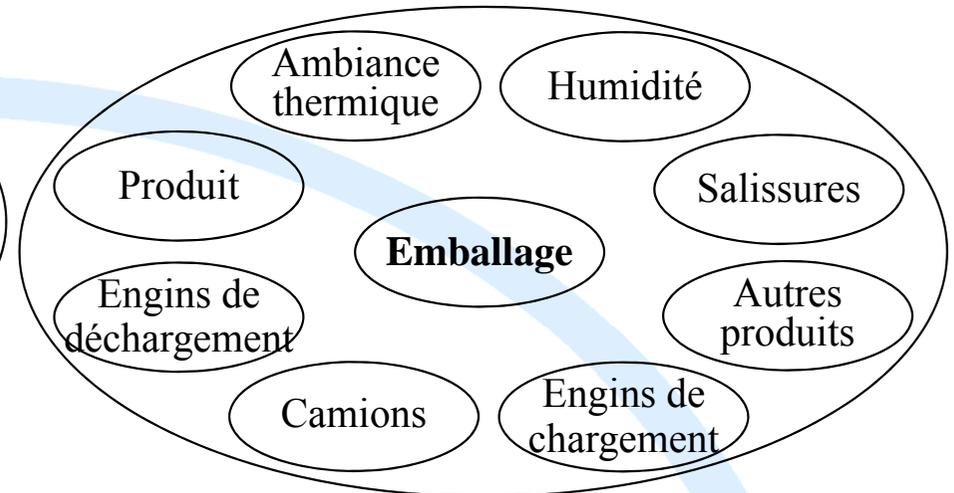
Environnement d'un produit : « éléments (personnes, équipements, matières, énergie, atmosphère...) constituant l'environnement du produit au cours de son utilisation pendant sa durée de vie et se trouvant en situation d'agir sur lui ou de subir ses actions » (NF50-151)



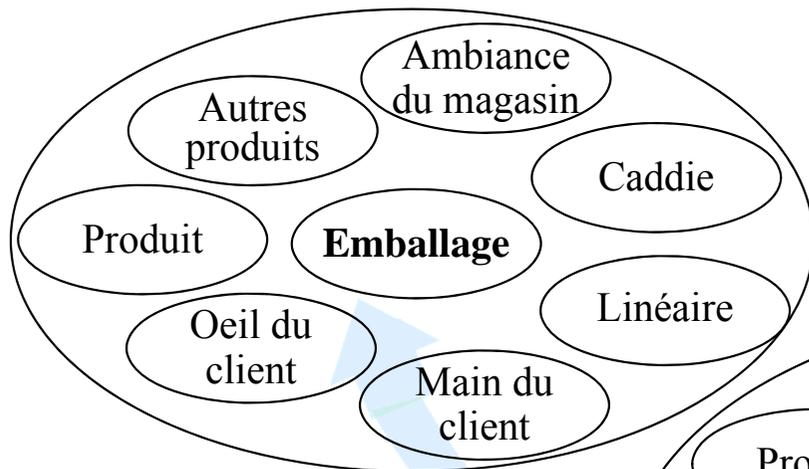
Les différents environnements d'un emballage alimentaire



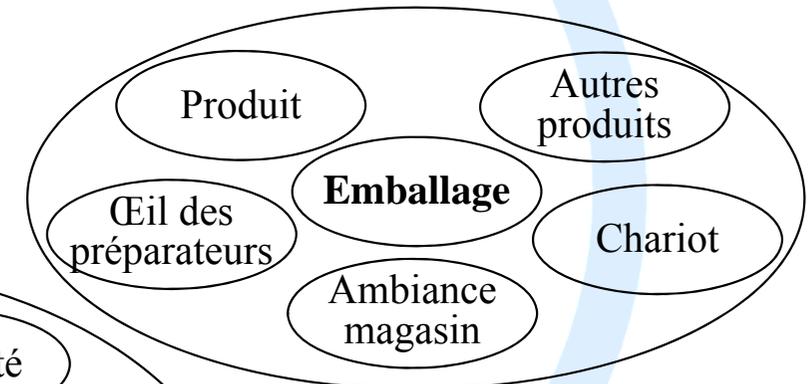
1. Magasin fabricant



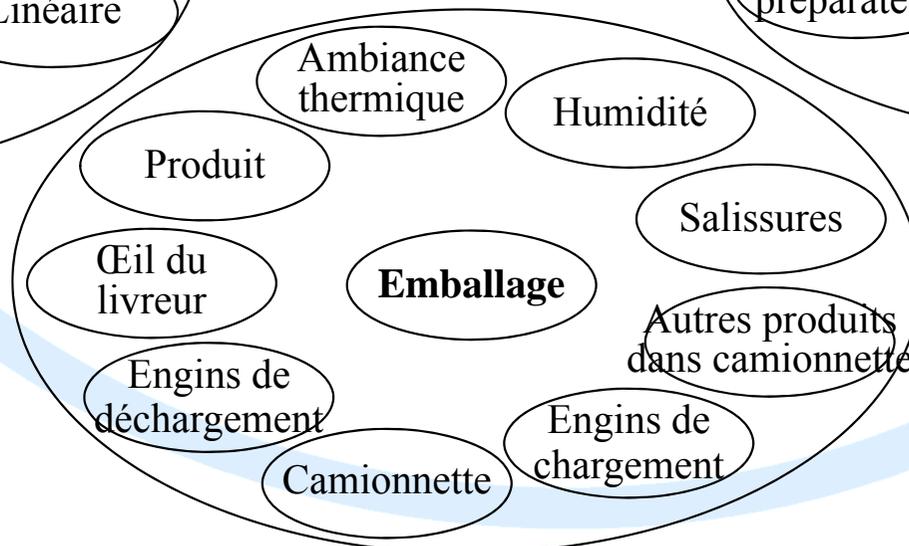
2. Transport fabricant-grossiste



5. Magasin détaillant



3. Magasin grossiste



4. Transport grossiste/détaillant



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle: identification des fonctions (1/4)

Définition

Fonction: « actions d'un produit ou de l'un de ses constituants, exprimées uniquement en terme de finalités » (*AFNOR X50-150*)

produit

- objets : ex. « beurre », « barrate »
- procédés techniques : ex. « brassage »
- processus administratifs : ex. « banque », « sécurité sociale »
- services : ex. « entreprise de nettoyage »
- produit immatériel : ex. « logiciel »

finalité : résultat d'une action (et non le moyen d'y parvenir = solution)

☞ Séparer « objectifs » et « moyens », résultats à obtenir et solutions pour y arriver

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle: identification des fonctions (2/4)

Typologie

Le rôle d'un produit étant de satisfaire le besoin d'un utilisateur, donc de lui rendre un service, cela implique que toutes les fonctions du produit sont des **fonctions de service**

Fonction de service : "action demandée à un produit, ou réalisée par lui, afin de réaliser une partie du besoin d'un utilisateur donné ; les fonctions de service sont soit des fonctions d'usage, soit des fonctions d'estime" (*NF X 50-150*) = **F_s**

- **Fonction d'usage** : fonction liée à l'utilisation attendue du produit, donc perçue généralement de la même manière quelque soit l'utilisateur du produit = **F_u**
- **Fonction d'estime** : fonction liée aux goûts des utilisateurs, donc perçue différemment suivant l'utilisateur du produit = **F_e**

$$\mathbf{F_s = F_u + F_e}$$

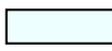
Ingénierie de projet

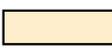
1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle: identification des fonctions (3/4)

Typologie (suite)

Fonctions externes = expression fonctionnelle du besoin du client = point de vue du consommateur	Fonctions principales = Fp (fonctions d'usage + d'estime) « pourquoi le produit est-il créé »	en réponse au besoin principal : <ul style="list-style-type: none"> • fonctions utilitaires • fonctions relationnelles • fonctions pédagogiques • fonctions sémiologiques, ... 	Fonctions de service = Fs
	Fonctions complémentaires ou secondaires	en réponse aux besoins secondaires ou complémentaires	
	Contraintes = Fc (limitations de conception d'un produit) « quelles sont les contraintes que doit satisfaire le produit ? »	<ul style="list-style-type: none"> • environnement • technologie • respect d'une image (commanditaire) ou de certaines insatisfactions majeures (usager) • règlements et normes • risques particuliers • dates, coût • synergie avec d'autres projets, ... 	
Fonctions internes = point de vue du concepteur/réalisateur	Fonctions techniques ou fonctions de liaison = Fl	<ul style="list-style-type: none"> • fonctions de conception • fonctions de construction 	

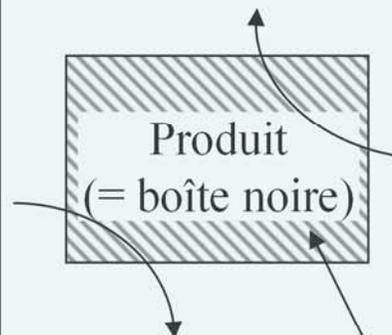
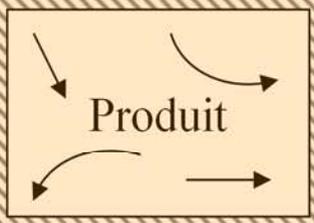
 Analyse fonctionnelle du besoin

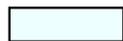
 Analyse fonctionnelle du produit

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle externe et/ou interne (4/4)

	Domaine d'étude	Buts recherchés	Point-de vue envisagé	Fonctions étudiées
Analyse fonctionnelle externe (expression fonctionnelle Du besoin)		Satisfaire le besoin du client	Client-utilisateur « dans quel but ? »	Fonctions d'usage et d'estime
Analyse fonctionnelle interne (analyse technique des fonctionnalités internes)		Améliorer le comportement ou la fiabilité du produit, diminuer son coût, ...	Concepteur-réalisateur « comment ? »	Fonctions techniques



[Analyse fonctionnelle du besoin](#)

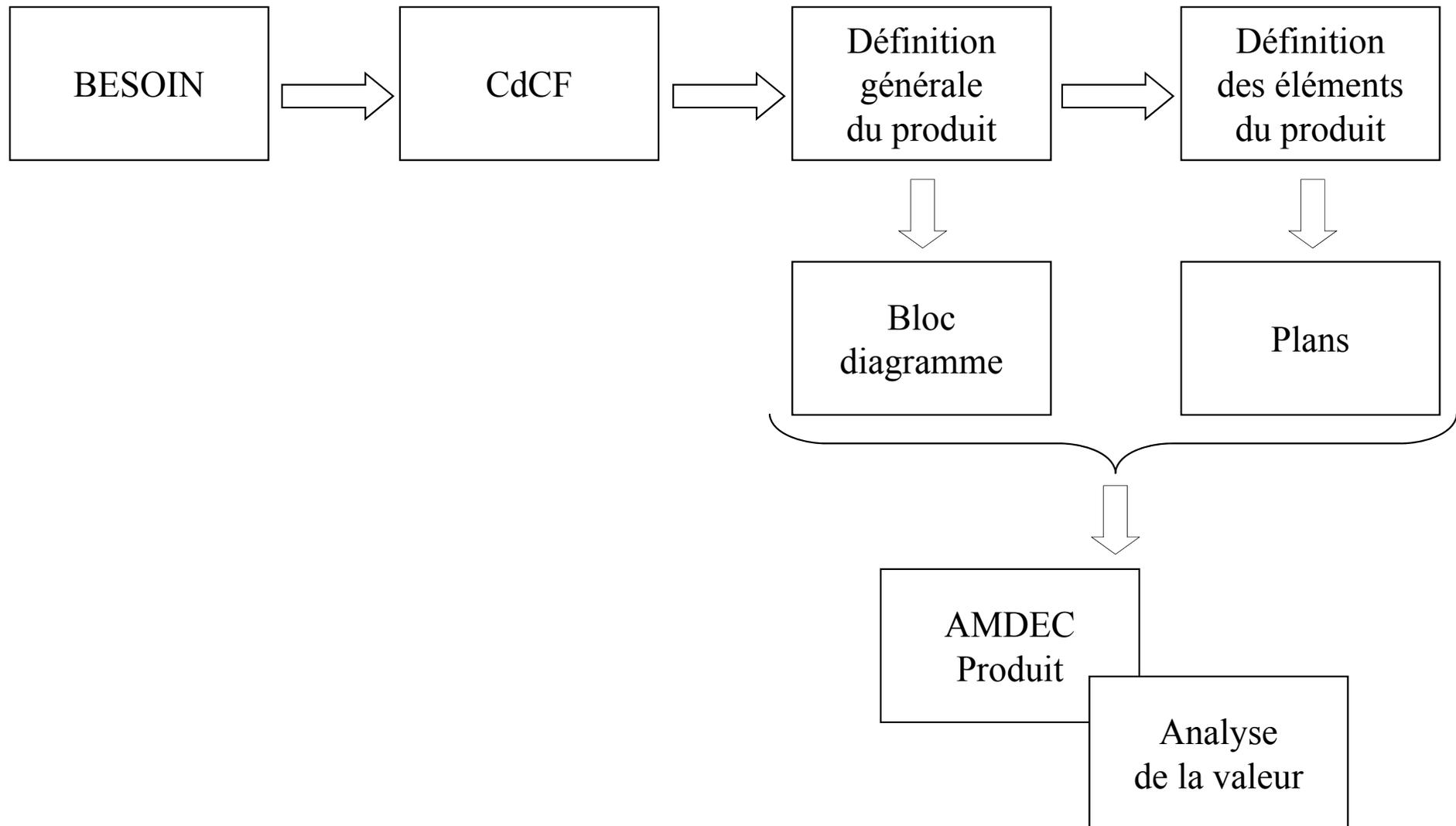


[Analyse fonctionnelle du produit](#)

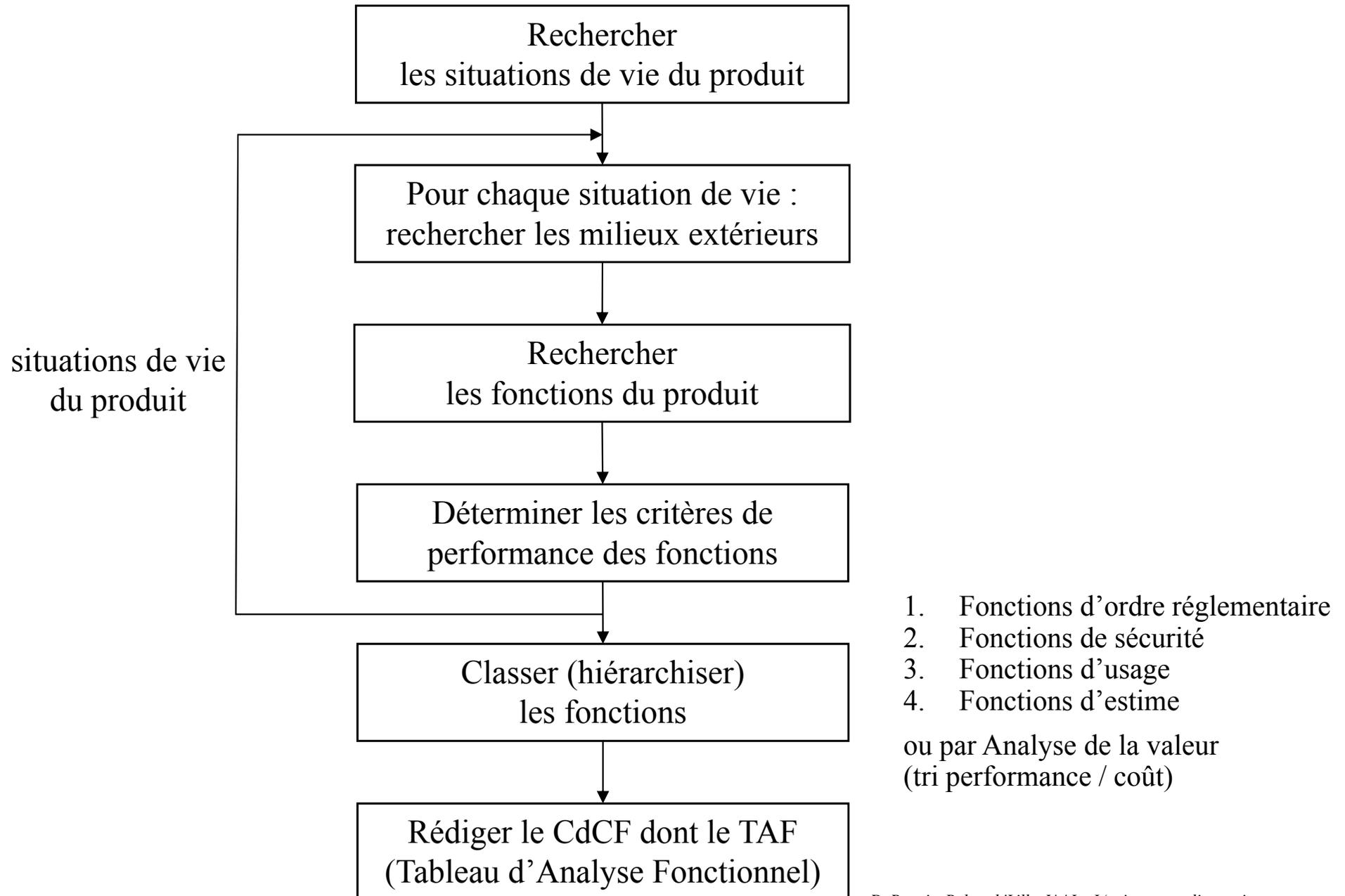
Enchaînement Analyses Fonctionnelles Externe et Interne et outils associés

(d'après Qualiteonline, http://qualiteonline.com/rubriques/rub_3/dossier-20.html)

← Analyse fonctionnelle externe (AFE) ↔ ↔ Analyse fonctionnelle interne (AFI) →



Les phases de déroulement de l'analyse fonctionnelle externe



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

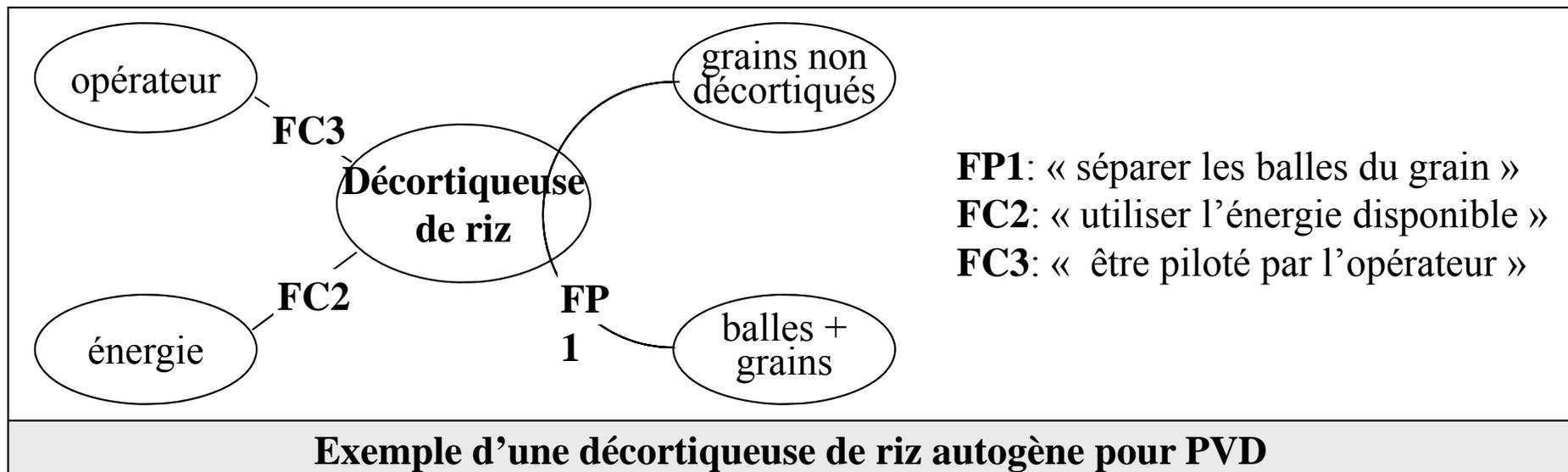
Analyse fonctionnelle du besoin (1/2)

Représentation

par la méthode de la « pieuvre » ou graphe des interacteurs (APTE)

Pour chaque situation de vie du produit (phases d'utilisation) : représentation des liaisons (= actions, représentées sous la forme d'expressions avec verbe à l'infinifitif + compléments(s)) entre :

- le produit et son utilisateur
 - le produit et son environnement
 - le produit et ses « entrées » / « sorties »
- } = comment le produit interagit avec son environnement

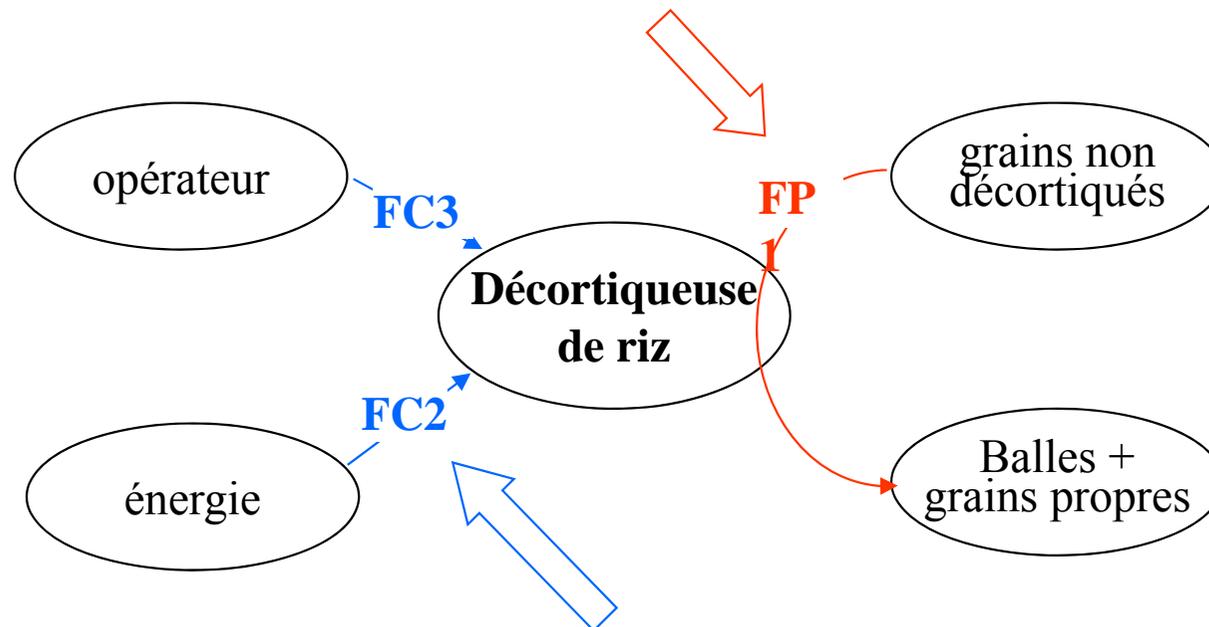


FP1: « séparer les balles du grain »
FC2: « utiliser l'énergie disponible »
FC3: « être piloté par l'opérateur »

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires Analyse fonctionnelle du besoin (2/2)

Les **fonctions principales** expriment obligatoirement des **relations d'interaction** (= relations, par l'intermédiaire du produit, entre au moins 2 composantes du milieu environnant)
Exprime comment le produit aide à faire modifier l'état d'un interacteur par un autre



Les liaisons sont orientées

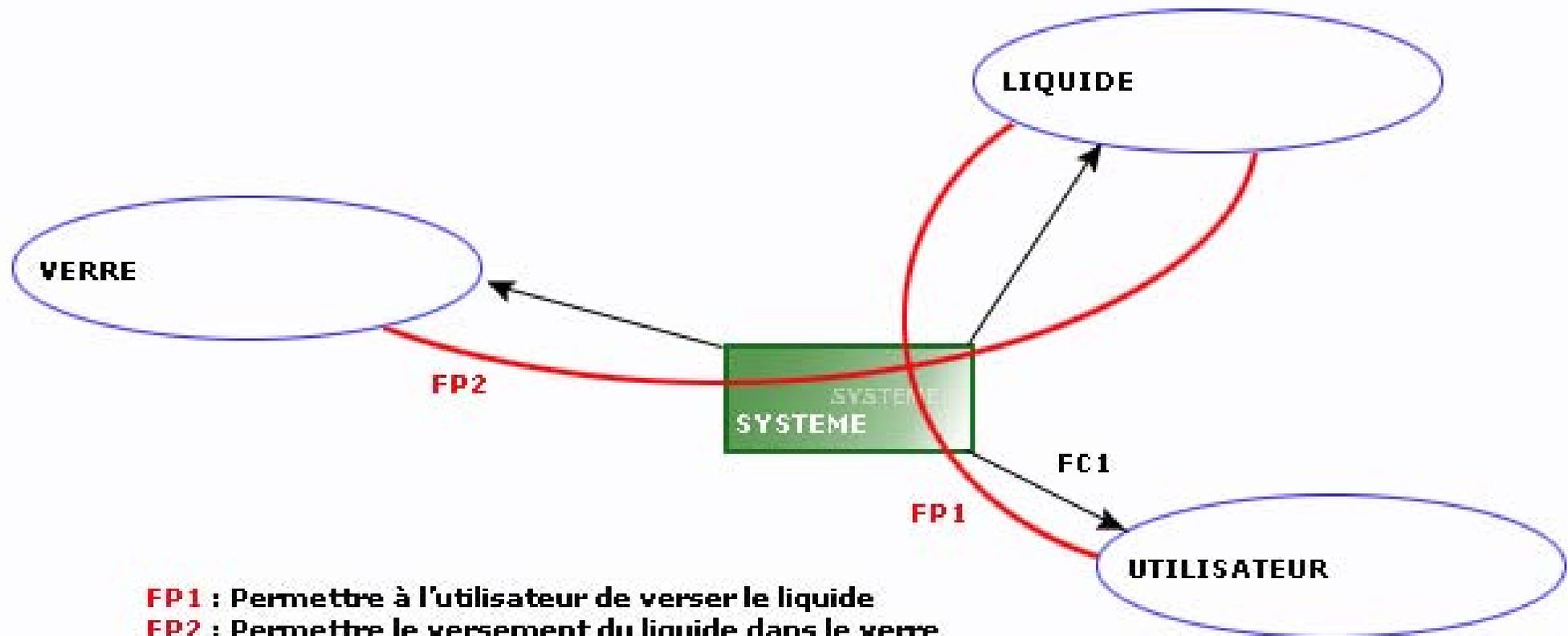
Les **fonctions de contrainte** expriment obligatoirement des **relations d'adaptation, de réaction ou de résistance** (= relations entre le produit et 1 élément du milieu environnant)
Exprime comment le produit agit sur un l'état d'interacteur ou est modifié par celui-ci

Remarque : comme lors de l'analyse initiale du besoin, chaque fonction devra être validée en répondant aux questions : dans quel but existe-t-elle ? qu'est qui pourrait la faire évoluer / disparaître

Analyse fonctionnelle externe : exemple de la bouteille

(d'après Qualiteonline, http://qualiteonline.com/rubriques/rub_3/dossier-20.html)

Voici une proposition en situation de vie « versement »



- FP1** : Permettre à l'utilisateur de verser le liquide
- FP2** : Permettre le versement du liquide dans le verre
- FC1** : Doit respecter l'utilisateur



Analyse fonctionnelle externe : comment identifier les interacteurs ?

(d'après TDC)

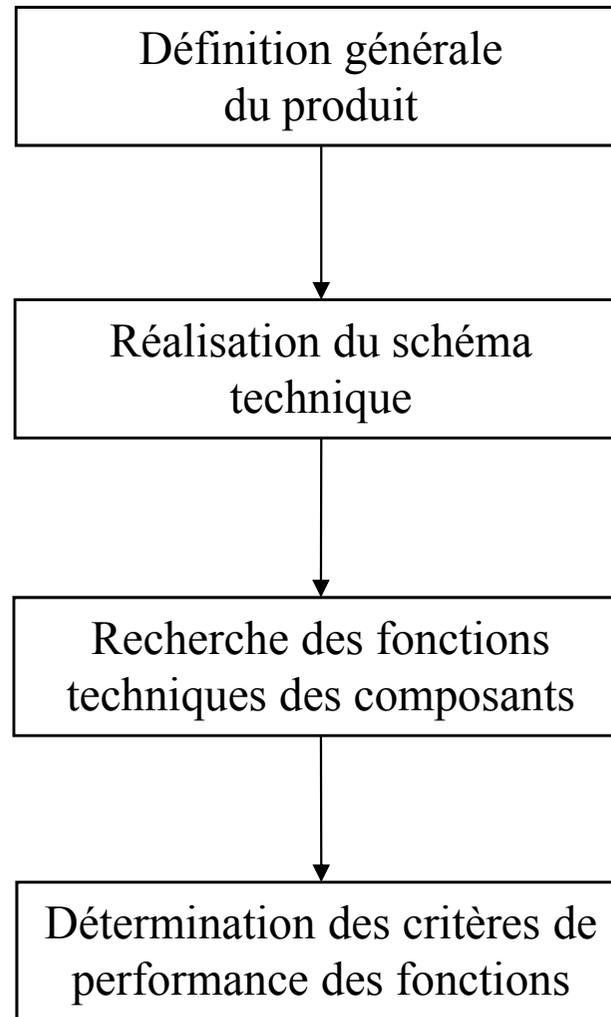
- Rechercher les interacteurs parmi les catégories suivantes :
 - Personnes
 - Matériels, objets
 - Énergies
 - Ambiance
 - Normes
- Vérifier que les interacteurs sont indépendants du produit et subsistent en son absence

Analyse fonctionnelle externe : validation des fonctions

Toujours vérifier :

- Pourquoi la fonction existe-t-elle ?
- Qu'est-ce qui pourrait la faire disparaître?
(disparition ou d'un interacteur ou du but ou de la cause de la fonction)
- Qu'est-ce qui pourrait la faire évoluer ?

Les phases de déroulement de l'analyse fonctionnelle interne



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle du produit ou analyse fonctionnelle technique ou analyse fonctionnelle interne : Généralités

Fonction technique : « fonction interne à un produit (entre ses constituants) définie par le concepteur-réalisateur, dans le cadre d'une solution, pour assurer la fonction de service (NF X 50-150) »

= fonctions de conception + fonctions de construction

(pour un produit nouveau, les fonctions techniques ne peuvent être définies à priori ; elles ne peuvent être étudiées que pour un produit déjà existant)

L'analyse fonctionnelle interne permet (pour une solution technique donnée) de :

- *comprendre comment fonctionne un produit au travers de l'étude des fonctions remplies par ses constituants,*
- *définir les fonctions à remplir par chacun de ses composants,*
- *étudier les relations entre ces différentes fonctions (simultanéité, exclusion, antériorité, ...) → modèle*
- *orienter la conception/construction en vue d'obtenir le produit recherché :*
 - *au meilleur coût (Analyse de la Valeur)*
 - *avec un niveau de risques admissible : (analyse de risques, AMDEC...)*

➡ Identification des logiques de conception (« modèle »)

➡ Mise en œuvre optimale, par le concepteur-réalisateur, de la solution technique pour répondre au besoin à satisfaire

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

*Analyse fonctionnelle du produit ou analyse fonctionnelle technique ou analyse fonctionnelle interne :
Différents outils*

Différents outils disponibles pour l'analyse fonctionnelle interne :

1. [FAST](#) (Function Analysis System Technic)
2. [Bloc Diagramme](#) (APTE) + [tableau d'analyse fonctionnelle](#) (TAF)
3. [SADT](#) (System Analysis Design Technic)



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

FAST (Functional Analysis System Technique)

Outil de représentation et de description d'un système à partir de ses fonctions techniques
→ Analyse fonctionnelle interne ou produit

Buts:

- ordonner les fonctions techniques (et les relier aux fonctions de service)
- vérifier la logique fonctionnelle
- contrôler l'exhaustivité de l'analyse fonctionnelle
- préfigurer le « produit » à travers sa logique fonctionnelle
- servir de support à la démarche de recherche de solutions

Etapes:

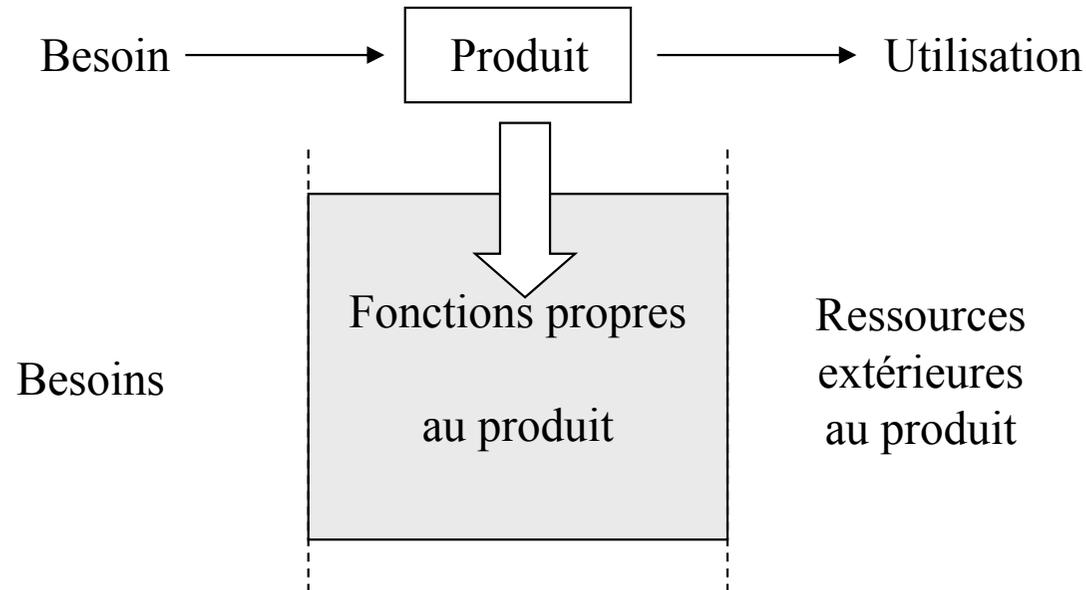
1. Préparation : définir le problème en décrivant la chaîne fonctionnelle de chaque fonction de service
2. Recherche de l'ensemble des fonctions techniques
3. Tri des fonctions techniques (élimination des redondances)
4. Construction du diagramme

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

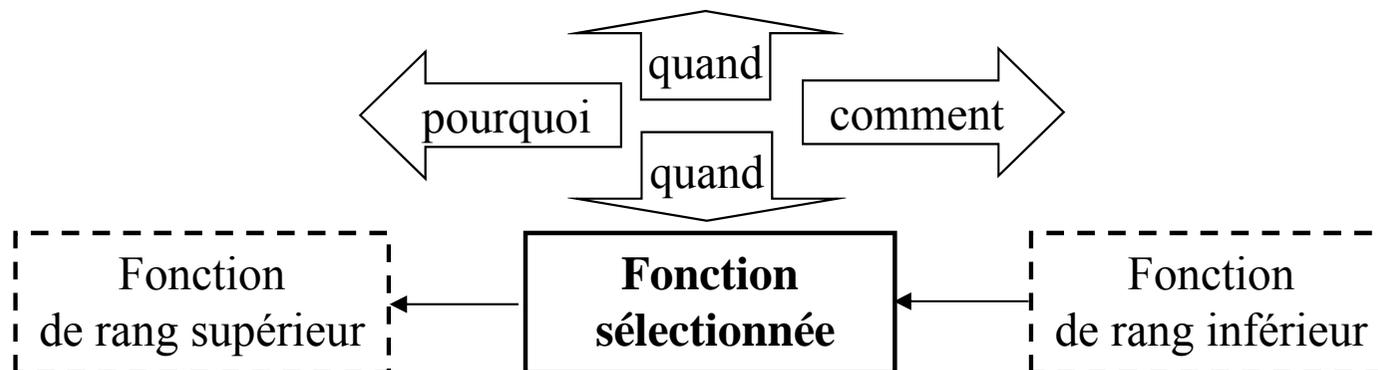
FAST (Functional Analysis System Technique)

1. Situer le produit par rapport à son environnement



2. Représenter le **graphe fonctionnel** (= le « chemin critique ») en répondant aux questions

- pourquoi cette fonction doit-elle être remplie ?
- comment cette fonction doit-elle être remplie ?
- quand cette fonction doit-elle être remplie ?



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

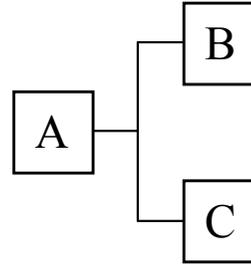
FAST (Functional Analysis System Technique)

Quand ?

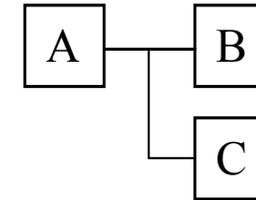
Fonctions de même niveau peuvent être :

- simultanées (fonction **ET**)

La fonction A est remplie en réalisant B et C :



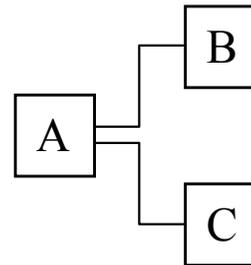
de la même façon



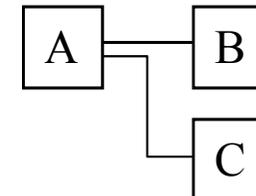
en privilégiant B p/r à C

- au choix (fonction **OU**)

La fonction A est remplie en réalisant B ou C :

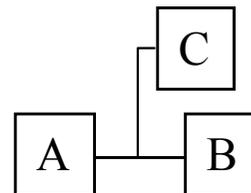


de la même façon

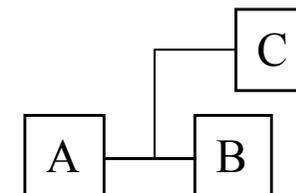


en privilégiant B p/r à C

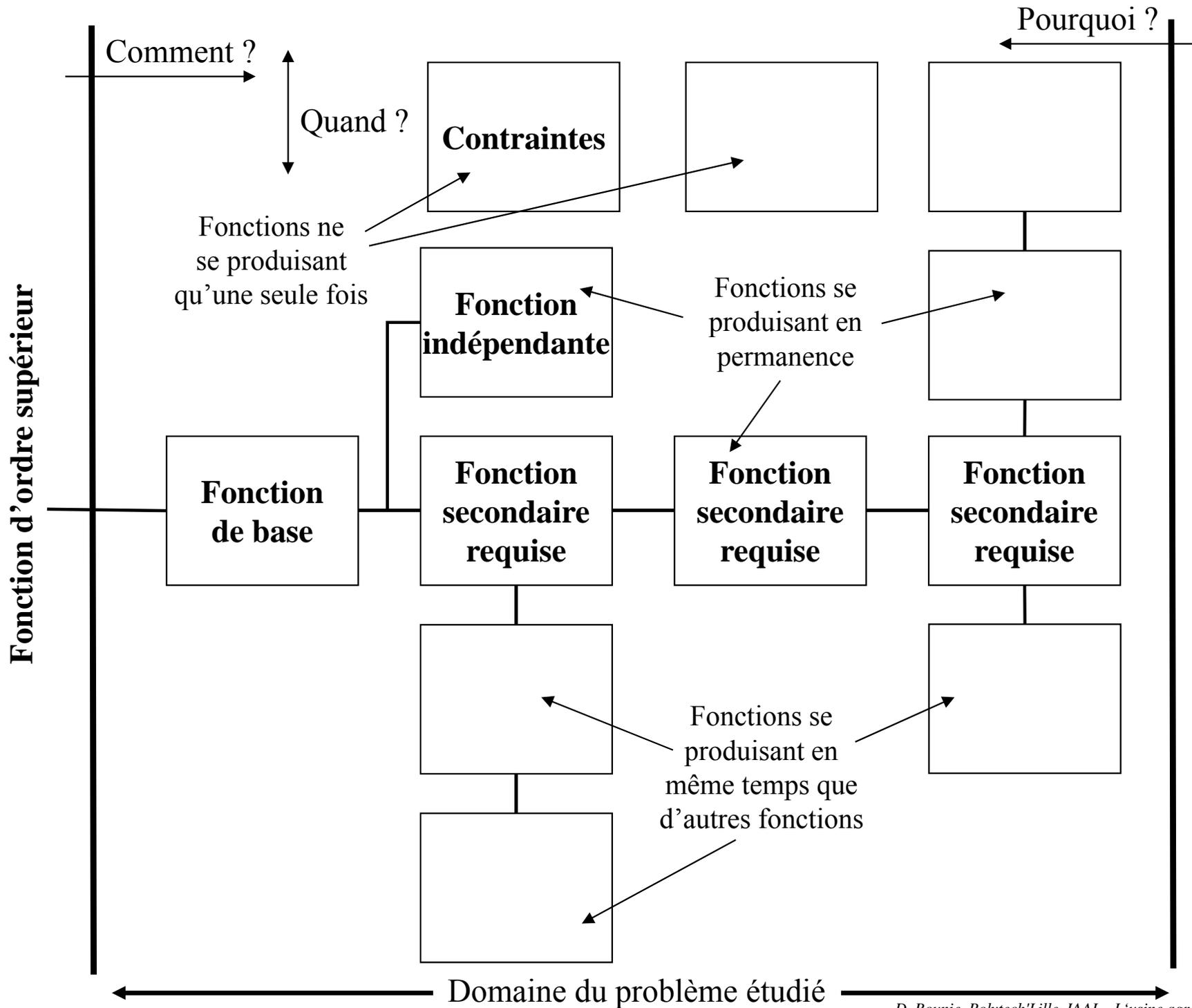
- décalées dans le temps



C avant B

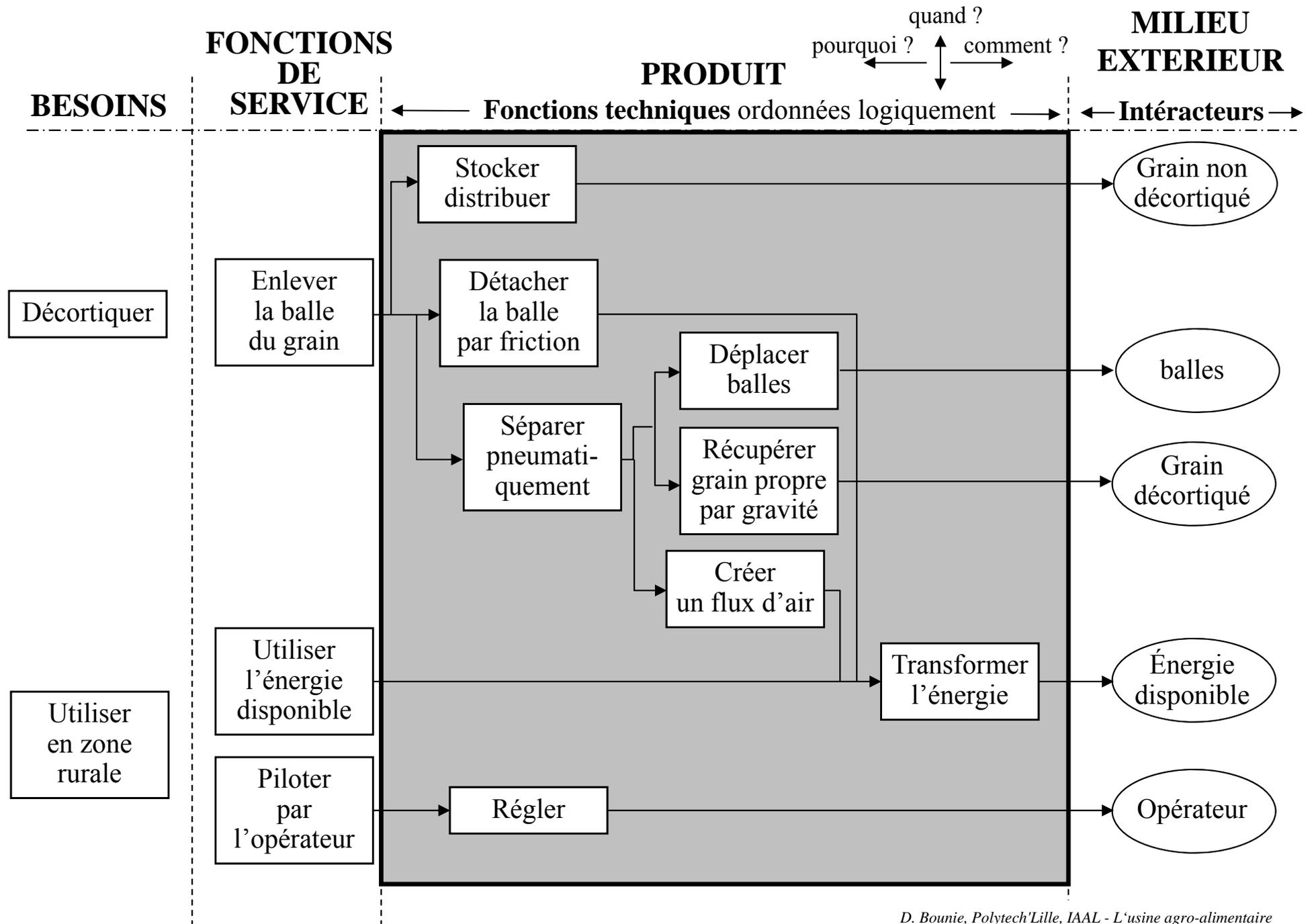


B avant C



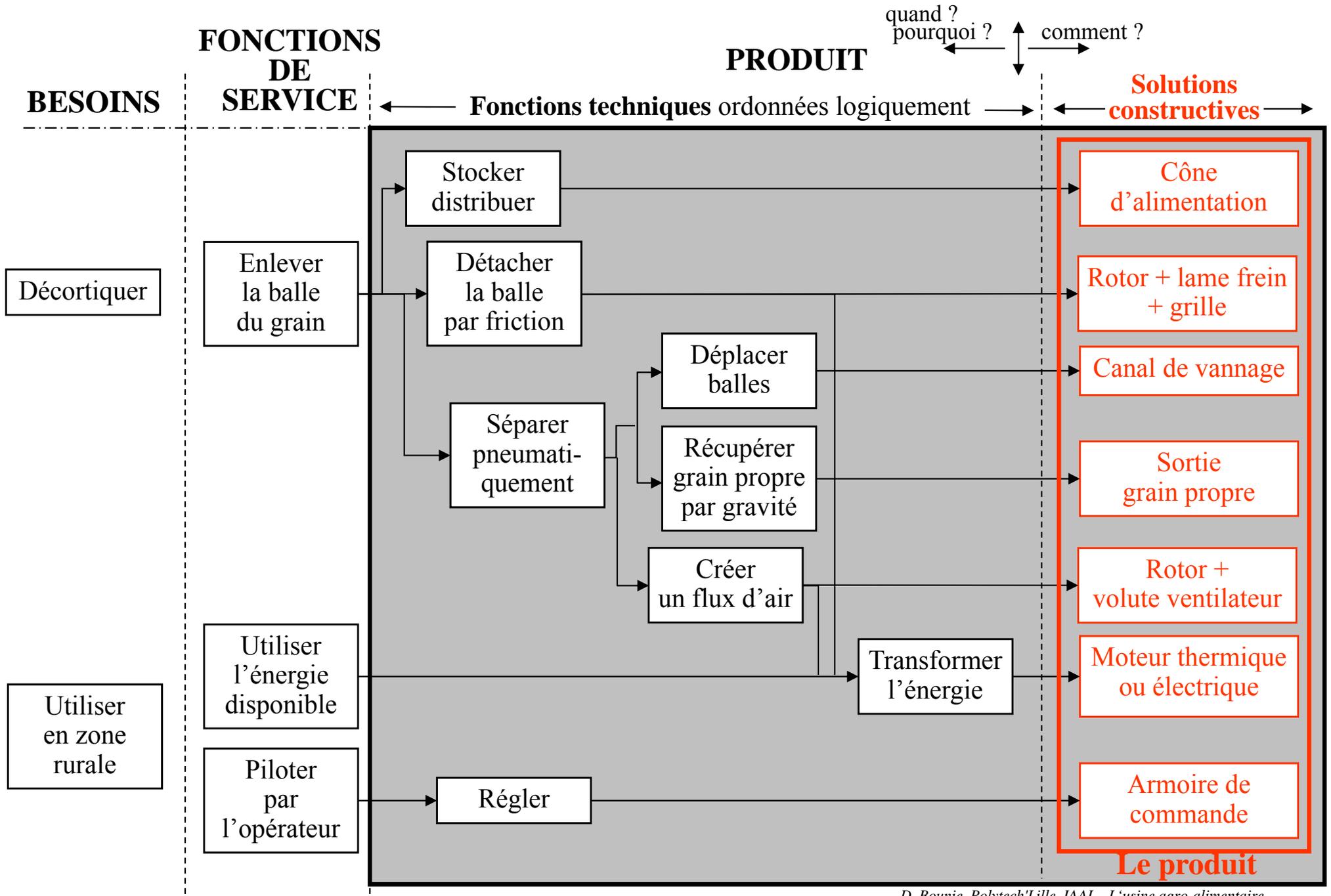
Ingénierie de projet

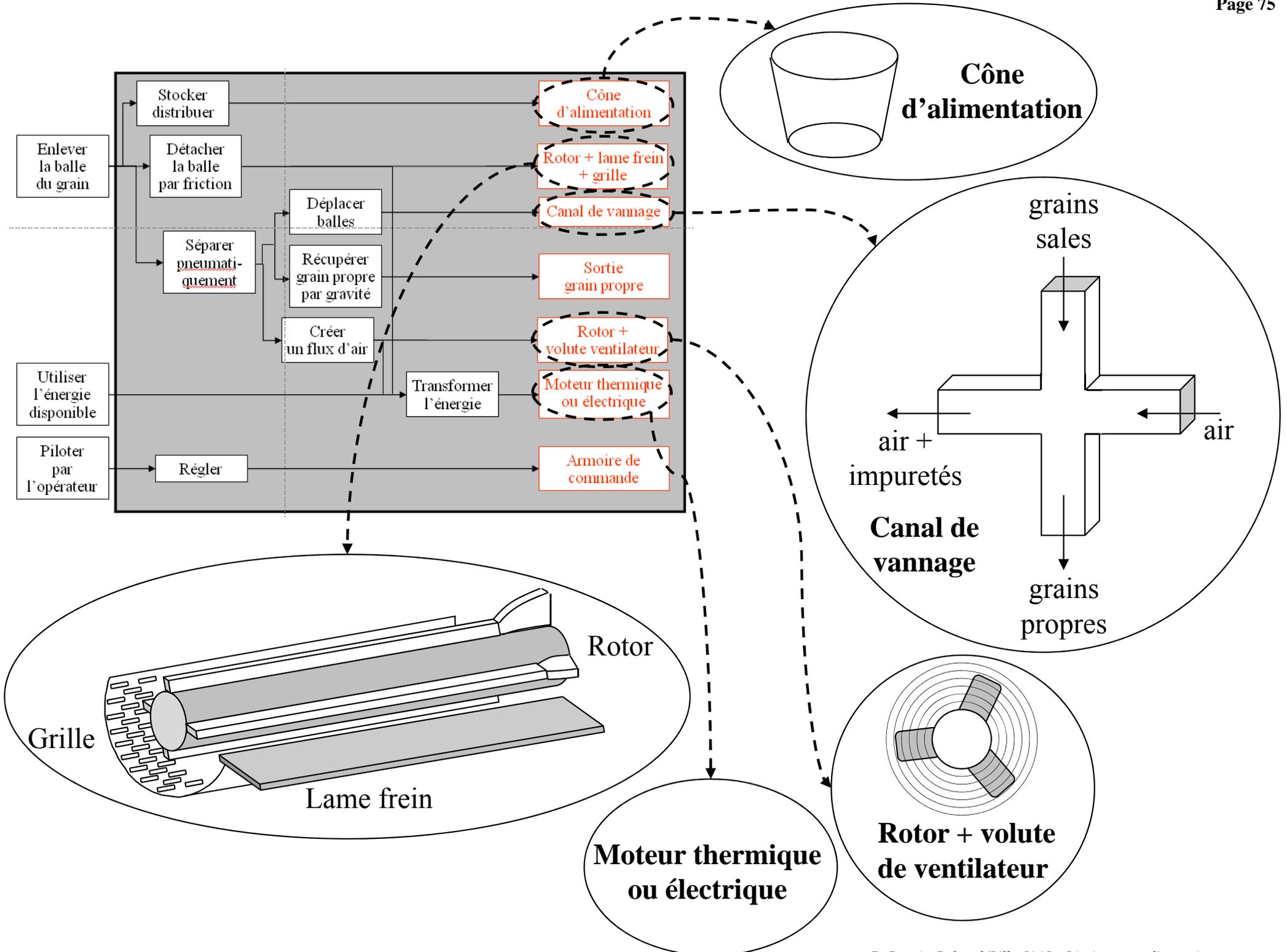
Ex: FAST de décortiqueuse de riz autogène pour PVD



Ingénierie de projet

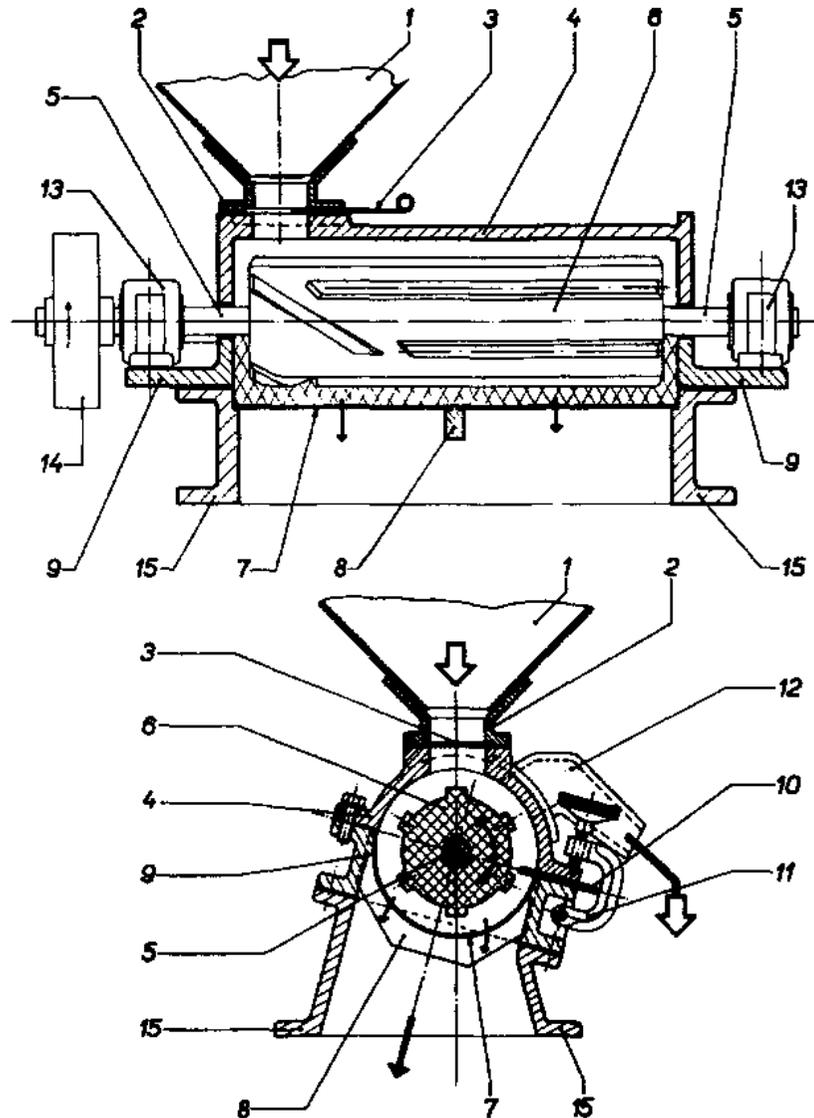
Ex: FAST de décortiqueuse de riz autogène pour PVD





La décortiqueuse à riz Engelberg

(source FAO, <http://www.fao.org/docrep/x0039e/X0039E06.htm>)



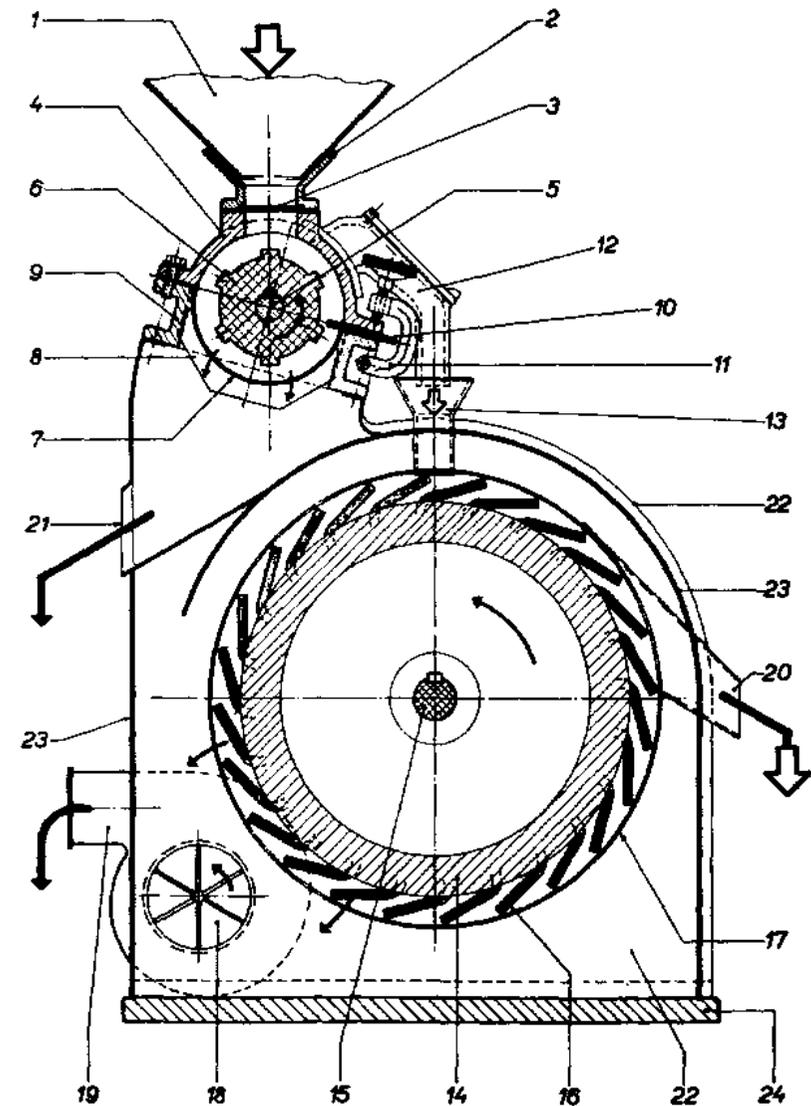
Used for paddy hulling and whitening

Key

1. Feed hopper; 2. Hopper base; 3. Feed regulating gate; 4. Cover; 5. Shaft; 6. Steel roll/shaft; 7. Screen; 8. Screen holder; 9. Frame; 10. Hulling blade; 11. Cover clamp; 12. Outlet spout; 13. Bearings; 14. Drive pulley; 15. Frame.

Le décortiqueuse-polisseuse Engelberg

(source FAO, <http://www.fao.org/docrep/x0039e/X0039E06.htm>)



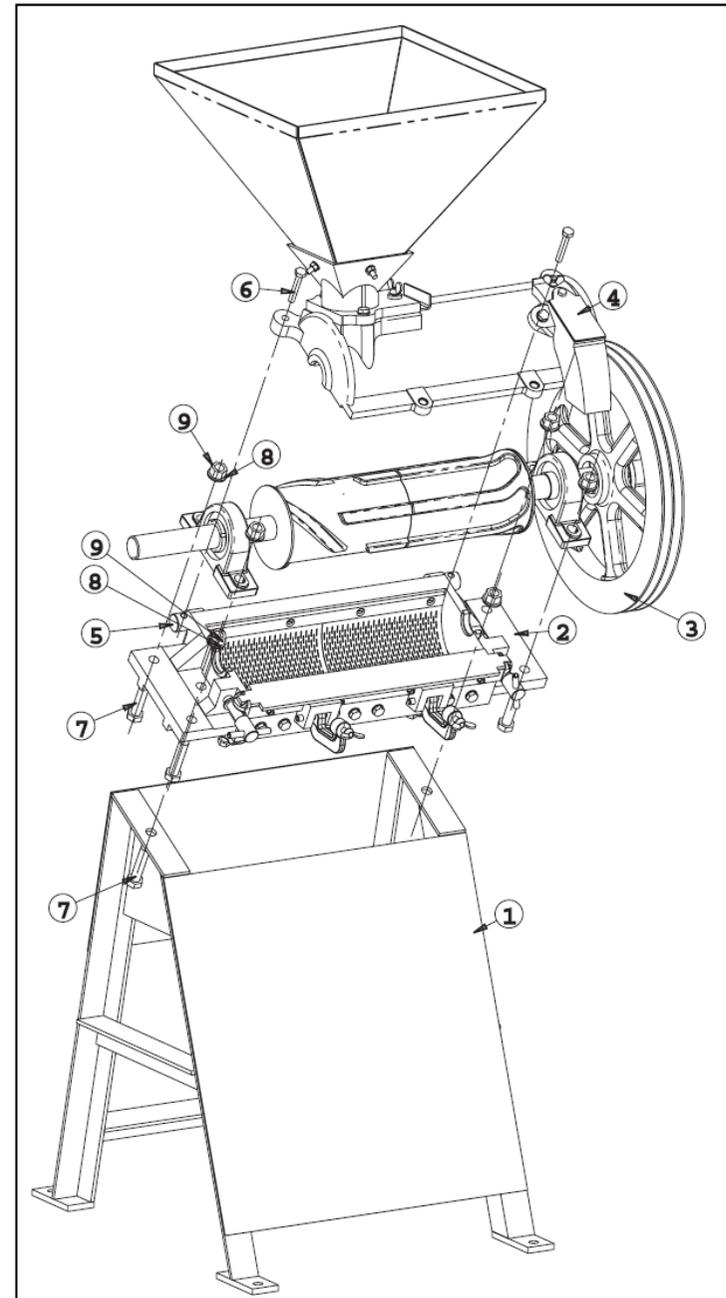
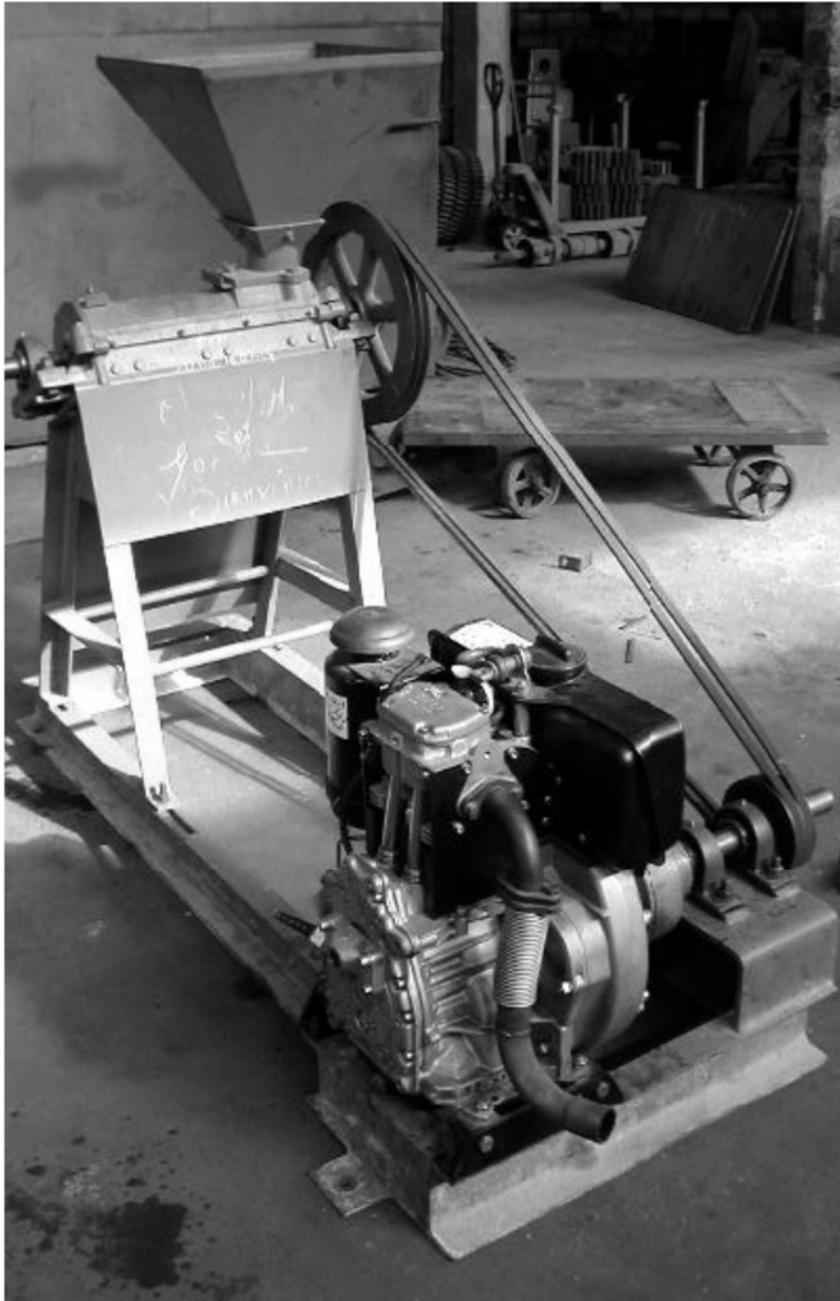
Used for paddy hulling and polishing, whitening brown rice and polishing white rice

Key

1. Feed hopper; 2. Hopper base; 3. Feed regulating gate; 4. Cover; 5. Shaft; 6. Steel roll/shaft; 7. Screen; 8. Screen holder; 9,22,23,24. Machine frame and cover; 10. Hulling blade; 11. Cover clamp; 12. Outlet spout; 13. Grain inlet to polisher; 14. Drum; 15. Shaft; 16. Leather strip; 17. Screen; 18. Fan; 19. Fan outlet; 20. Grain outlet; 21. Bran and husk outlet.

Fabrication locale de décortiqueuse type Engelberg (Haïti)

(http://www.isf-iai.be/fileadmin/user_upload/manuels/manuel_decortiqueur_web.pdf)



Unités mobiles de décortiquage / usinage intégré

Décortiquage

par abrasion :
maïs, mil, millet, sorgho, soja



Unité mobile de broyage/décortiquage (Electra)
Broyeur, décortiqueuse, groupe électrogène

par friction (procédé Engelberg) :
riz



Unité mobile de décortiquage (Véco-Vietnam)
Décortiqueuse, groupe électrogène

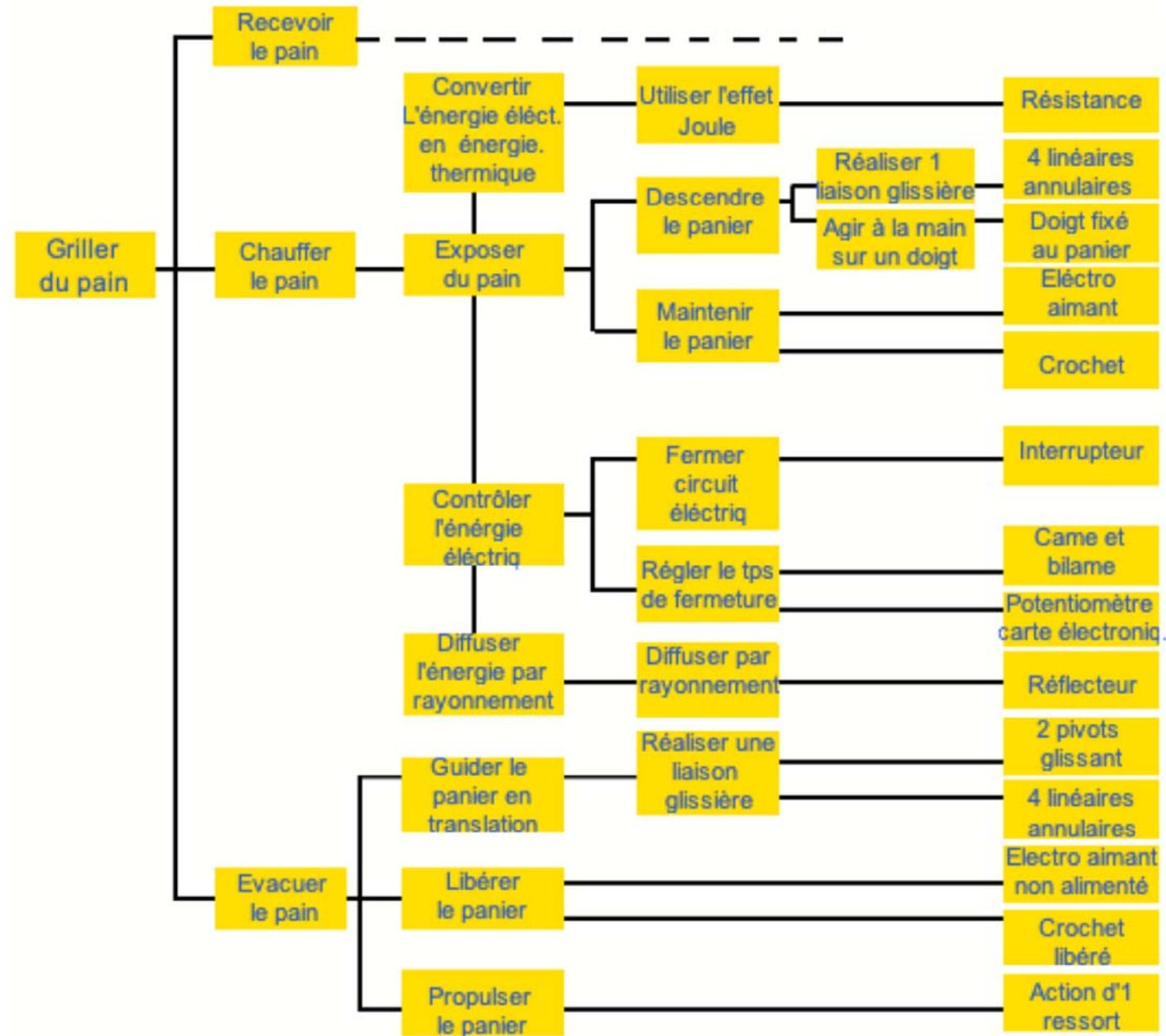
par friction :
riz



Rizerie mobile (CCIT, Vietnam)
nettoyeuse, décortiqueuse, polisseuse, moteur thermique

Ingénierie de projet

Un exemple de FAST : le grille pain (d'après <http://mlkssi.free.fr/meca/>)



Ingénierie de projet

Un autre exemple de FAST : le rasoir (d'après C. Jouineau)

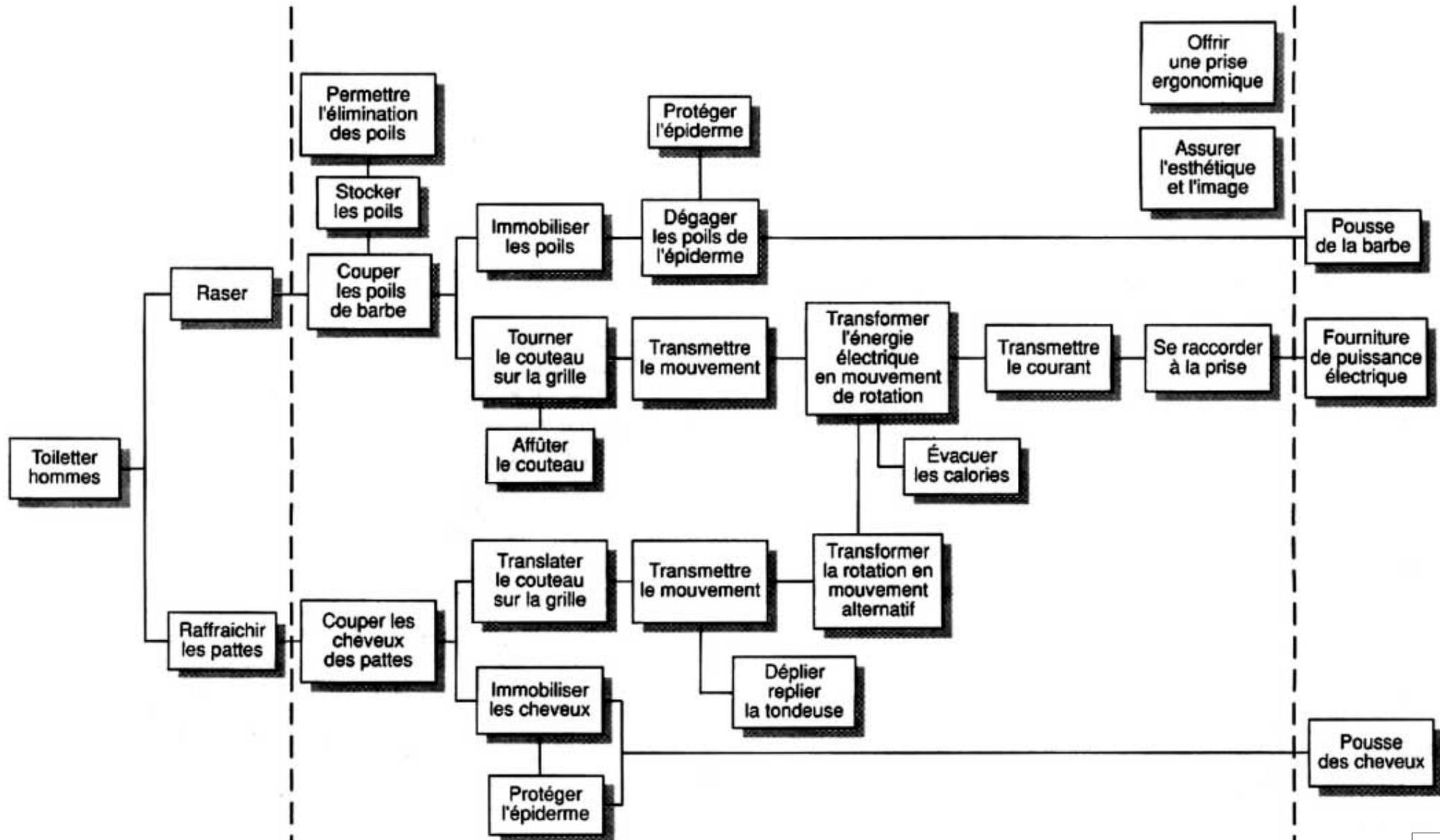


Diagramme des interacteurs (APTE) (1/3)

Définitions

- Bloc diagramme : modèle de représentation du produit où apparaissent, pour chaque phase d'utilisation et pour chaque solution, les flux fonctionnels des fonctions externes au travers des composants de la solution
- Flux : écoulements (de matière, d'énergie, d'effort, d'utilités, d'informations..., de fonctions)
 - flux fonctionnels de service : flux circulant à travers et à l'intérieur du produit et en liaison avec deux éléments de l'environnement (à l'origine et à l'aboutissement du flux)
 - flux fonctionnels techniques : flux limités à une circulation interne au produit, sans aucune liaison avec des éléments de l'environnement (= flux bouclés)
- Composants internes d'un produit :
 - composants générateurs de flux
 - composants transmetteurs de flux
 - composants transformateurs de flux
 - composants récepteurs de flux
 - composants interrupteurs de flux
- Contacts : éléments (matériels ou immatériels ; permanents ou intermittents) du produit servant à la mise en contact des composants internes pour faire passer un flux fonctionnel
- Fonctions techniques (ou « élémentaires »)
 - **fonctions élémentaires de contact** = interactions entre composants ainsi qu'avec éléments extérieurs
 - **fonctions élémentaires de flux** = circulation des flux à l'intérieur du produit :
 - . **fonctions élémentaires des flux principaux** : flux ouverts entre éléments extérieurs à travers le produit ou entre un élément extérieur et les composants, pour satisfaire une fonction de service
 - . **fonctions élémentaires de flux bouclés (= fonction de conception)** : flux se bouclant sur eux-mêmes (càd n'étant pas en relation avec l'environnement extérieur) et engendrés par la conception même du produit (càd n'apportant aucune caractéristique demandée dans l'expression du besoin)

Diagramme des interacteurs (APTE) (2/3)

Tracé

Pour chaque séquence du cycle de vie

1. Inventorier et disposer à la périphérie les éléments extérieurs de l'environnement
2. Inventorier et positionner à l'intérieur les composants internes en fonction de leurs contacts
3. Représenter les fonctions élémentaires de contact
4. Représenter les fonctions élémentaires de flux externes (flux principaux et de contrainte) et leur cheminement interne à travers les composants de la solution technique retenue
5. Représenter les fonctions élémentaires internes ou flux bouclés
6. Inventorier et caractériser les différentes fonctions techniques (critères d'appréciation)

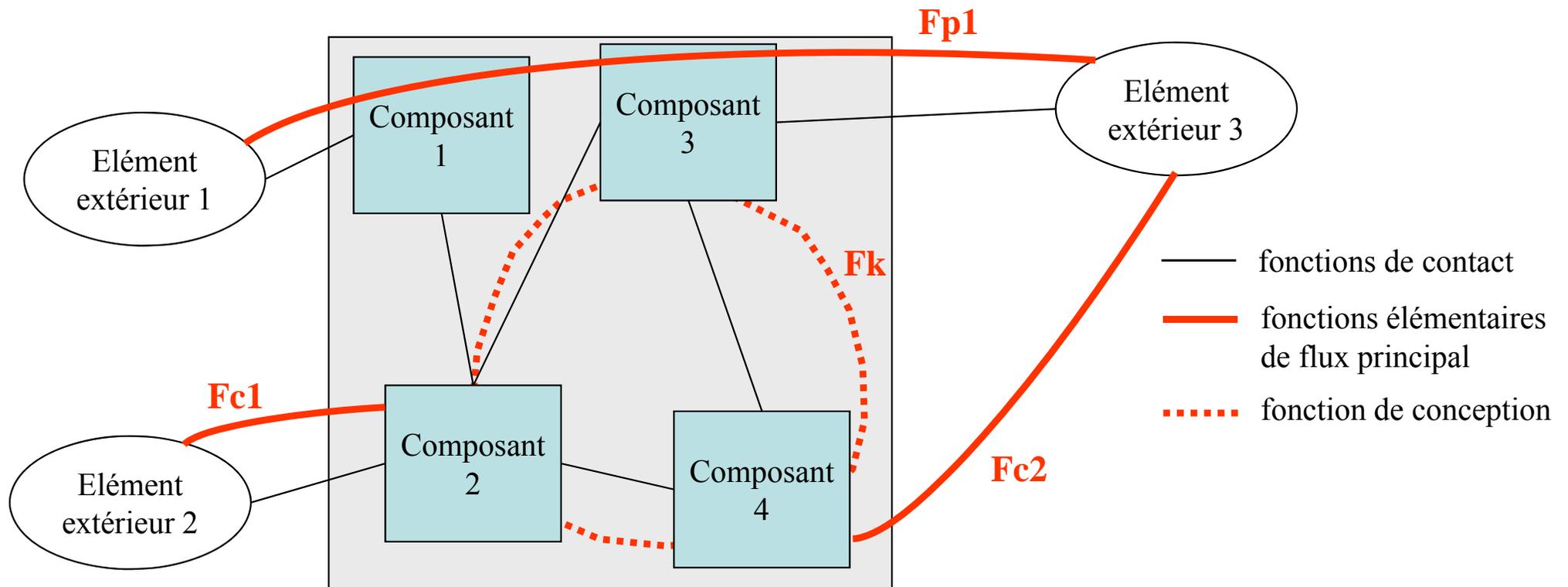
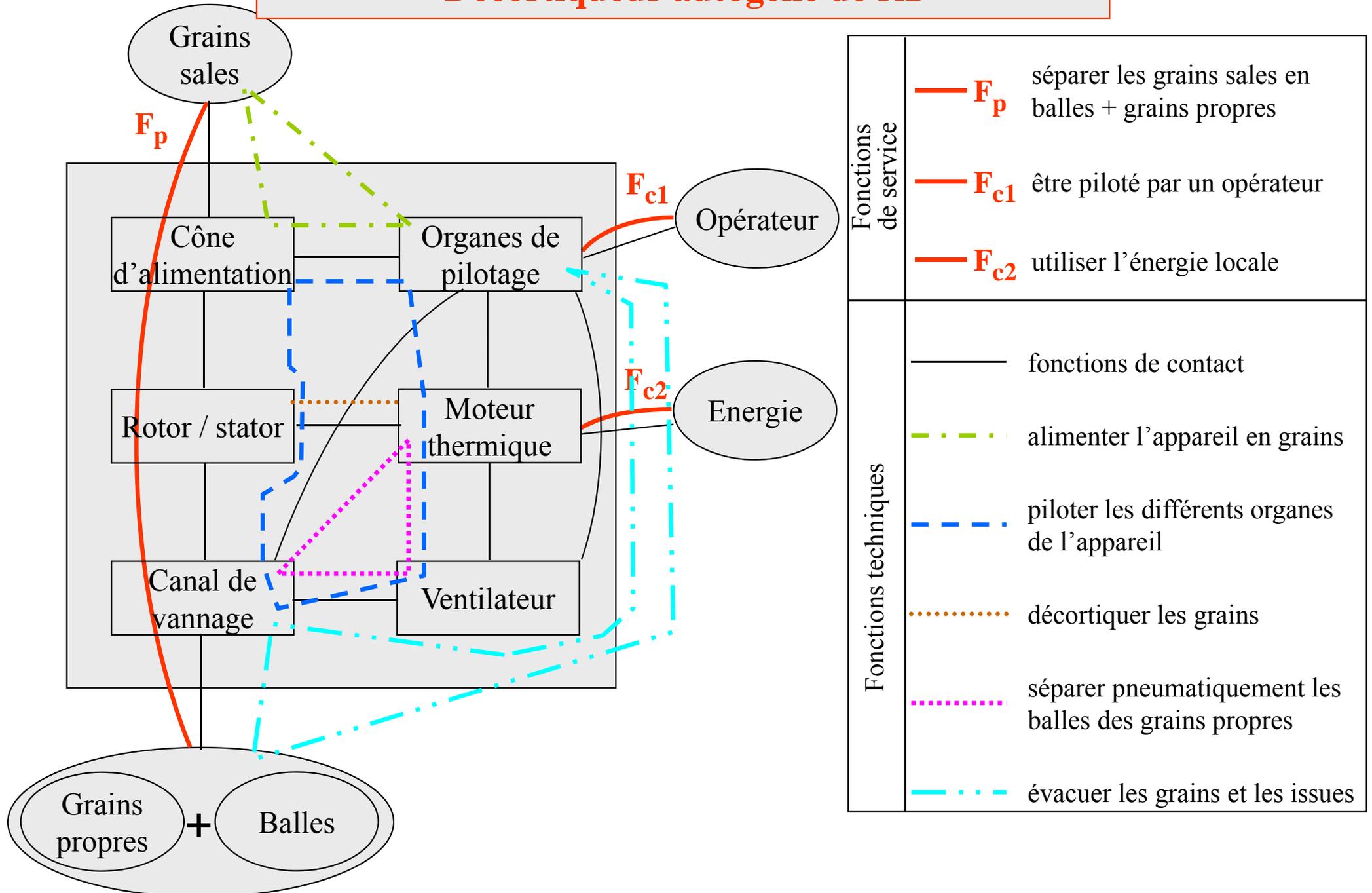


Diagramme des interacteurs (APTE) (3/3)

Décortiqueur autogène de riz



Analyse fonctionnelle interne : exemple de la bouteille

(adapté de Qualiteonline, http://qualiteonline.com/rubriques/rub_3/dossier-20.html)

Situation de vie : manipulation de la bouteille, sans versement

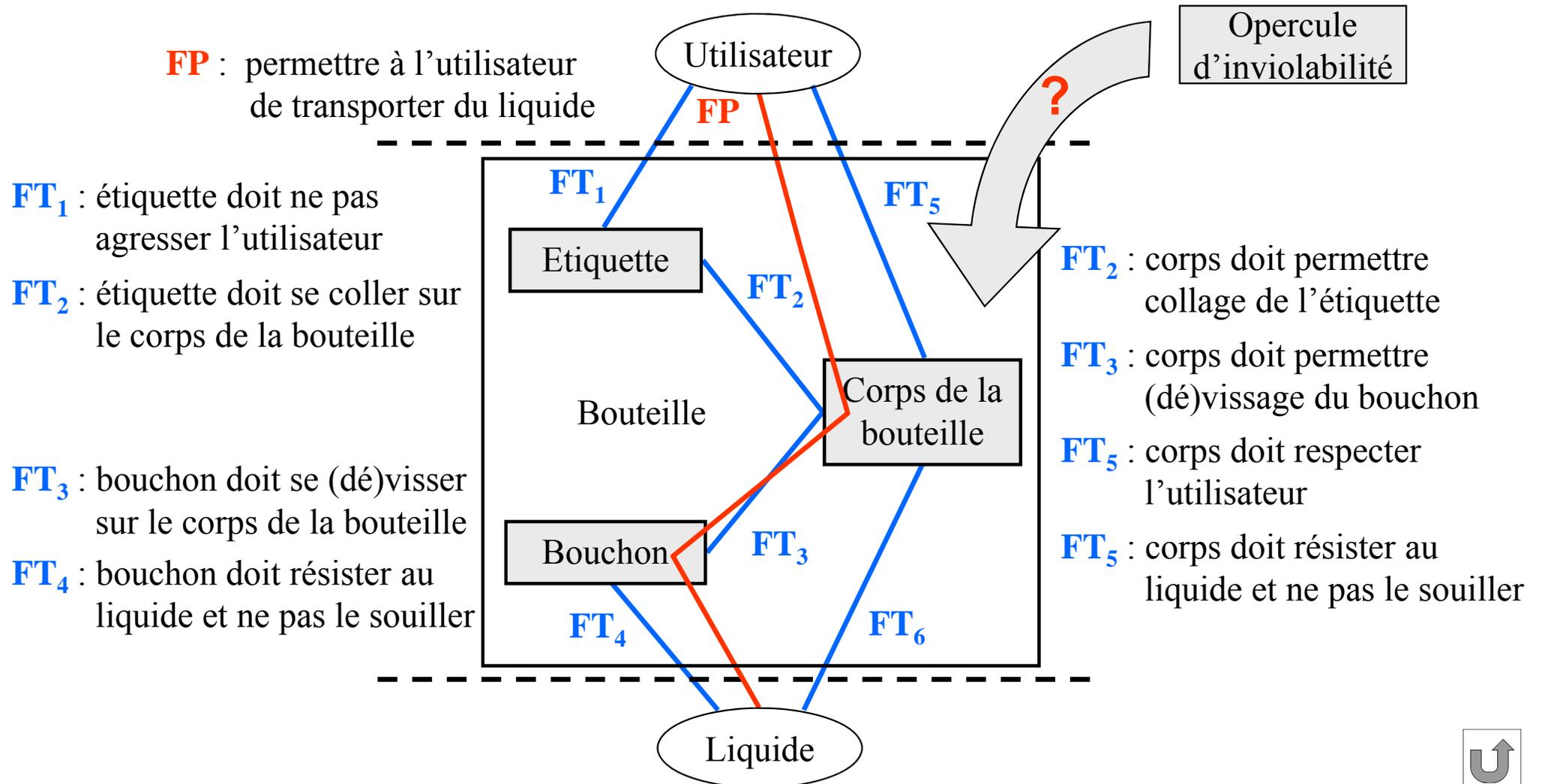


Tableau d'analyse fonctionnelle (TAF)

(Favier et al., 1996)

Répartition fonctionnelle de l'importance relative (coûts) des différents composants et fonctions

Composants	Fonctions élémentaires	Fonctions de service					Fonction de conception	Fonctions de flux bouclés			
		FP1	FP2	FP3	C1	C2		Flux1	Flux2	Flux3	Flux4
Composant 1	Contacts • avec élém. ext. 1 • avec élém. 3 Flux • transmet FP1	x					x →	x			
Composant 2	Contacts • avec élém. ext. 2 • avec élém. 1 • avec élém. 2 Flux • transmet flux 2		x				x →	x			
	Total	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Coût juste nécessaire ←

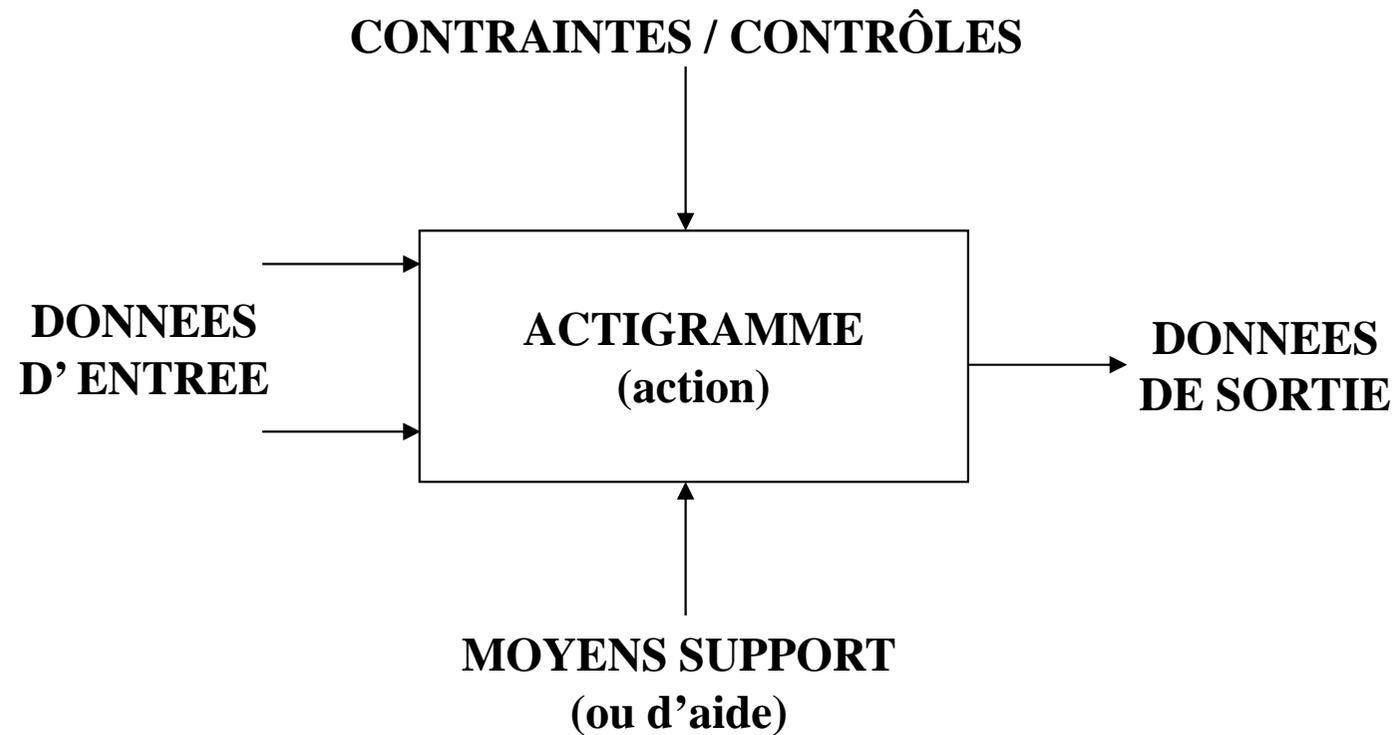
Coût de la fonction de conception ←

Coût de chaque fonction élémentaire de flux bouclé ←



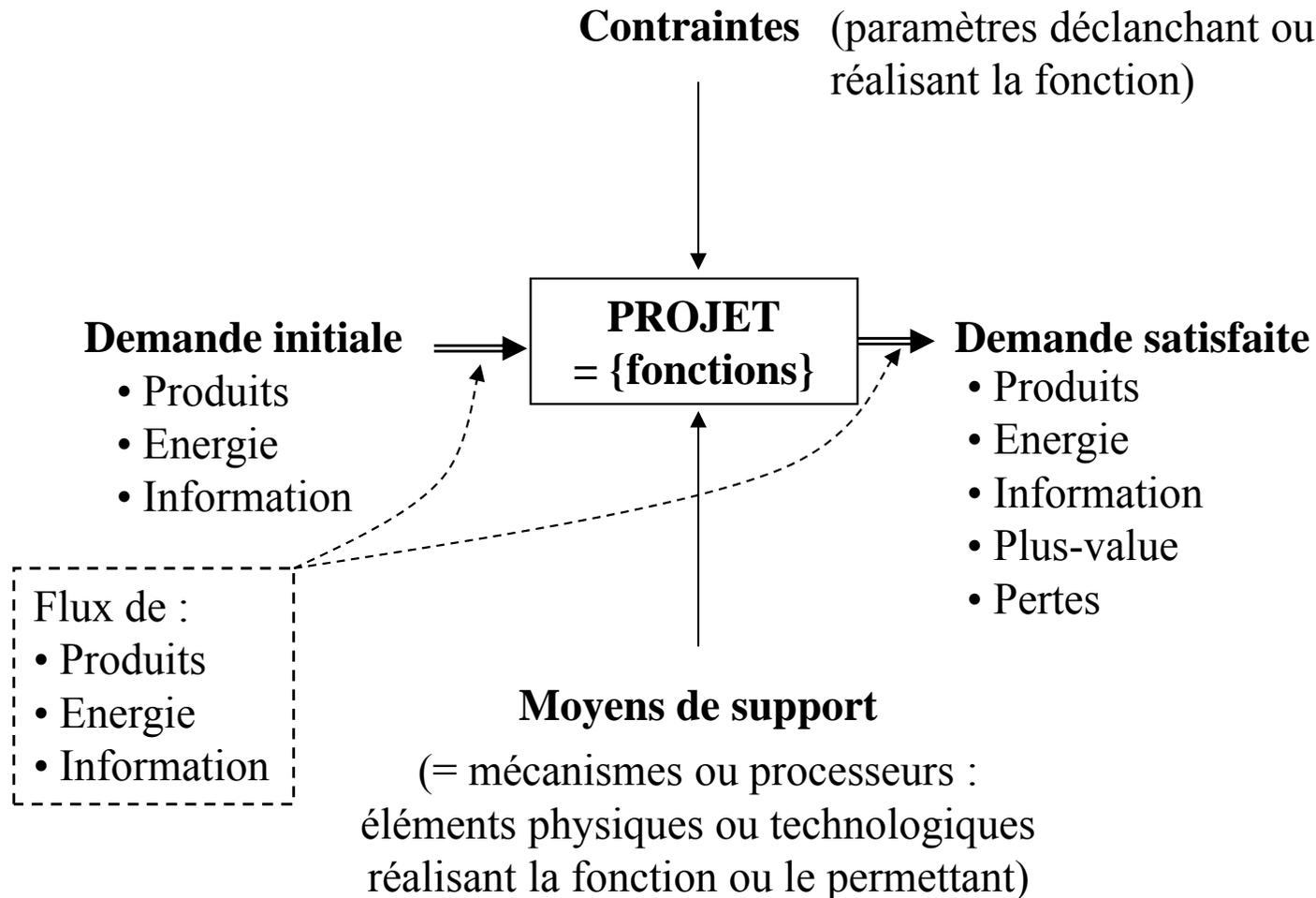
L'actigramme SADT

(Structured Analysis and Design Technic) (1/4)



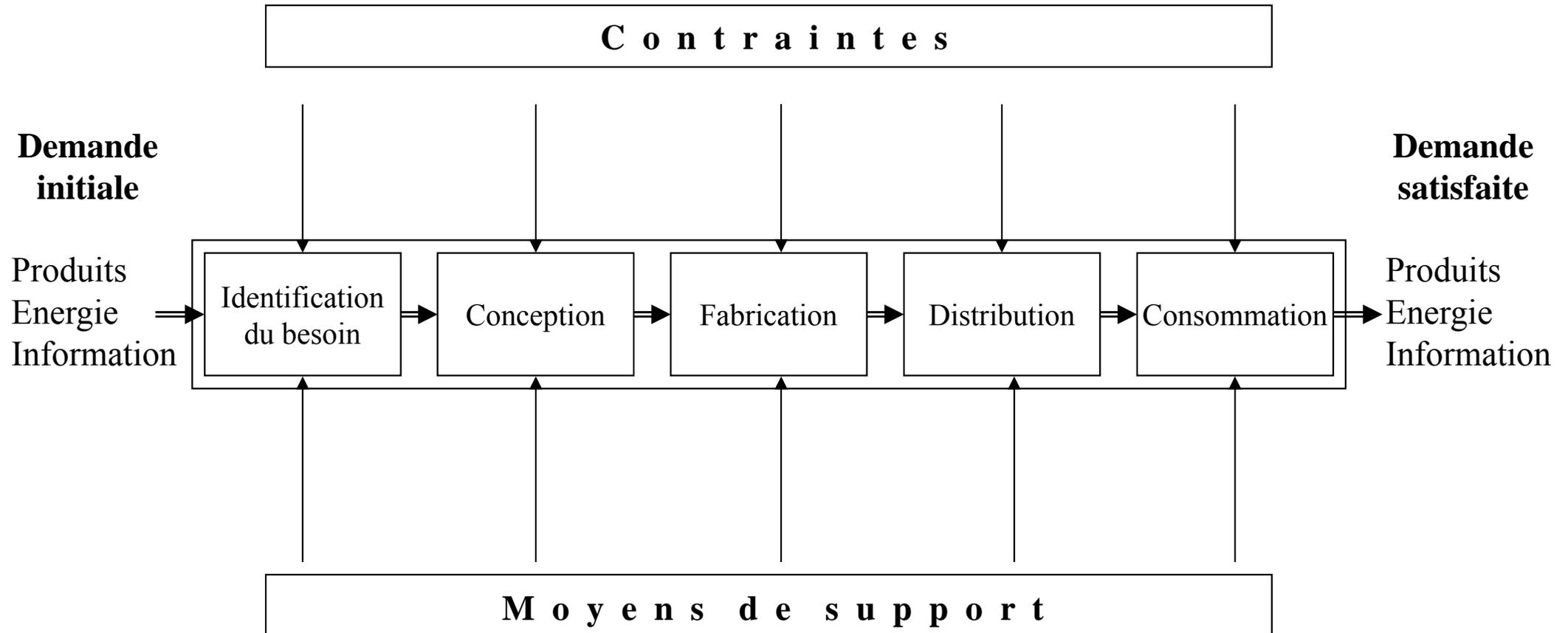
Actigramme SADT

Ex: application à la démarche de projet de conception (2/4)

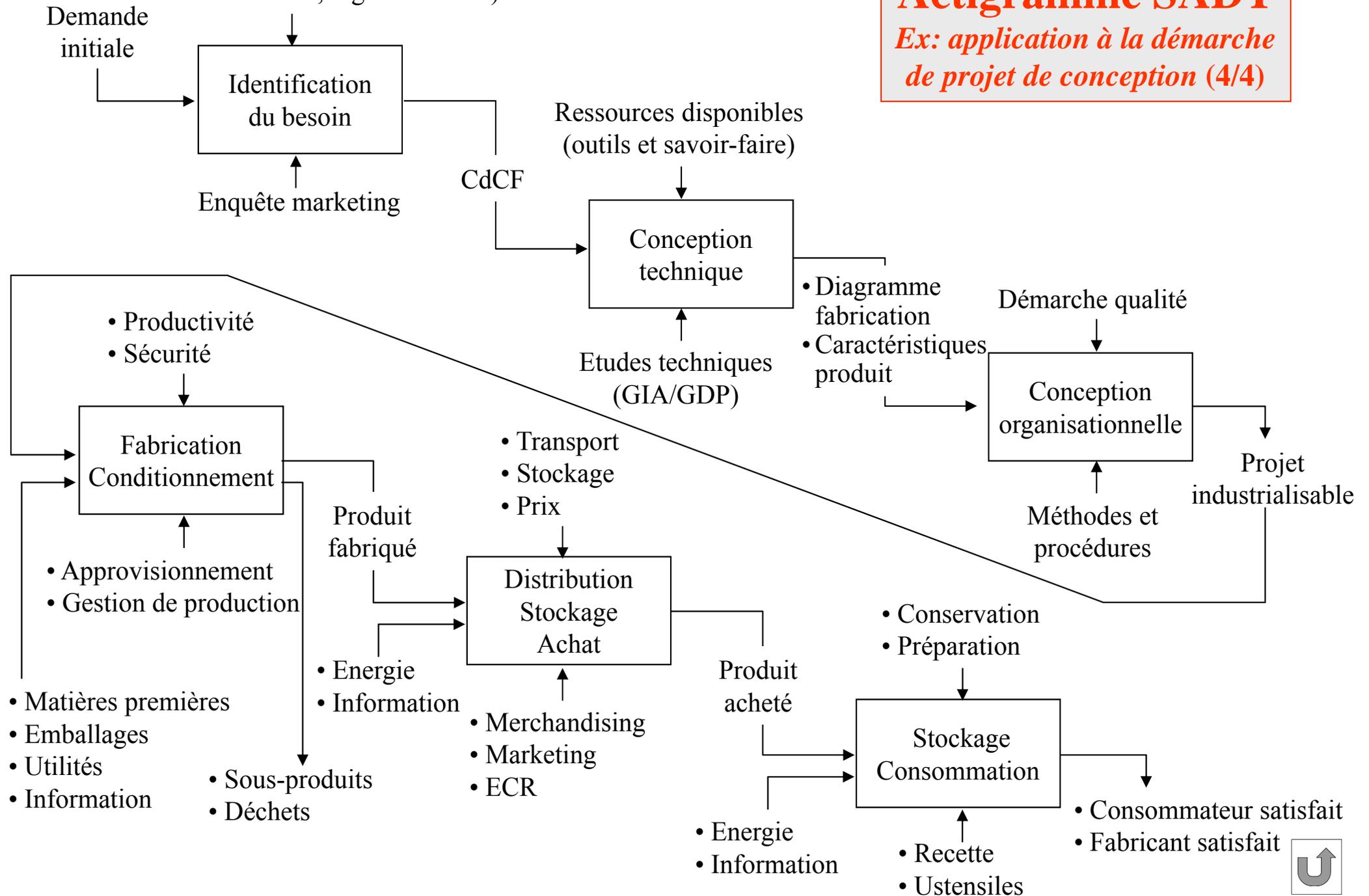


Actigramme SADT

Ex: application à la démarche de projet de conception (3/4)



- Adaptation au :
- contexte de fabrication (stratégie entreprise)
 - contexte d'utilisation (comportements alimentaires, réglementation)



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse fonctionnelle: caractérisation des fonctions

- **K**: coefficient d'importance de la fonction ; but: hiérarchiser les fonctions selon :
 - une échelle absolue (ex. 1: utile, 2: nécessaire, 3: important, 4: très important, 5: vital)
 - une échelle relative : comparaison des fonctions entre elles
- **Critère** d'évaluation/appréciation : « critère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte est respectée » (*AFNOR NFX 50-150*) : où, quand, comment, combien
- **Niveau** : valeur chiffrée (pour critère objectif) ou référence (pour critère subjectif)
- **Flexibilité** : « ensemble d'indications exprimées par le demandeur entre la variation du coût ou du prix et la variation correspondante du niveau d'un critère d'appréciation » (*AFNOR NFX 50-150*)
= ensemble d'indications exprimés par le demandeur sur les possibilités pour moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation

Les composantes de la flexibilité

- **Classes de flexibilité** : exprime le degré de négociabilité ou d'impérativité d'un niveau

Classe	Flexibilité	Niveau de négociation
0	nulle	impératif
1	faible	peu négociable
2	bonne	négociable
3	forte	très négociable

- **Limite d'acceptation** : niveau d'un critère d'appréciation au-delà duquel le besoin est jugé non satisfait
- **Taux d'échange**: « rapport acceptable par le demandeur entre Δ prix et Δ niveau d'un critère d'appréciation »



La valeur

« Jugement porté sur le produit sur la base des attentes et des motivations de l'utilisateur, exprimé par une grandeur qui croît lorsque, toute chose égale par ailleurs, la satisfaction du besoin augmente et/ou que la dépense afférente au produit diminue »

Valeur = Satisfaction du besoin / Coût (ou prix)

Pour l'utilisateur

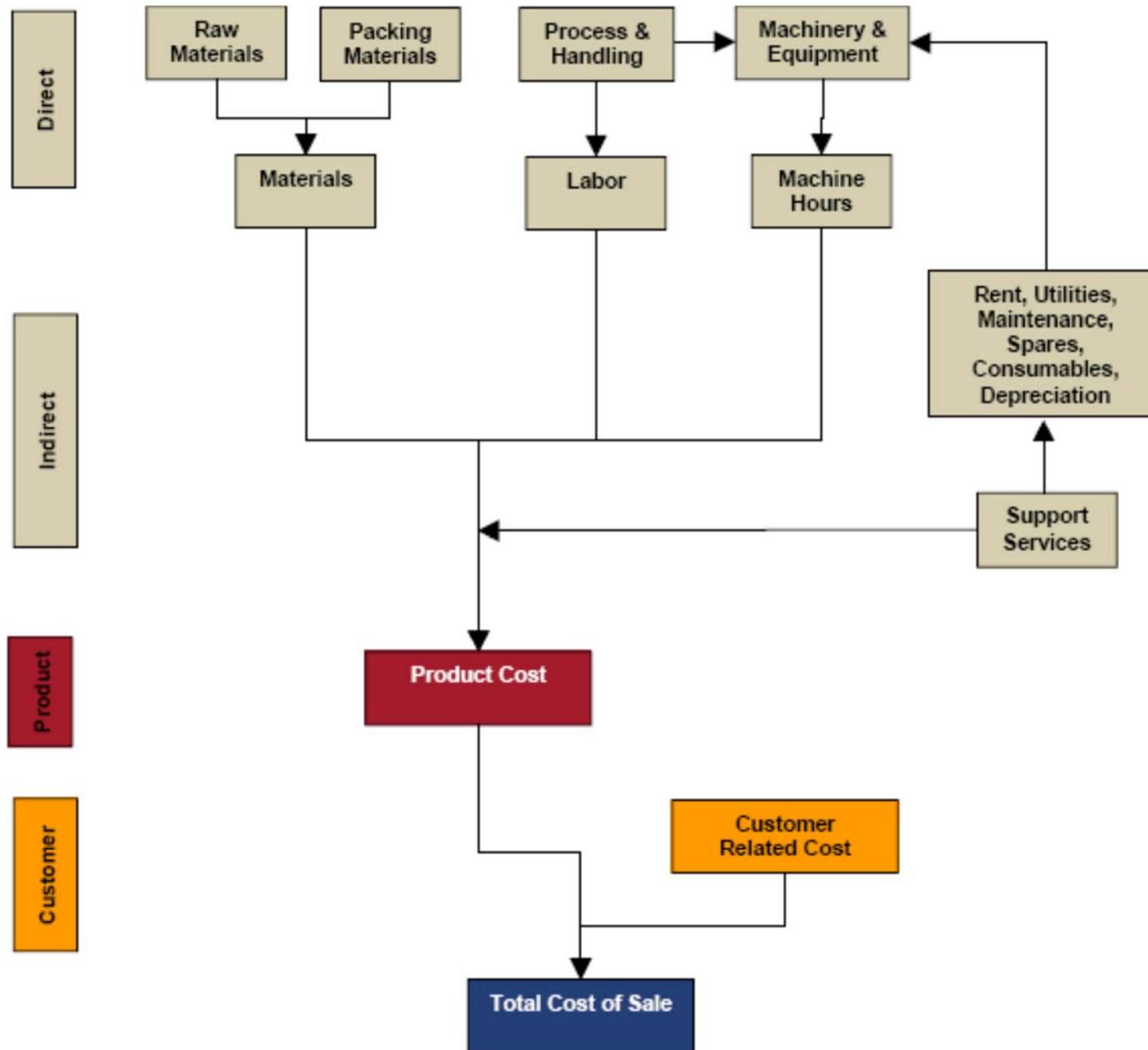
Valeur = Qualité / prix

Pour le concepteur/réalisateur

Valeur = Qualité / Coût

Exemple de décomposition du coût manufacturier d'un produit

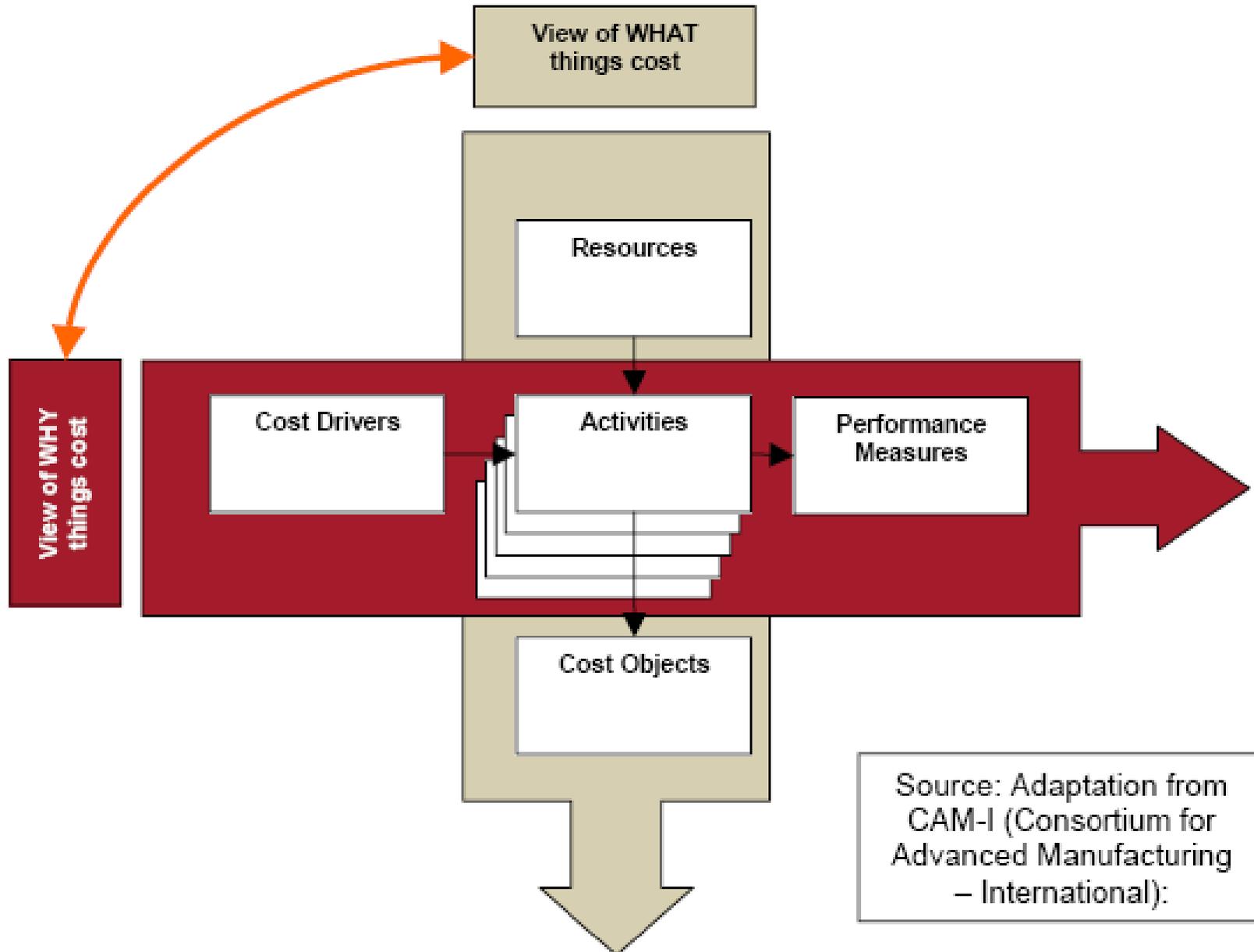
(d'après 3i Infotech, 2007)



Décomposition du coût manufacturier d'un produit : modèle ABC

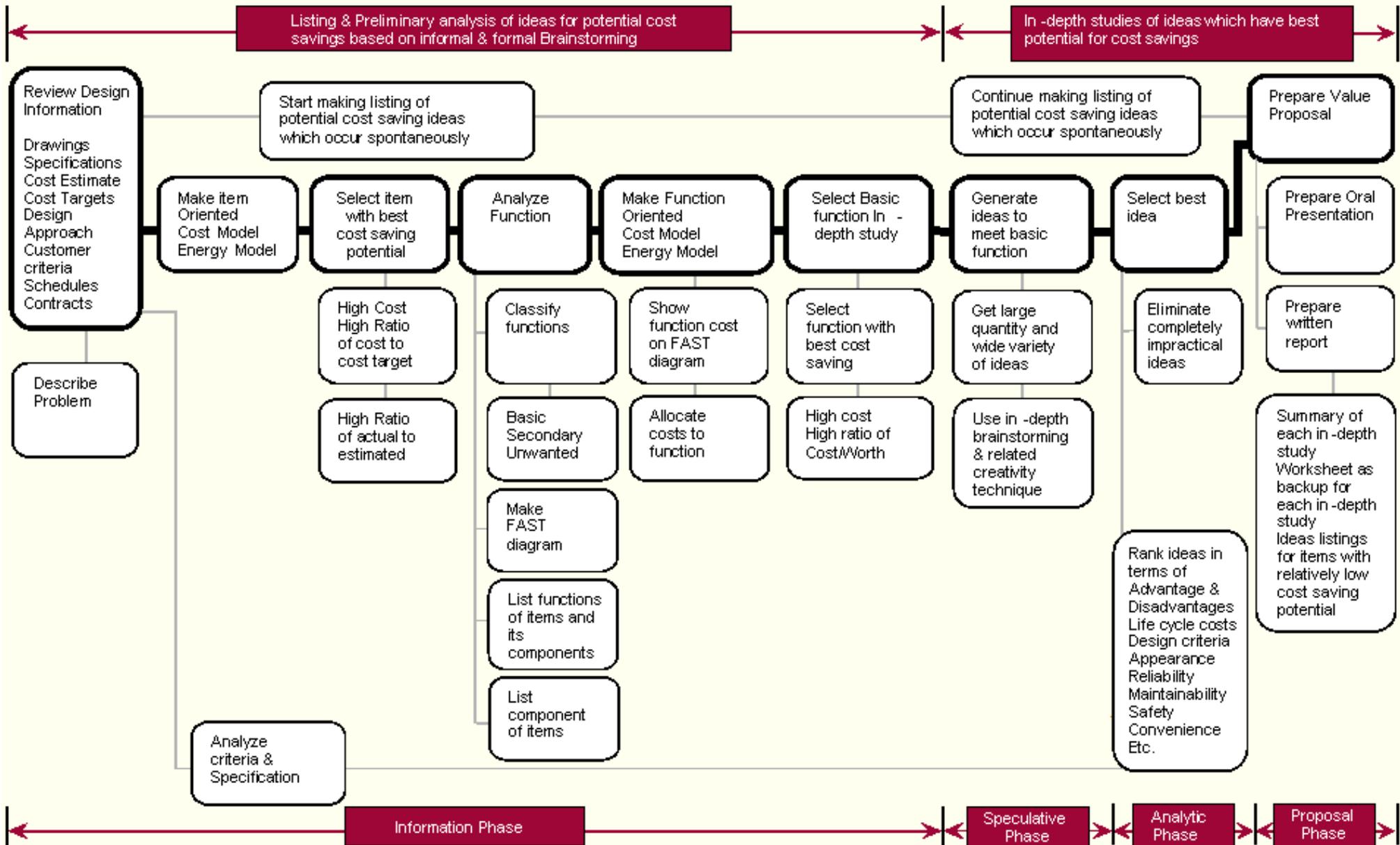
Qu'est-ce qui coûte et pourquoi ?

(d'après 3i Infotech, 2007)



Démarche d'ingénierie de la valeur

(d'après Miles et Erliciher, http://www.12manage.com/methods_miles_value_engineering_fr.html)



L'analyse de la valeur au cours du cycle de vie du projet

Phases du projet	Mise en œuvre de l'analyse de la valeur
Initialisation du projet	<ul style="list-style-type: none"> • identifier les fonctions du produit (CdCF) • estimer le coût de chaque fonction à partir du coût des sous-produits nécessaires à cette fonction (par ex. pour des produits ou projets analogues) • évaluer la pertinence de chaque fonction : (coût / satisfaction utilisateur) ou (coût / respect contraintes imposées) • pondérer puis hiérarchiser les fonctions selon leur importance relative • attribuer un coût max à chaque fonction, selon son importance • comparer le coût relatif de chaque fonction à son importance relative
Élaboration de la solution technique	<ul style="list-style-type: none"> • évaluer, dans la solution proposée, le coût des constituants nécessaires à chaque fonction exigée pour le produit • comparer le coût total de la solution proposée à celui de produits connus • calculer le coût de chaque fonction retenue dans la solution proposée • simplifier la solution proposée en maintenant les performances techniques
Phases aval	<ul style="list-style-type: none"> • diminuer les coûts de production et de contrôle en agissant sur les moyens de production et les services associés

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Analyse de la valeur (« valorisation ») (1/7)

« Méthode de compétitivité organisée et créative visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur par une démarche spécifique de conception à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire »

(AFNOR NF X 50-150)

But: satisfaire le consommateur (qualité) au meilleur coût

Plan de travail type (AFNOR NF X 50-152)

N°	Phases	Décideur	Animateur	Groupe de travail	Services opérationnels
1	Orientation de l'action	●	○		
2	Recherche de l'information		●		○
3	Analyse fonctionnelle conduisant au CdCF		●	●	○
4	Recherche des solutions		●	●	○
5	Étude et évaluation des solutions		○		●
6	1 Bilan prévisionnel		●	○	●
	2 Proposition de choix		●	●	
	3 Décision	●	○		
7	1 Application		○		●
	2 Suivi ou coordination		○		●
	3 Bilan définitif		●		○

● responsabilité

○ participation

Ingénierie de projet

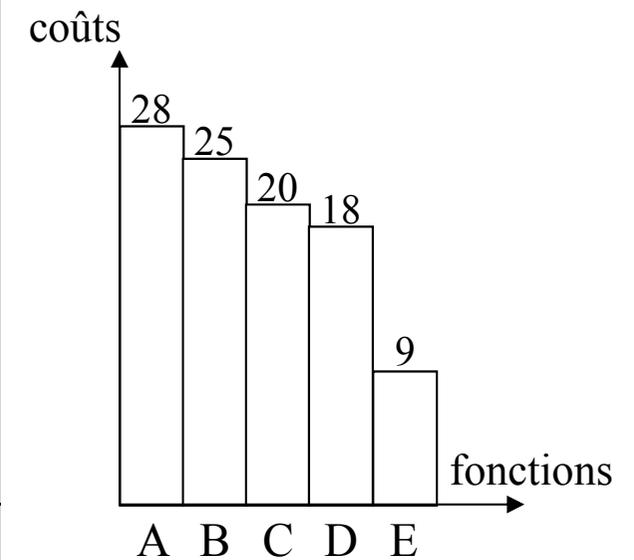
1. conseil, études préliminaires

Analyse de la valeur (« valorisation ») (2/7)

But: satisfaire le consommateur (qualité) au meilleur coût

Exemple: hiérarchisation du coût des fonctions par analyse de leurs composants constitutifs

Composants Fonctions	1	2	3	4	5	Coût des fonctions
A	-	10	-	8	10	28
B	2	...	...	...	...	9
C	3	...	...	...	...	18
D	-	...	...	...	...	20
E	5	...	...	...	...	25
Coût des composants	10	40	5	25	20	Coût total = 100



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Valorisation et hiérarchisation des fonctions: méthode du tri croisé (3/7)

(d'après Gilot et Eichwald, 1993)

- **Comparaison** chiffrée des fonctions entre elles (2 à 2)
- **Valorisation**
- **Hiérarchisation**

1 : légèrement supérieure
 2 : moyennement supérieure
 3 : fortement supérieure

① Comparaison: étape 1 (comparaison de gauche à droite)

Q: quelle est la fonction la + importante entre Fc1 et Fp2 et de combien ?
(fonction ligne toujours en premier; progression de l'analyse: 1 à 6)

R: c'est Fc1 et Fc1 est nettement supérieure à Fp2 (→ Fc1=3)

	Fp2	Fc3	Fc4
Fc1	Fc1=3 ①	Fc3=1 ②	Fc1=2 ③
Fp2		Fp2=3 ④	Fp2=2 ⑤
Fc3			Fc3=3 ⑥

Ordre de progression
de l'analyse

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

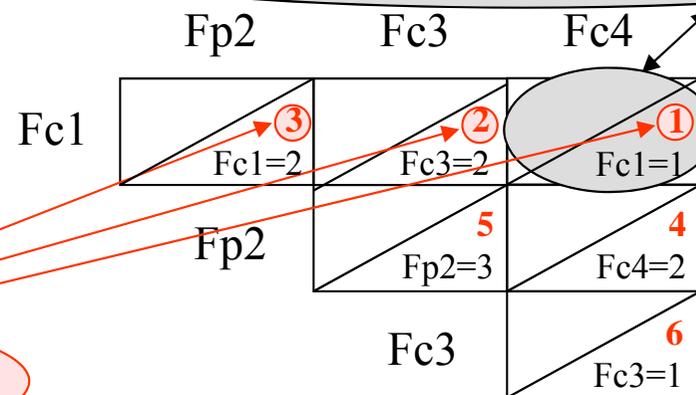
Valorisation et hiérarchisation des fonctions: méthode du tri croisé (4/7)

(d'après Gilot et Eichwald, 1993)

② Comparaison: étape 2 (comparaison de droite à gauche, par d'autres évaluateurs)

Q: quelle est la fonction la + importante entre Fc4 et Fc1 et de combien ?
(fonction colonne toujours en premier; progression de l'analyse: 1 à 6)

R: c'est Fc1 et Fc1 est légèrement supérieure à Fp2 (\rightarrow Fc1=1)



Ordre de progression
de l'analyse

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

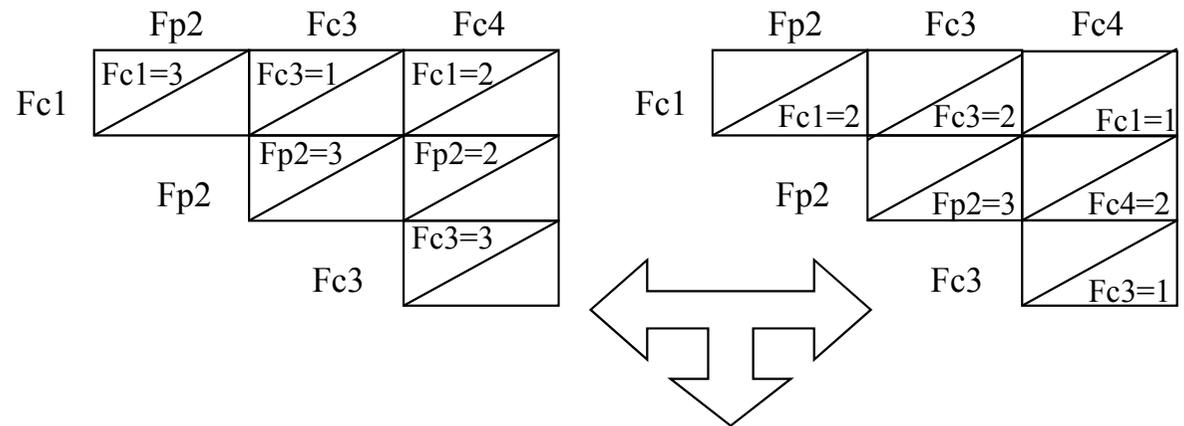
Valorisation et hiérarchisation des fonctions: méthode du tri croisé (5/7)

(d'après Gilot et Eichwald, 1993)

③ Comparaison: étape 3 (notation définitive)

Synthèse des étapes 1 et 2 :

- si notes égales : note confirmée
- si notes différentes : arbitrage
- si notes incompatibles : 0



	Fp2	Fc3	Fc4
Fc1	Fc1=3	Fc3=1	Fc1=2
Fp2		Fp2=3	0
Fc3			Fc3=2

Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Valorisation et hiérarchisation des fonctions: méthode du tri croisé (6/7)

(d'après Gilot et Eichwald, 1993)

④ Valorisation

	Fp2	Fc3	Fc4	Fp5	Fc6	Fc7		Points	%
Fc1	Fc1=3	Fc3=1	Fc1=2	Fc1=3	Fc1=2	Fc7=1	Fc1	10	25
	Fp2	Fp2=3	0	Fp5=1	Fp2=2	Fp2=3	Fp2	8	20
		Fc3	Fc3=2	Fc3=3	Fc3=2	Fc3=1	Fc3	9	22,5
			Fc4	Fc4=1	Fc4=2	Fc3=2	Fc4	3	7,5
				Fp5	Fp5=3	Fc7=1	Fp5	4	10
					Fc6	Fc7=3	Fc6	0	0
						Fc7	Fc7	6	15
							Total	40	100

Exemple : $Fc3 = (1) + (2 + 3 + 2 + 1) = 9$

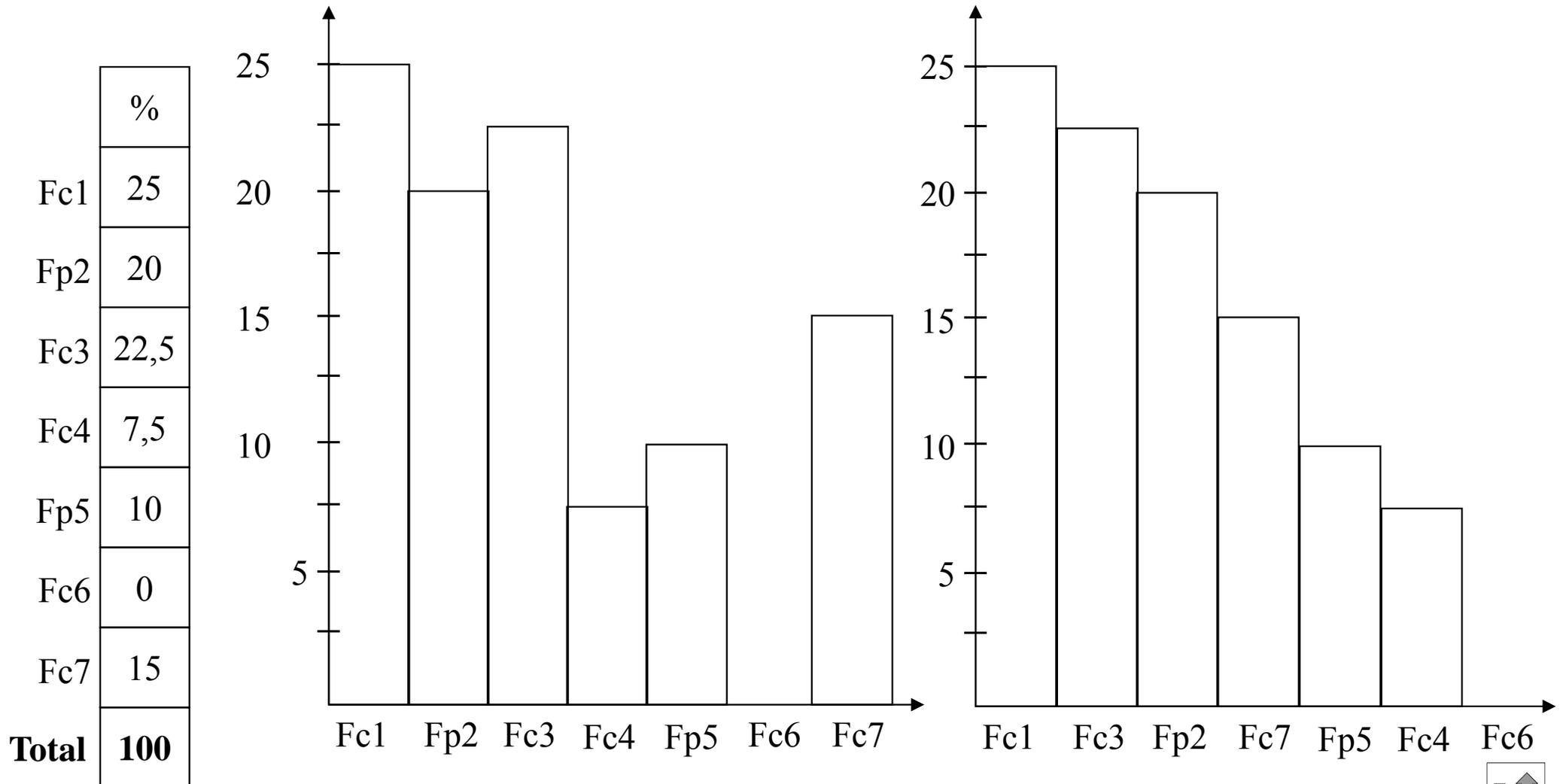
Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

Valorisation et hiérarchisation des fonctions: méthode du tri croisé (7/7)

(d'après Gilot et Eichwald, 1993)

⑤ Hiérarchisation



Ingénierie de projet

1. conseil, études préliminaires

CdCF: cahier des charges fonctionnel

Formalisation du Cahier des charges fonctionnel :

1. Rappeler l'historique et les objectifs du projet ainsi que son cadre de déroulement et les contraintes imposées
2. Décrire le contexte économique du produit (marché, concurrents, clientèle cible)
3. Enoncer le besoin à satisfaire en termes de fonctions et contraintes (sans imposer de choix/solutions techniques à priori) pour réaliser des caractéristiques attendues (caractéristiques techniques, économiques, humaines et de sécurité)
 - a. classer les fonctions
 - b. les caractériser

N°	Désignation	K	Critère	Niveau	Flexibilité	F
1.	<i>Fonctions principales de service</i>					
1.1						
1.2.						
1.3.						
...						
2.	<i>Fonctions secondaires de service</i>					
2.1.						
2.2.						
...						
3.	<i>Contraintes</i>					
3.1.						
3.2.						
...						

Le plan-type d'un CdCF (1/2)

(selon la norme AFNOR X50-151)

1. Présentation générale du problème

1.1 *Projet*

1.1.1 Finalités

1.1.2 Espérance de retour sur investissement

1.2 *Contexte*

1.2.1 Situation du projet par rapport aux autres projets de l'entreprise

1.2.2 Etudes déjà effectuées

1.2.3 Etudes menées sur des sujets voisins

1.2.4 Suites prévues

1.2.5 Nature des prestations demandées

1.2.6 Parties concernées par le déroulement du projet et ses résultats (demandeurs, utilisateurs)

1.2.7 Caractère confidentiel si il y a lieu

1.3 *Enoncé du besoin* (finalités du produit pour le futur utilisateur tel que prévu par le demandeur)

1.4 *Environnement du produit recherché*

1.4.1 Listes exhaustives des éléments (personnes, équipements, matières...) et contraintes (environnement)

1.4.2 Caractéristiques pour chaque élément de l'environnement

2. Expression fonctionnelle du besoin

2.1 *Fonctions de service et de contrainte*

2.1.1 Fonctions de service principales (qui sont la raison d'être du produit)

2.1.2 Fonctions de service complémentaires (qui améliorent, facilitent ou complètent le service rendu)

2.1.3 Contraintes (limitations à la liberté du concepteur-réalisateur)

Le plan-type d'un CdCF (2/2)

(selon la norme AFNOR X50-151)

2.2 *Critères d'appréciation* (en soulignant ceux qui sont déterminants pour l'évaluation des réponses)

2.3 *Niveaux des critères d'appréciation et ce qui les caractérise*

2.3.1 Niveaux dont l'obtention est imposée

2.3.2 Niveaux souhaités mais révisables

3. Cadre de réponse

3.1 *Pour chaque fonction*

3.1.1 Solution proposée

3.1.2 Niveau atteint pour chaque critère d'appréciation de cette fonction et modalités de contrôle

3.1.3 Part du prix attribué à chaque fonction

3.2 *Pour l'ensemble du produit*

3.2.1 Prix de la réalisation de la version de base

3.2.2 Options et variantes proposées non retenues au cahier des charges

3.2.3 Mesures prises pour respecter les contraintes et leurs conséquences économiques

3.2.4 Outils d'installation, de maintenance ... à prévoir

3.2.5 Décomposition en modules, sous-ensembles

3.2.6 Prévisions de fiabilité

3.2.7 Perspectives d'évolution technologique

Treize recommandations pour construire un CdCF

(d'après Fernez-Walch, 2000)

1. Bien énoncer le projet pour éviter de concevoir un produit qui ne satisfera pas le consommateur
2. Soigner la formulation du concept général du produit
3. Ne pas oublier les utilisateurs annexes du produit
4. S'accorder du temps pour identifier le marché du produit (analyse de l'existant, projections, ...)
5. Bien comprendre que le partenaire est le concepteur-réalisateur du produit
6. Bien situer le contexte du produit (interlocuteurs, liens avec d'autres projets, ...)
7. Bien poser les contraintes, les faire valider par les décideurs
8. N'oublier aucune contrainte
9. Définir les fonctions de service (à partir des attentes de l'utilisateur) et les fonctions de contrainte (à partir des contraintes préalablement identifiées dans l'étude du contexte)
10. Décrire précisément les composantes de l'environnement du produit
11. Prendre en compte le cycle de vie du produit et pas seulement la phase d'utilisation
12. Ne pas présenter des solutions ou des tâches sur le FAST
13. Distinguer « critère d'appréciation d'une fonction » et « critère d'évaluation du projet »

Exemple de CdCF pour l'aménagement d'une zone d'ébouillantage d'escargots

(Richer, *Techniques de l'Ingénieur*, 2009)

Projet : modifier une zone de préparation d'escargots dans un espace de 100 m² afin d'éviter le croisement produit sain/produit souillé.
Produit : escargots livrés vivants.
Procédé : discontinu : ébouillantage nécessaire avant décoquillage, dégorgeage et blanchiment des chairs.
Objectifs qualitatifs : séparer dans l'espace les opérations d'ébouillantage et de blanchiment pour éviter la contamination de la zone de blanchiment.
Objectifs quantitatifs : masse à traiter : 30 kg de chairs/8 heures

Fonction principale de la zone	Ébouillanter
Fonctions complémentaires (ou fonctions contraintes)	1 : réceptionner les escargots vivants
	2 : sans croisement entre escargots vivants et escargots décoquillés, ni entre escargots vivants et blanchis
	3 : décontaminer
	4 : avec du matériel dédié à cette opération
Critères d'évaluation	1 : accès extérieur
	2 : zone distincte de la zone de blanchiment et de la zone de décoquillage
	3 : maintenir la température d'ébullition pendant 7 minutes
	4 : bassine de cuisson dédiée aux produits souillés
Performances	1 : porte donnant sur le quai de livraison
	2 : schéma des flux produit réels sans croisement (local ébouillantage indépendant, accès décoquillage par une porte)
	3 : analyses coliformes : < 1 000 UFC/g
	4 : capacité bassine : 15 kg d'escargots vivants dans un volume d'eau suffisant pour une reprise d'ébullition rapide
Hiérarchisation	1 : prioritaire
	2 : prioritaire
	3 : prioritaire
	4 : accessoire

Exemple de CdCF pour l'amélioration d'une zone de refroidissement après cuisson de pâtisseries

(Pignault, Sohier, *Techniques de l'Ingénieur*, 1997)

Projet : modifier une zone de refroidissement à température ambiante située dans un espace de 500 m² afin d'améliorer la qualité microbiologique du produit et les temps de conservation.

Produit : pâte cuite en couche continue.

Procédé : continu, refroidissement nécessaire avant tranchage longitudinal par lames circulaires.

Objectifs qualitatifs : augmentation de la contamination du produit dans la zone inférieure à 20 germes totaux et 10 levures moisissures par unité produit (50 g).

Objectifs quantitatifs : débit correspondant à 500 unités/heure.

Fonctions principales de la zone	Refroidir	Convoyer
Fonctions complémentaires	1 : rapidement	1 : rapidement
	2 : éviter condensation	2 : proprement
	3 : sans contaminer	3 : sur une longueur limitée
	4 : jusqu'à 20 ×C	
Critères d'évaluation	1 : temps de séjour	1 : temps de convoyage
	2 : humidité relative de l'air	2.1 : augmentation de la charge microbienne 2.2 : nature du tapis
	3 : contamination de l'air	3 : distance de convoyage
	4 : température des matières en sortie de tunnel	
Performances	1 : < 10 min	1 : < 10 min
	2 : < 50 % HR	2.1 : < 10 germes totaux par unité produit 2.2 : tapis uniforme synthétique
	3 : < 10 germes totaux/m ³	3 : < 40 m
	4 : 19 à 21 ×C	
Hiérarchisation	1 : accessoire	1 : accessoire
	2 : important	2.1 : prioritaire 2.2 : important
	3 : prioritaire	3 : contrainte espace existant
	4 : contrainte procédé	



Biblio Analyse Fonctionnelle

Bibliographie

- de la BRETESCHE B., *coord.* La méthode APTE : analyse de la valeur, analyse fonctionnelle. Editions Pétréle, Paris, 2000
- CHEVALLIER J. Produits et analyse de la valeur. AV et analyse fonctionnelle: deux clés pour un produit performant. CEPADUES Editions, 1989
- TASSINARI R. Pratique de l'analyse fonctionnelle. Dunod, Paris, 1997

Webographie

- <http://www.si.ens-cachan.fr/ressource/r11/afb.pdf>
- <http://www.ac-reims.fr/datice/sti/documents/docisi.htm>
- http://rb.ec-lille.fr/l/Analyse_Fonctionnelle/RemiBacheletGuideDe_1_AF.PDF
- http://cpge.pissarro.free.fr/Baguet/AnalyseFonctionnelle/CO_AnalyseFonctionnelleNB.pdf

Des exemples d'analyse fonctionnelle

- http://pedagogie.ac-toulouse.fr/biotech-sante-envir/3_analyse_fonctionnelle_exemples_en_equipements.pdf
- http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/sti/echange/tsa/analyse_fonctionnelle/ref-etude%20fonction%20moulinet.zip

Une vidéo sur la rétro-ingénierie

- http://www.dailymotion.com/video/x3i8at_retroingenierie_tech

Ingénierie de projet

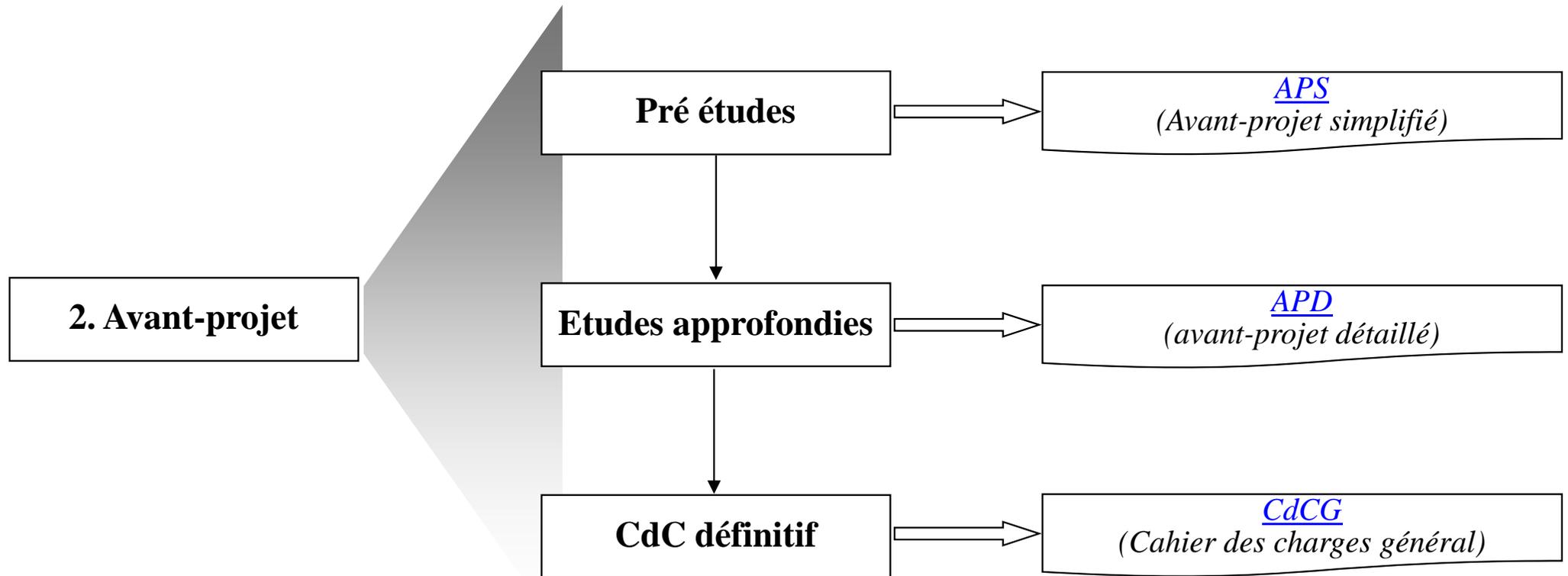
1. conseil, études préliminaires *DBT: dossiers de base techniques*

- caractéristiques produit
- diagramme des opérations de process
- équipements mis en œuvre
- schémas des liaisons fonctionnelles
- évolutions possibles



Ingénierie de projet

1. avant-projet



Ingénierie de projet

2. Avant-projet

APS: avant-projet simplifié (ou sommaire)

- Inventaire des caractéristiques “produit”
- Formalisation des schémas procédés
- Analyse des flux matières
- Choix des modules de procédé
- Etude d’optimisation des installations de production
- Comparaison technique et financière des différentes solutions
- Principes d’exploitation de protection sécurité et environnement
- Etude du plan de masse et des bâtiments
- Estimatif des dépenses d’investissement et d’exploitation
- Calendrier prévisionnel de réalisation



Ingénierie de projet

2. Avant-projet

APD: avant-projet détaillé

- Etudes de fonctionnement
- Notes de calcul
- Plan d'implantation des matériels
- Plans détaillés et spécifications pour appel d'offres
 - équipements de fabrication
 - génie civil, gros oeuvre, second oeuvre
 - fluides
 - électricité, automatisation , instruments
- Contrôle et coordination des études d'exécution des constructeurs et entrepreneurs
- Etablissement du calendrier des travaux et optimisation des délais
- Détermination du budget et de l'échéancier des paiements



Ingénierie de projet

2. Avant-projet

CdCG: cahier des charges général

1. Clauses commerciales: prix, quantités, conditions financières
2. Planning du programme: délais des différentes tâches, échéanciers de fourniture
3. Clauses techniques (= spécifications techniques de besoin)
 - le produit et son utilisation (mode et domaine d'utilisation)
 - directives de conception et de réalisation
 - conditions d'environnement
 - définition des interfaces
 - interchangeabilité
 - fiabilité requise
 - normes à respecter
 - ...
4. Clauses de qualité et de réception
 - procédures de construction
 - procédures d'Assurance Qualité
 - opérations de recette, contrôle, qualification
5. Clauses de garantie
 - garanties de constructeur
 - conditions d'utilisation du produit
6. Clauses de maintenance
 - nature de la maintenance (curative, préventive), fréquence, procédure et personnel d'intervention
7. Clauses administratives et juridiques
 - règles entre partenaires, pénalités, arbitrage, assurances

Cahier des charges : exemple de rubriques pour un projet « travaux neufs »

- Les fonctions à réaliser
- Les limites de fourniture
- Les performances à garantir
- Les exigences maintenance à respecter
- Les exigences qualité à respecter
- La protection, sécurité, environnement
- Poste de conduite
- Caractéristiques techniques
- Critères de validation
- Contrôles de réception
- Formation du personnel
- Documentation à fournir
- Planning d'intervention

Un exemple de prestations amont offertes par un cabinet d'ingénierie : le cabinet SECIA Ingénierie (<http://www.cecias.com/>)

Missions préalables : pré-études

- ***Etude de faisabilité***

Elle permet, à travers un programme succinct, des plans, une approche budgétaire et un planning prévisionnel, d'étudier la faisabilité technico-économique d'un projet. Le dossier ainsi constitué permet de présenter le projet dans l'entreprise et aux intervenants extérieurs : banques, administrations...

- ***Schéma directeur***

Basé sur un ou plusieurs sites, il permet d'inventorier les problématiques et de définir un programme incluant des diagrammes, différentes esquisses, dossier de plans de la solution retenue avec chiffrage, phasage et planning prévisionnel

- ***Définition du programme de travaux***

Assistance à la définition et à la mise en forme du programme

- ***Définition des process***

Assistance à la définition des machines et procédés en regard des objectifs de production

- ***Relevé des existants***

avec saisie informatique des plans

Un exemple de prestations complémentaires offertes par un cabinet d'ingénierie : le cabinet SECIA Ingénierie (<http://www.cecias.com/>)

Missions spécifiques

- ***Etude de flux***

Études qualitatives (diagrammes), quantitatives (avec analyse des chiffres), modélisations, préconisations de solutions

- ***Etude d'optimisation de la productivité***

Analyse des flux et des volumes, études de poste, études de mécanisation/automatisation de la production, assistance à la mise en ligne de procédés

- ***Audit technique***

Installations frigorifiques, électricité courants forts et courants faibles, ventilation, aéraulique climatisation, fluides, plomberie

- ***Audit industriel***

Bâtiment, utilités et process sous l'angle technique, administratif, sécurité, environnemental

- ***Audit sécurité***

Protection incendie, code du travail

- ***Assistance à la réalisation de dossiers d'agrément CE***

Diagrammes de flux, plans, descriptifs des matériaux

Un exemple de prestations MOE offertes par un cabinet d'ingénierie : le cabinet SECIA Ingénierie (<http://www.cecias.com/>) (1/2)

- ***Avant-projet sommaire, détaillé***

- Relevés sur site,
- Prise des éléments de programme,
- Études de flux permettant de définir le concept adapté aux exigences du programme et des contraintes d'exploitation,
- Présentation des solutions esquissées,
- Estimatif des prestations de la solution retenue.

- ***Dossier permis de construire***

- Recueil des infos et contraintes administratives,
- Préparation du dossier de permis de construire pour dépôt par le maître d'ouvrage.

- ***Dossier de consultation des entreprises, appels d'offres***

- Préparation du dossier de consultation des entreprises par corps d'état séparés avec cahiers des charges et plans.

- ***Assistance au choix des entreprises et rédaction des marchés de travaux***

- Consultation des entreprises choisies d'un commun accord avec le maître d'ouvrage,
- Comparaison des offres reçues,
- Organisation des réunions d'adjudication,
- Assistance au maître d'ouvrage pour le choix des entreprises.
- Rédaction des marchés de travaux.

Un exemple de prestations MOE offertes par un cabinet d'ingénierie : le cabinet SECIA Ingénierie (<http://www.cecias.com/>) (2/2)

- ***Vérification des plans d'exécution***

- Validation,
- Coordination des plans d'exécution des différents intervenants.

- ***Suivi du chantier***

- Planification, contrôle, coordination, détails techniques,
- Direction des travaux,
- Vérification de la conformité des ouvrages avec les documents d'exécution et les stipulations des marchés.

- ***Réception des travaux***

- Visites de pré-réception, contrôle des performances, établissement des procès verbaux de réception.
- Le maître d'œuvre assiste le maître d'ouvrage :
 - * aux opérations préalables à la réception des ouvrages avec établissement du procès verbal,
 - * pour la levée des réserves en finition,
 - * à la réception des ouvrages.

- ***Assistance à la mise en service***

- Mise en service de l'ouvrage avec assistance de la maîtrise d'œuvre.

Ingénierie séquentielle vs. ingénierie concurrente

(d'après Levan, 2004)

