



OFPPT

ROYAUME DU MAROC

---

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail  
*Direction Recherche et Ingénierie de la Formation*

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE 14 : Conduite et gestion de projets d'industrialisation**

**Secteur : FABRICATION MECANIQUE**

**Spécialité : Technicien Spécialisé en Méthodes de  
Fabrication Mécanique**

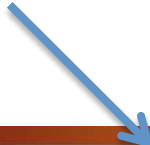
**Niveau : Technicien Spécialisé**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

### MODULES ISTA



The screenshot shows the website's header with a navigation menu: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, SE CONNECTER. The logo 'Maroc Etude.Com' is on the left, and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique' is on the right. Below the header are links for 'Annonces Google', 'Emploi Maroc', 'Messagerie', 'Telecharger Un Jeu', and 'Maroc Annonces'. A search bar is on the right. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a '-20%' discount and a coupon code. The ad includes the text: 'Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement', 'MacKeeper -20%', 'Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code', and 'Apply Discount Automatically'. Below the ad is the quote: '"On ne jouit bien que de ce qu'on partage"' [Madame de Genlis]. On the left side, there is a login section with fields for 'Identifiant' (containing 'sniper') and 'Mot de passe', and a 'Connexion' button. On the right side, there is a sidebar with 'Annonces Google' and a list of links: 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile', '(Outil de Diagnostic)', 'Wi-Fi / Ethernet', 'Console de jeu', 'Imprimante', and 'Messagerie'.

**Document élaboré par :**

**Nom et prénom  
Octavian ALBU**

**CDC Génie Mécanique**

**DRIF**

**Actualisé et saisie par :**

**Révision linguistique**

- 
- 
- 

**Validation**

- ETTAIB Chouaïb
-

## **MODULE 14 : CONDUITE ET GESTION D'UN PROJET D'INDUSTRIALISATION**

Code :	Théorie :	30 %
Durée : 40 heures	Travaux pratiques :	64 %
Responsabilité : D'établissement	Évaluation :	6 %

### **OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE SITUATION**

#### **COMPÉTENCE**

Conduire et gérer un projet d'industrialisation d'un ensemble mécanique.

#### **PRÉSENTATION**

Ce module de compétence particulière, constitue le module de synthèse de fin de formation.

#### **DESCRIPTION**

L'objectif de ce module est de faire acquérir les connaissances et les attitudes relatives à la démarche de projet d'industrialisation d'un produit (mécanique) dans un Bureau des méthodes en construction mécanique. Il traite l'ensemble des techniques et des méthodes de gestion et de conduite de projet en assurance qualité. Il place le stagiaire en situation de participant ou acteur dans le projet.

#### **CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT**

Dès la première rencontre, il est essentiel de sensibiliser le stagiaire à l'importance de ce module. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que la décision finale, quant au choix du projet appartient au formateur.

Exposé des principes de travail, suivi d'un cas d'application.

Travail en équipe.

Le travail minimum correspondra au cahier des charges.

Il est conseillé aux stagiaires de rechercher dans la mesure du possible un sujet lié à l'entreprise dans laquelle ils effectuent leur stage.

Durant la phase de réalisation du projet, l'équipe de formateurs limitera ses interventions à celle qu'aurait un responsable de bureau de méthodes sans s'impliquer dans le dossier du stagiaire.

Dans la limite du règlement intérieur de l'établissement, les stagiaires auront accès aux banques de données professionnelles, outils informatiques ainsi que la possibilité de se déplacer.

OBJECTIFS	ELEMENTS DE CONTENU
1. Connaître l'intervention d'un « méthodiste » dans un projet d'industrialisation d'un produit mécanique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le cycle de vie d'un produit,</li> <li>- La perception et l'étude de besoin,</li> <li>- La conception,</li> <li>- Les interfaces.</li> </ul>
2. Décrire le comportement à adopter en groupe de projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notions de projet,</li> <li>- Etapes du projet,</li> <li>- Qualité et assurance qualité,</li> <li>- Les différents intervenants dans un projet (auteur, acteur et pilote),</li> <li>- Notions sur la gestion des projets,</li> <li>- Travail d'équipe : nécessité et limites,</li> <li>- Esprit et dynamique de groupe.</li> </ul>
3. Décrire les étapes de la planification et expliquer les outils utilisés à chaque étape	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etapes de la planification,</li> <li>- Outils adaptés à chaque étape.</li> </ul>
4. Avoir le sens de responsabilité individuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définition des objectifs de travail,</li> <li>- Observation des règles de travail,</li> <li>- Qualités personnelles à développer,</li> <li>- Qualités complémentaires (en rapport avec le travail de groupe) à développer.</li> </ul>
5. Préciser les critères et modalités de contrôle de résultat (les indicateurs de mesures et tableau de bord)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les indicateurs de mesure,</li> <li>- Les tableaux de bord.</li> </ul>
<p><b>PHASE 1 :</b> Structuration et mise en œuvre d'un projet d'industrialisation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vérifier la faisabilité du projet</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyse de besoin : méthode et outils,</li> <li>- Etude de faisabilité : méthode et outils.</li> <li>- L'étude portera sur la réalisation d'un dossier de mise en fabrication d'un ensemble mécanique ou sous-ensemble mécanique pour un cadencement minimum de 30 ensembles par mois durant 3 ans à un cadencement de grande série.</li> <li>- Etude des plans, propositions éventuelles de modifications au bureau d'étude, qui amélioreraient la qualité du produit ou son coût de fabrication (coût matière ou coût main d'œuvre)</li> </ul>

- **Elaborer le plan de travail et planifier les opérations selon une démarche Assurance Qualité (AQ)**
  - Plan de travail selon la démarche AQ : prévoir, organiser, gérer et contrôler
  - Définition des activités et des actions à entreprendre
- **Estimer les coûts et les durées de réalisation**
  - Estimation des temps des différentes activités,
  - Définition des ressources et matériels,
  - Evaluation des coûts : budgétisation,
  - Plannings de Gantt,
  - PERT
- **Mettre en œuvre la production du groupe de travail**
  - Influence des retards sur le coût global,
  - La mise en œuvre du projet,
  - Répartition des tâches dans le groupe,
  - Production et responsabilité individuelle
- **Assurer le suivi et la traçabilité des réalisations et archivage**
  - Tableau de bord et de suivi de projet
  - Rédaction des rapports de synthèse de chaque étape,
  - Rédaction des consignes,
  - Traçabilité et archivage.

6. Communiquer autour d'un projet (avec client, fournisseur, sous-traitant et hiérarchie),

- Les techniques et technologie de l'information,
- La déformation de l'information,
- Les techniques d'une communication efficace verbale, écrite et comportementale (études de cas),
- Circulation d'information dans l'équipe de travail : réunions, discussions, lettre d'information, circulaire, téléphone, télécopie, ...
- Analyse d'une situation ou un problème et recherche des solutions en groupe
- Réunions de négociation et de revues de projet avec des clients ou des fournisseurs

7. Gérer le système documentaire.

**PHASE 2 : Conduite et développement du projet**

- Système documentaire,
- Gestion de la documentation,
- A propos des 5S et de l'archivage.

- **Effectuer une recherche documentaire et documenter son processus de travail pour les normes ISO**
  - Normes ISO
  - Rédaction d'une procédure en assurance qualité,
  - Recherche documentaire et procédure correspondante,
  - Le concept « zéro papier » dans la documentation.
  
- **Réaliser les travaux demandés et constituer le dossier de mise en fabrication du produit**
  - La mise en œuvre d'un ensemble ou sous-ensemble mécanique en respectant un cahier des charges (à définir entre le stagiaire et l'entreprise ou sans formateur)
    - Création ou modification de la nomenclature si nécessaire,
    - Etablissement d'une fiche de fonctionnement de l'ensemble.
    - Développement de l'analyse de produit,
    - Réalisation de la gamme de montage à partir de l'analyse de produit,
    - Schématisation de l'implantation d'un poste de travail d'une phase de la gamme de montage (après accord du formateur ou de l'entreprise sur le travail à prendre en compte),
    - Elaboration de la gamme de fabrication d'une pièce représentative, pour des cadences de production différentes. Il peut s'agir d'une ou plusieurs pièces selon la complexité,
    - Dans tous les cas le stagiaire aura à argumenter ses choix technologiques et économiques,
    - Etude de phase à partir de barème de temps qui seront impérativement fournis à l'équipe de formateurs. L'étude de temps portera sur la gamme à élaborer,
    - Dessin d'outillage ou d'un montage d'usinage, de contrôle, de positionnement ou d'assemblage se rapportant à la



gamme,

- Tout travail supplémentaire sera pris en compte dans la notation finale du projet.

- **Rendre compte de l'avancement de ses travaux, des difficultés ou anomalies rencontrées par rapport au cahier des charges et à l'avant projet**
  - La fonction ordonnancement dans un projet,
  - Le délai un paramètre déterminant dans la satisfaction du client,
  - Respect des échéances concernant la production du groupe,
  - Encadrement et suivie du projet,
  - La relation client/fournisseur interne,
  - Revues de vérification et validation de projet,
  - Revues : d'étapes, de phase, de projet.

8. Savoir s'exprimer techniquement

- Le message essentiel,
- Les techniques d'expression,
- La conclusion efficace.

9. Argumenter et justifier ces choix

- L'induction et la déduction,
- Les références,
- Le recours aux professionnels et spécialistes.

### **PHASE 3 : Synthèse du travail d'équipe**

- **Présenter les propositions aux personnes concernées et en discuter**
  - Organisation et préparation du travail,
  - Présentation et discussion du dossier.
  - Dossiers suivant la norme ISO,
  - Annexes.
- **Finalisation du dossier de fabrication**
  - Procédure de soutenance de projet,
- **Livraison et soutenance du projet par les membres de l'équipe**
  - La livraison du produit,
  - La soutenance du projet et l'évaluation.

## SOMMAIRE

N°	DENOMINATION	PAGE
<b>CHAPITRE 1</b>	<b>MANAGEMENT DE PROJET</b>	9
1.1.	PERIODES PRINCIPALES DU PROJET	9
1.2.	PRINCIPES DE CLASSEMENTS	11
1.3.	PROCESSUS STRATEGIQUES	13
1.4.	PROCESUS DE MANAGEMENT DES OBJECTIFS	16
1.5.	PROCESSUS DE MANAGEMENT DES MOYENS	25
1.6.	MANAGEMENT DES PROCESSUS TECHNIQUES	33
1.7.	MANAGEMENT DES PROCESSUS D' INTEGRATION	37
1.8.	MANAGEMENT DES RISQUES	40
1.9.	CONCLUSION	42
<b>CHAPITRE 2</b>	<b>CAS D' UNE MICRO- PERCEUSE</b>	43
2.1.	PHASE 1. FAISABILITE	43
2.2.	RESULTAT DE L' ETUDE DE FAISABILITE	45
2.3.	PHASE 2. DEFINITION DU PROJET	47
2.4.	PHASE 3. PLANIFICATION OPERATIONNELLE	53
<b>CHAPITRE 3</b>	<b>COMPETITIVITE DES PRODUITS</b>	57
3.1.	LES COMPOSANTES DE LA COMPETITIVITE D' UN PRODUIT	57
3.2.	MISE EN ŒUVRE DE LA COMPETITIVITE	59
3.3.	OUTILS D'AIDE À LA REFLEXION, À L'ANALYSE ET À LA DECISION	62
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>L'INDUSTRIALISATION DES PRODUITS. LA DEMARCHE PRODUCTIQUE</b>	65
4.1.	LA DEMARCHE PRODUCTIQUE	66
4.2.	EXEMPLE D'UN DEMARCHE PRODUCTIQUE VECUE EN ENTREPRISE	70
<b>CHAPITRE 5</b>	<b>APPLICATION PRATIQUE</b>	72
5.1.	MISE EN SITUATION	72
5.2.	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	73
5.3.	CONSTRUCTION DU PROJET DE GAMME DE FABRICATION	77
5.4.	PARAMETRES TECHNICO -ECONOMIQUES	82
5.5.	REGLES DE REGRUPEMENT D' OPERATIONS	83
5.6.	AVANT PROJET DE LA SEMELLE DE MICRO -PERCEUSE	86
5.7.	LE CONTRAT DE PHASE	86
5.8.	REGLES CONCERNANT L'ORDONNANCEMENT DES OPERATIONS	93
5.9.	ANALYSE TEMPORELLE DES PHASES	94
<b>CHAPITRE 6</b>	<b>PORTE- PIECES</b>	98
6.1.	SOLUTION SPECIFIQUE	98
6.2.	SOLUTION MODULAIRE	98
6.3.	COMPARAISON DES SOLUTIONS CONSTRUCTIVES	101
<b>CHAPITRE 7</b>	<b>L'ORGANISATION DE LA PRODUCTION</b>	104
7.1.	GESTION DES TEMPS	104
7.2.	ORGANISER UNE PRODUCTION	110
<b>CHAPITRE 8</b>	<b>ANALYSE DES DIFFERENTES ETAPES D' ELABORATION DU PLANNING</b>	120
8.1.	PRODUCTION SUR PREVISIONS : LA GESTION MRP	124
8.2.	PRODUCTION PAR LA DEMANDE : LE SYSTEME KANBAN	125

## CHAPITRE 1 : MANAGEMENT DE PROJET

### Les processus (d'après ISO 10006)

Dans les ouvrages traitant du management en général, la place accordée au management de projet n'est pas très développée. Bien qu'il soit pratiqué implicitement depuis des siècles, il y est d'ailleurs souvent présenté comme une novation.

Cela est dû à la multiplication récente des projets, imposée par l'accroissement de la concurrence et la complexité des nouvelles techniques. On a, dès lors, distingués, dans le management de l'entreprise, le mode opérationnel et le mode entrepreneurial. Néanmoins, peu d'auteurs soulignent que, entre ces deux modes, il existe une différence de nature.

Le **management opérationnel** est destiné à pérenniser un organisme, en lui donnant les moyens d'une stabilité (souvent lentement évolutive), reposant sur la répétition d'actions connues et optimisées, ce qui permet d'acquérir une certaine sécurité.

Le **management de projet** se fixe au contraire pour objectif le passage pour l'entreprise d'un état stable à un autre, espéré meilleur : il agit dans un contexte incertain, avec des moyens temporaires. Il y a discontinuité.

Entre les deux modes de management existe la même différence qu'en physique entre l'étude des régimes transitoires et celle des phénomènes permanents.

Les deux ne relèvent pas de la même logique. Le management opérationnel relève d'une logique déterministe ou, au moins, statistique; le management de projet se situe dans un contexte le plus souvent imprévisible et plutôt chaotique.

La **caractéristique essentielle d'un projet** est donc d'être une activité temporaire, avec un début et une fin, un objectif de résultat identifiable et des ressources permettant un bilan individuel (déconnecté du bilan général de l'entreprise). Le projet est également singulier (deux projets ne sont presque jamais identiques), novateur et plus ou moins complexe (nombre et implication des parties prenantes).

Il s'inscrit néanmoins dans le développement d'un programme de management de l'entreprise, entre les phases de recherche et celles de production.

### 1. 1. PERIODES PRINCIPALES DU PROJETS

Le projet se présente souvent comme une **séquence d'événements et d'activités** qui ne sont pas nécessairement exécutées par les mêmes opérateurs. On peut, presque toujours, distinguer :

- une première période, qui va de l'idée initiatrice du projet à la décision formelle de le réaliser ;
- une seconde période, qui va de cette décision à la mise en utilisation du résultat.

Il peut y avoir recouvrement entre ces deux périodes :

- La **première période** est entièrement menée sous la responsabilité de l'organisme qui va en décider, qui en sera souvent (mais pas toujours) le propriétaire et l'exploitant (directement ou non). Différentes parties prenantes peuvent participer à cette décision qui doit conduire, entre autres, à la définition plus ou moins élaborée des objectifs du projet et à la désignation d'un représentant officiel du groupe décisionnel, le **directeur du projet**.

- La **seconde période** couvre l'activité des réalisateurs, qui oeuvrent à l'exécution sous la responsabilité d'un ou plusieurs chefs de projet.

Dans beaucoup de secteurs industriels, le directeur de projet est appelé représentant du maître d'ouvrage, le (ou les) chef(s) de projets, représentant(s) du maître d'oeuvre.

Dans le cas particulier du BTP (Bâtiment - Travaux publics), la loi « MOP » (Maîtrise d'ouvrage publique), définit précisément le rôle et les responsabilités de l'un et de l'autre, et interdit la confusion des rôles, ce que l'on rencontre quelquefois dans les projets privés, surtout les petits.

Cette distinction est également souvent nécessaire dans les autres secteurs d'activité. On peut la schématiser par la figure 1, qui montre les phases du projet. Chaque période peut d'ailleurs se fractionner en un plus grand nombre de phases que sur le schéma.

Par ailleurs, si la première période est sensiblement analogue dans tous les types de projets, (cohérence, pertinence, consistance du projet) la seconde période est assez différente selon que l'on se trouve dans un projet « ouvrage » ou dans un projet « produit ».

Le projet d'ouvrage a pour objectif la construction d'un objet unique, pour un maître d'ouvrage unique, par un maître d'œuvre unique; le rapport client- fournisseur très personnalisé qui s'ensuit doit aboutir à une réalisation qui portera toute son existence la cicatrice d'éventuels « ratés » (même corrigés) du projet.

C'est le cas des ouvrages d'infrastructure, des installations industrielles, des navires, des logiciels spécifiques, etc.

Figure 1 – Phases du projet

Étude préliminaire - Décision de réaliser

Développement – Réalisation - Fin du projet - Utilisation

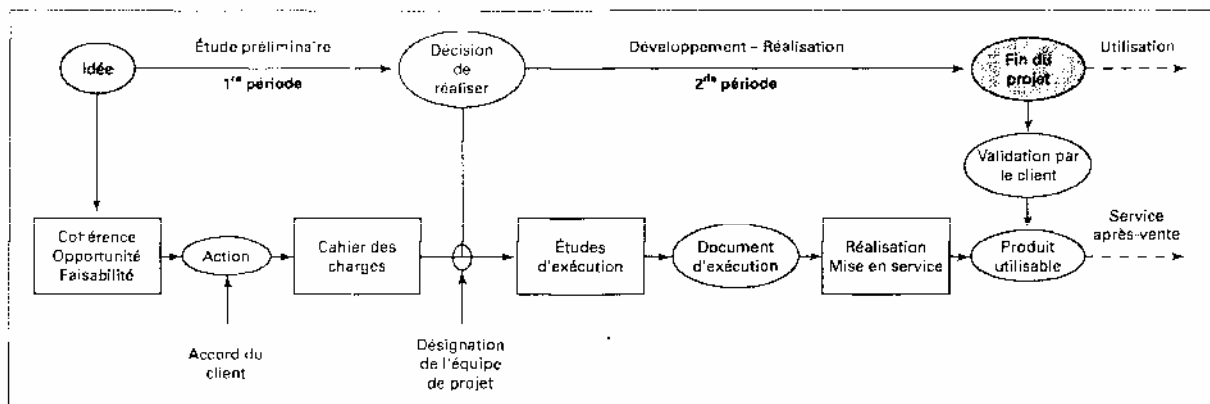


Figure 1 – Phases du projet

## Historique

Les managers et les gestionnaires de projet se sont regroupés depuis une quarantaine d'années en associations professionnelles, ayant pour objectif de faire reconnaître l'originalité des métiers nouveaux, apparus en raison des spécificités exposées.

Au niveau international, l'IPMA (International Project Management Association) regroupe 40 000 personnes, adhérentes à 27 associations nationales ; elles consacrent leur activité au management de projet, considéré essentiellement sous l'angle stratégique et direction.

Parallèlement, l'ICEC (International Cost Engineering Council) est une fédération de 26 associations nationales se réclamant de plus de 60 000 adhérents; leur programme est principalement tourné vers la gestion de projet.

En France, l'AFITEP (Association francophone de management de projet) représente ces deux fédérations internationales, avec, à ce jour, plus de 1 000 membres.

Toutes ces associations ont réfléchi à la nature complexe du management de projet et ont publié des analyses et des descriptions de ses composants.

Ces études ont trouvé leur aboutissement dans un document émis par l'ISO (International Standard Organization), relayé dans chacun des pays membres par l'organisme national de normalisation (en France, l'AFNOR). Ce document porte la référence ISO 10006 Lignes directrices pour la qualité en management.

Le projet de produit a pour but la mise au point d'un objet (matériel ou immatériel) qui sera ensuite réalisé en plus ou moins grande quantité sur le modèle du prototype choisi, après mise au point. On peut se permettre d'inclure plusieurs prototypes différents dans le projet, d'en « pousser » certains jusqu'à la rupture, etc., pour obtenir un modèle aussi parfait que souhaité.

C'est le cas des productions d'appareils électromécaniques, des véhicules de série, des produits de grande consommation, des logiciels commercialisés, etc.

Les phases que l'on peut distinguer dans la seconde période pour ces deux cas sont différentes, mais leur approche relève cependant de la même méthode. Il y a donc lieu de réfléchir aux traits généraux de cette méthode et de l'expliciter.

## **1.2. PRINCIPES DE CLASSEMENT**

### **Classement par nature des processus**

L'originalité et l'intérêt de la norme ISO 10006 viennent de ce que ce document analyse tout projet comme un système complexe de processus interactifs, que l'on peut étudier individuellement ou considérer dans leur ensemble, par leurs résultats.

Chaque processus (figure 2) est lui-même un sous-système temporaire qui fournit des éléments sortants (extrants : produits, documents, instructions) à partir d'éléments d'entrée (intrants : matériaux ou information) grâce à des outils, des méthodes et des ressources, et sous l'impulsion d'un responsable pilote.

Les extrants d'un processus sont les intrants des processus suivants, jusqu'à l'extrait final, qui est l'ouvrage produit par le projet.

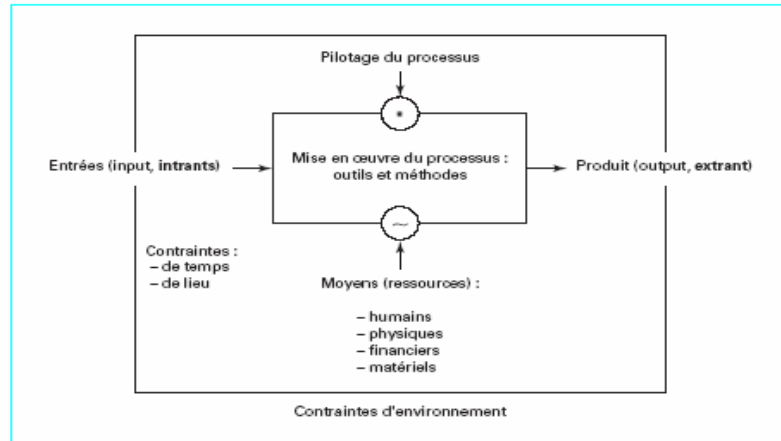


Figure 2 – Notion de processus appliquée à tous types d'activités

Cette présentation très conceptuelle et banale s'éclaire et devient utile dès que l'on aborde le contenu des processus. Ceux-ci ont été regroupés par **nature d'activités** :

- des processus stratégiques, qui permettent de décider des projets et de les piloter ;
- des processus de management des objectifs, pour maintenir les projets dans le cadre (contenu, coût, délai, qualité) définis pour répondre aux besoins qui les ont suscités ;
- des processus de management des moyens, (financiers, humains et matériels, acquisitions et communication), pour les utiliser avec une efficacité maximale ;
- des processus de management technique, spécifiques à la nature du projet ;
- des processus d'intégration, qui donnent cohérence et efficacité aux processus opérants ;
- des processus de management des risques, pour piloter la réalisation sans encombre.

L'ouvrage résultant du projet peut être comparé à un **satellite** qui doit être mis en orbite par un **lanceur**, qui serait le projet.

Pour que le satellite soit exploitable, il faut évidemment qu'il soit bien conçu. Il faut aussi que le lanceur fonctionne correctement entre le top du départ et la mise en orbite ; mis à feu par les décisions prises au cours des processus stratégiques, il est animé par l'équipe de projet qui assure l'intégration et la coordination des diverses activités qui alimentent le moteur : tâches techniques, tâches de gestion des objectifs, tâches de gestion des moyens.

Le guidage est assuré par le management des risques.

### Classement suivant le cycle de vie du projet

On peut envisager le cycle d'une phase de gestion de projet sous un autre angle. En effet, d'une façon générale, gérer, c'est comparer la réalité avec le programme que l'on souhaitait réaliser, et prendre les actions correctives en cas d'écart.

Dans le cas du projet, la gestion, après un processus de lancement, comporte donc des processus de planification, pour préciser ce que l'on attend du projet, des processus d'exécution, pour le réaliser, et des processus de maîtrise, pour comparer le réalisé au planifié, et, s'il le faut, réagir ; le tout doit aboutir à un

processus de conclusion, constatant la fin du projet (figure 3). Ce cycle peut se répéter plusieurs fois au cours de la vie d'un projet.

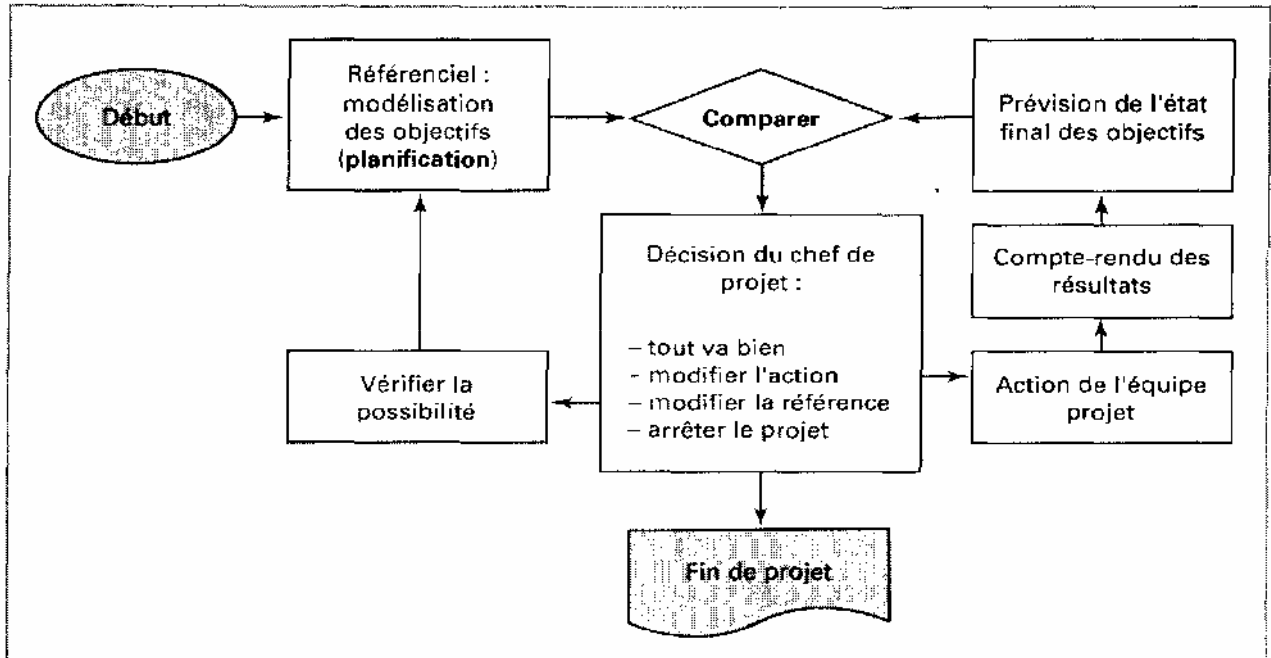


Figure 3 — Cycle d'exécution d'une phase

On souhaite savoir où l'on arrivera, si l'on continue sur la trajectoire actuelle, et l'écart possible par rapport à l'objectif prévu.

La gestion de projet n'est donc, par nature, pas seulement factuelle, mais surtout prévisionnelle. D'où la nécessité d'utiliser des éléments virtuels, pour anticiper l'évolution et, en particulier, les interactions des processus les uns sur les autres, ainsi que le retour éventuel sur la planification, par itérations successives.

C'est sur la base de cette double classification des processus, par systèmes fonctionnels et par situation opérationnelle, que l'ISO et les professionnels du management de projet ont explicité les divers processus, dont on rappelle brièvement les caractéristiques principales, pour aider à l'interprétation des cas. Le codage utilisé pour les processus est, à quelques ajouts près, celui de la norme ISO 10006, il ne correspond pas tout à fait à la logique de l'exposé, mais l'auteur a cru devoir le respecter. A chaque processus, on indique les intrants et extraits principaux, ainsi que leur finalité et les moyens nécessaires à leur exécution.

### 1.3. PROCESSUS STRATEGIQUES

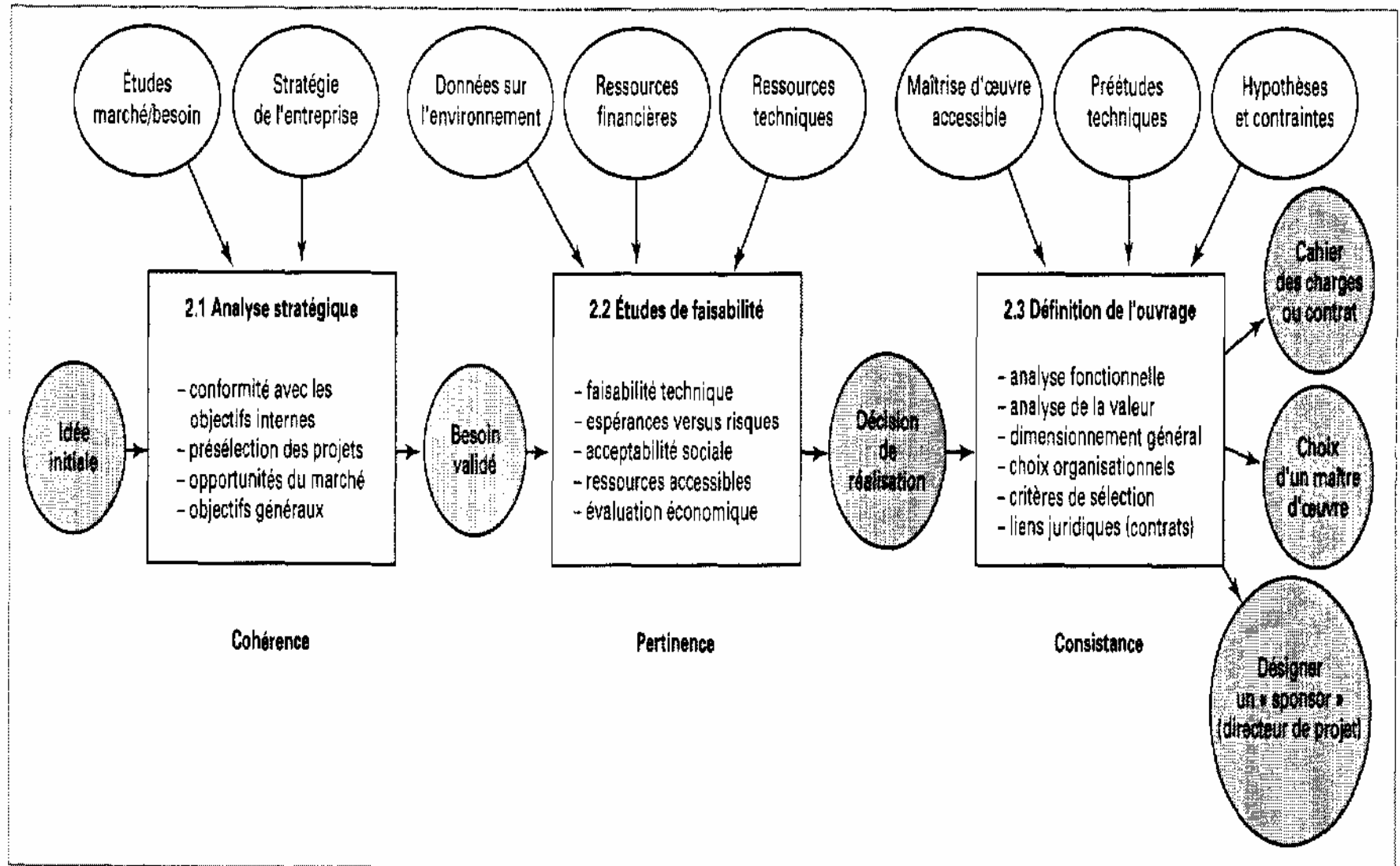
La figure 4 montre le développement des processus stratégiques, de l'idée initiale au lancement de la réalisation.

Tout projet naît d'une **idée** qui a germé au sein d'une cellule suffisamment influente auprès des organes décisionnels : service commercial, R et D (Recherche et Développement), comités stratégiques, etc.

- L'idée ne devient projet qu'après être reçue, et se doit d'être soumise à une **analyse** ou examen de

cohérence: conformité avec les objectifs stratégiques de l'entreprise, avec ses moyens actuels, avec son marché, son environnement et avec la concurrence d'autres projets, pour l'affectation des moyens nécessaires à son développement. Le processus à ce niveau est essentiellement dialectique (réunions, conseils). L'extrait principal est la **décision d'approfondir l'idée** ou son rejet.





A partir de cette décision (si elle est positive), un organisme normalement constitué procède à des **études de faisabilité** : faisabilité technique, mais évidemment, aussi économique et financière, également, faisabilité géographique (lieu d'implantation, ressources et acceptabilité locales, etc.) sociale, environnementale, sanitaire, etc., tous problèmes fondamentaux, mais que leur nature très particulière empêche de développer dans ce texte.

Certains aspects impliquent des méthodes quantitatives, que nous développons dans les études de cas ; d'autres relèvent de la négociation et de la communication et sont souvent spécifiques à chaque projet. Une conclusion négative dans l'un ou l'autre de ces aspects signifie normalement la mort prématurée du projet ou sa réorientation vers d'autres bases. Sa conclusion positive est la **décision de réaliser le projet** ou de continuer.

La phase stratégique qui s'ensuit s'achève par la **définition** aussi précise que possible des conditions envisagées pour la réalisation **de l'ouvrage**. Elle comporte des études techniques et économiques, impliquant un nombre parfois important de personnes, avec la comparaison de plusieurs variantes, l'analyse des fonctions nécessaires ou optionnelles de l'ouvrage, le choix du mode de réalisation (faire ou faire faire et comment), la fixation d'hypothèses et l'étude des risques qui résultent de leur non-réalisation, l'examen des contraintes qui pèsent sur le projet, etc. Elle nécessite enfin la définition des liens juridiques entre le maître d'ouvrage et le maître d'oeuvre (contrat d'entreprise ou commande interne). Ces études comportent des éléments quantitatifs et des éléments subjectifs. Elles doivent aboutir à trois « **extrants** » majeurs :

- la désignation d'un responsable, à l'intérieur du groupe décideur, chargé de l'acceptation des résultats du projet le « **sponsor** » ou **directeur de projet** ;
- le choix d'un organisme chargé de la réalisation, c'est-à-dire le **maître d'oeuvre** (ce ne doit pas être le même, qui serait juge et partie), par **contrat** si externe ou **note de service** si interne ;
- la rédaction d'un **cahier des charges** définissant les objectifs.
- la participation du maître d'oeuvre commence également par un processus stratégique, essentiellement l'acceptation de la mission confiée par le maître d'ouvrage et la désignation du chef du projet et c'est aussi un processus d'intégration.

#### **1.4. PROCESSUS DE MANAGEMENT DES OBJECTIFS**

Les objectifs (ou contraintes à respecter) d'un projet sont de quatre types :

- contenu, périmètre du projet considéré ;
- coût
- délai
- niveau de qualité, répondant au besoin à satisfaire.

##### **Objectif de contenu**

La figure 5 montre les processus de management du contenu du projet. Ces processus sont très imbriqués avec les processus techniques.

Le cahier des charges issu du processus de définition de l'ouvrage (figure 4) constitue rarement une base de départ suffisamment détaillée pour exécuter la réalisation.

Au cours du premier processus, que l'ISO baptise assez lourdement « **développement du concept** », il faut analyser finement le besoin pour définir l'ouvrage ou le produit : quelles sont ses limites physiques, qu'est ce qui est inclus et exclu, quels services corrélatifs doivent être fournis (formation, maintenance, etc.), quels dimensionnements précis doivent avoir les composants, comment sont prévues les interactions avec le contexte, etc. Il s'agit d'un recensement technique et pratique guidé

par le texte (contrat ou note de service) liant le sponsor à l'organisme chargé de l'exécution. L'extrait en est une liste d'éléments délivrables, souvent présentée sous forme d'un organigramme du produit, dont la combinaison constitue la totalité de l'ouvrage projet.

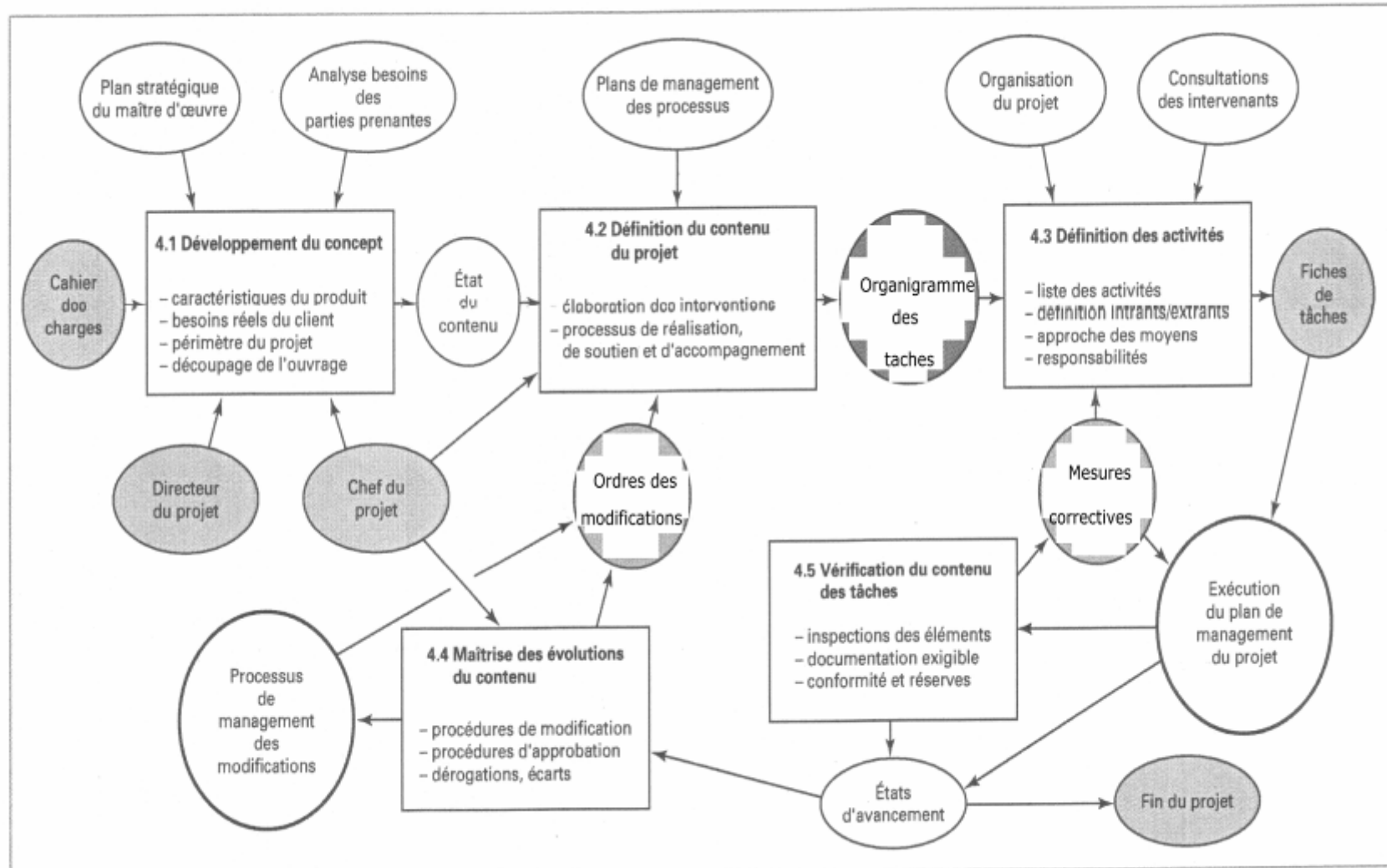


Figure 5 - Processus de management du contenu du projet

A partir de cette description précise de l'ouvrage souhaité, le chef du projet, responsable de l'exécution, dresse la liste des tâches à accomplir pour obtenir le dit ouvrage.

L'ensemble de ces tâches constitue ce qu'il est convenu de nommer l'**oeuvre** ; son énoncé est le résultat de l'analyse de l'ouvrage à la lumière de l'expérience et du raisonnement de l'équipe du projet. C'est la réponse à : que faut-il faire pour obtenir chacun des composants de l'ouvrage ? Elle est présentée sous forme d'une arborescence d'opérations, découpées à chaque niveau en tâches de plus en plus élémentaires. Cette décomposition est normalisée en France sous le nom d'**organigramme des tâches** (également WBS, Work Breakdown Structure).

Cet organigramme des tâches est le point de départ de plusieurs processus.

En premier lieu, l'organigramme des tâches est utilisée afin d'établir, pour chaque tâche ou lot de travaux, un état ou document, appelé **fiche de tâches**, précisant sa définition, son responsable désigné, les intrants nécessaires à sa mise en oeuvre, son coût, sa durée en fonction des ressources accessibles, ses résultats (**délivrables**) utilisables par les tâches ultérieures. Chacune de ces « fiches de tâches » constitue une sorte de contrat interne entre le responsable de la tâche et le chef de projet ; il y a souvent lieu de la négocier, sinon au moment de la planification, au cours de laquelle se déroulent ces trois premiers processus, au moins avant le lancement effectif de la tâche considérée, lorsque son coût et son délai peuvent être mieux évalués.

Ces trois premiers processus mènent à la planification du contenu ; il est donc nécessaire, au cours de la réalisation, de procéder à la vérification, délivrable par délivrable, de la conformité des composants de l'ouvrage élaborés progressivement.

Cette **vérification** s'appuie sur le descriptif des **fiches de tâches** et les divers documents de réalisation (études, approvisionnements, qualité) ; elle est effectuée par des spécialistes techniques rapportant à l'équipe de projet. Il en résulte des approbations ou des demandes de corrections/ /modifications, et enfin, des conclusions de solde de travaux.

Par contre, si des **évolutions du contenu** (modifications à la planification) paraissent souhaitables à certaines parties prenantes, il appartient au chef de projet de prendre les décisions appropriées, en respectant des règles strictes, compatibles avec le respect des autres objectifs ; la maîtrise des évolutions du contenu débouche le moins souvent possible sur des modifications de la spécification du contenu !

## Objectif de coût

La figure 6 montre les processus de management des coûts.

L'organigramme des tâches, les fiches de tâches qui en découlent et les plannings doivent permettre aux responsables de tâches et/ou à l'équipe de projet l'**estimation du coût** élémentaire de chaque tâche, en utilisant soit des **méthodes analogiques** (à partir de projets précédents), soit des **méthodes paramétriques** (reposant sur des formules mathématiques et des logiciels appropriés), soit enfin des **méthodes analytiques** (par calcul des quantités des ressources à mettre en oeuvre et pondération par les coûts individuels de ces ressources). On obtient ces coûts élémentaires par consultation de fournisseurs ou analyse interne (notamment taux horaires des personnels). La littérature retient cinq niveaux d'estimation, selon la qualité des informations disponibles et les méthodes utilisées.

La compilation raisonnée de ces coûts élémentaires, augmentée des charges afférentes à la réalisation du projet, et des marges nécessaires, en particulier la provision budgétaire résultant de l'évaluation des risques, permettent d'obtenir un **budget de projet**, qui est la référence planifiée à laquelle il faudra se comparer pour la maîtrise de l'objectif de coût.

La maîtrise des coûts ou **coûtenace** consiste, à partir de la collecte permanente des dépenses réalisées, à extrapoler le coût prévisionnel final le plus probable du projet, et à le comparer au budget,

en tenant compte des tendances et des risques restant à courir. Le **coûteneur** informe le chef du projet des dérives dues à l'exécution, et des évolutions du référentiel technique, et lui suggère des décisions compatibles avec les procédures retenues pour la réalisation.

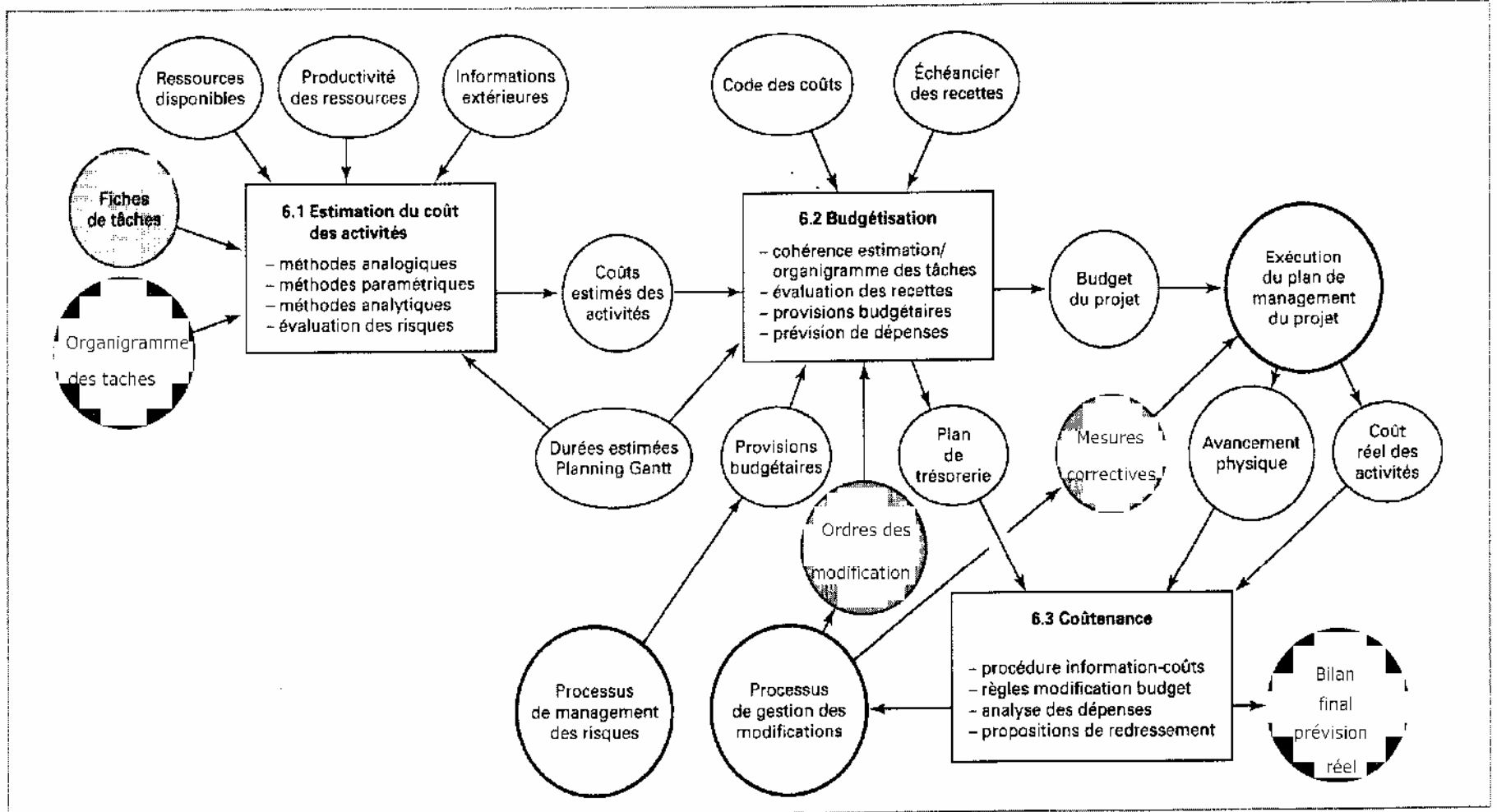


Figure 6 - Processus de management des coûts

### **Objectif de délai**

La figure 7 montre les processus de management des délais.

Comme pour le coût, on s'appuie sur l'organigramme des tâches et les fiches de tâches pour établir la logique d'enchaînement de celles-ci. C'est un constat des **liens** entre tâches, résultant du fait qu'il faut obtenir le dérivable de l'une pour pouvoir l'utiliser comme intrant de la suivante. Cette **logique** est souvent figurée par un réseau (de type PERT ou antécédents) ou par un tableau d'antécédences. La logique peut souvent être réaménagée, pour permettre d'effectuer des tâches en parallèle et gagner du temps pour terminer le projet.

Ces mêmes données de base (organigramme des tâches et fiches de tâches) permettent de négocier avec les responsables de chaque tâche leur **durée prévisionnelle**, compte tenu de la charge de travail admissible (ou de l'estimer si le responsable n'est pas encore désigné. Les durées ainsi établies font partie du « **contrat interne** » de la tâche.

Le report de ces durées sur le réseau logique conduit à déterminer le « **chemin critique** » du projet et sa durée minimale. Lorsque celle-ci n'est pas satisfaisante, il faut réaménager l'enchaînement logique ou réduire la durée de tâches qui se placent sur le chemin critique. L'équilibre des charges des services de réalisation amène à des opérations de lissage du planning, et la surcharge de ces services par rapport aux ressources nécessite un nivellement.

Ces diverses activités fournissent au projet son **planning**, tableau d'ordonnement des diverses tâches dans le temps, et un **histogramme des charges** pour la gestion des ressources.

Les trois processus évoqués constituent la **planification du délai**.

Comme pour la coûtéance, la **maîtrise des délais** nécessite le constat de l'avancement physique réel des tâches, sa comparaison avec la prévision et, à partir de la productivité constatée, on en déduit la date d'achèvement de l'ensemble du projet. Selon les marges conservées sur les chemins critiques et sous-critiques, le planificateur oriente le chef de projet vers des décisions compatibles avec les autres objectifs.

### **Objectif de qualité**

C'est au moment de la définition de l'ouvrage (figure 5) que le niveau de qualité répondant au besoin de l'utilisateur final du projet est précisé. Rappelons que la qualité est l'aptitude à satisfaire ce besoin et non pas la recherche de performances parfaitement inutiles. La figure 8 montre les processus de management de la qualité.



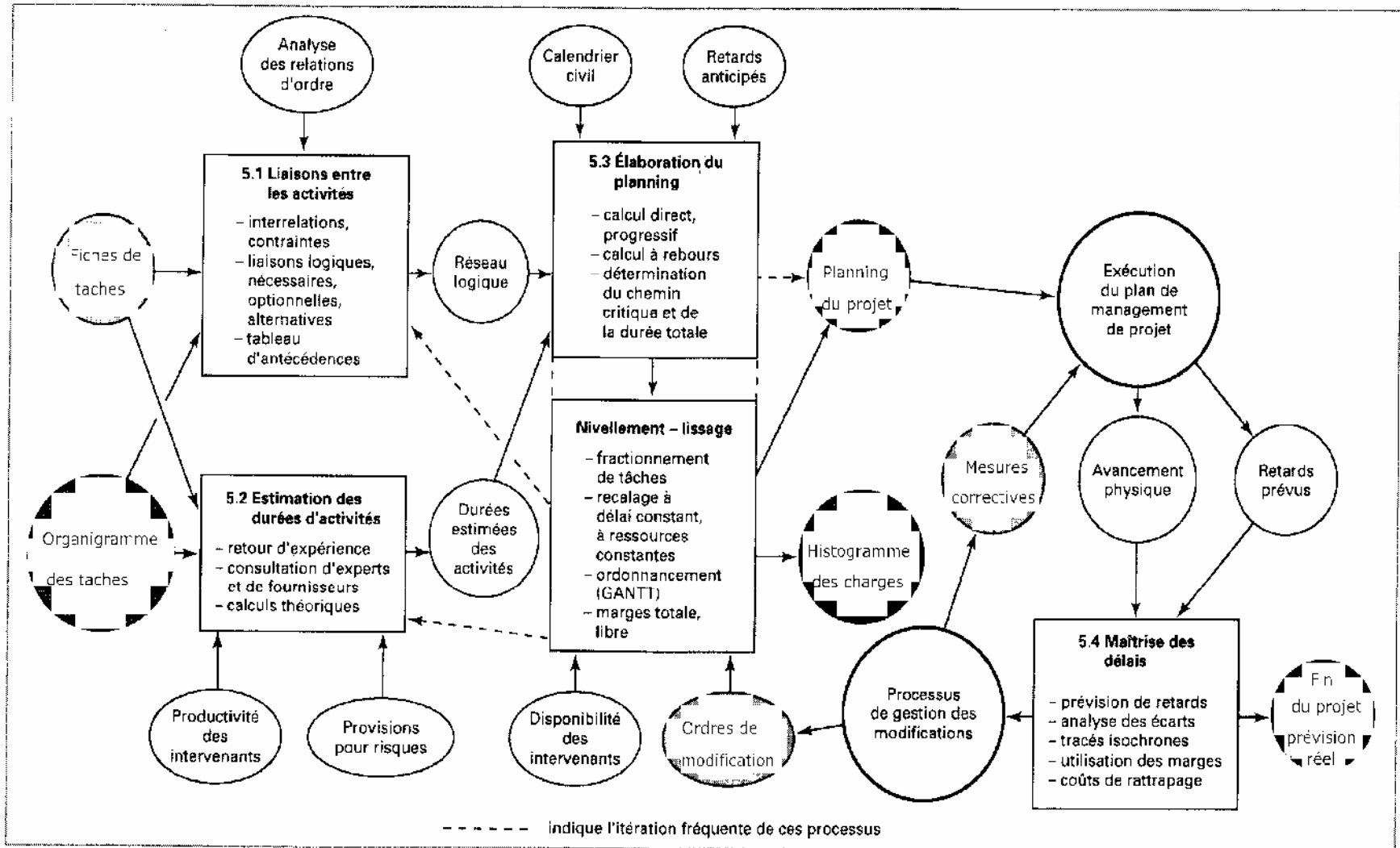


Figure 7 - Processus de management des délais

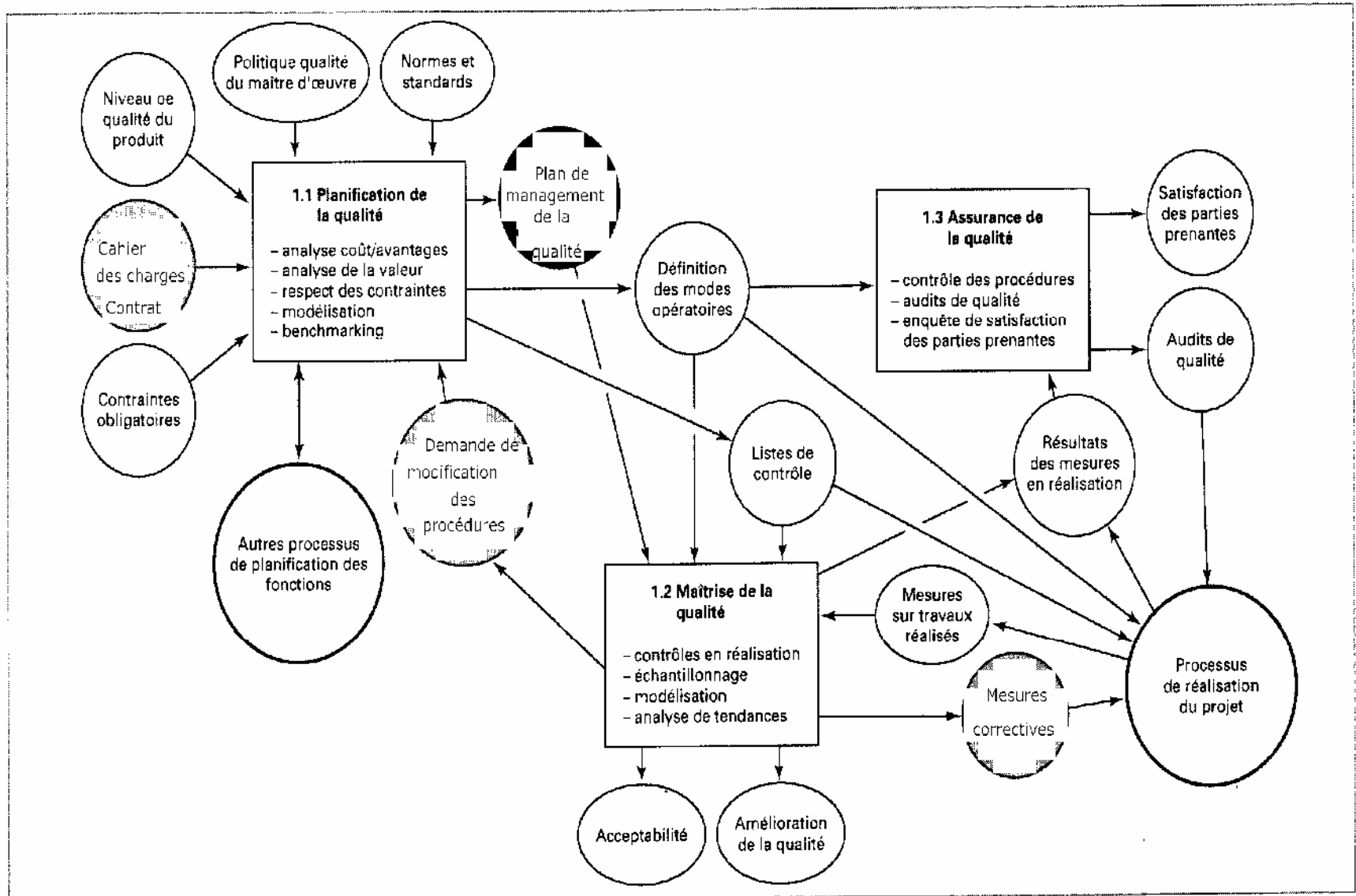


Figure 8 - Processus de management de la qualité

Cette analyse du besoin préside à la **planification de la qualité** et porte, à la fois, sur la qualité de l'ouvrage produit et sur celle de l'exécution des tâches qui y mènent. Il en résulte une série de mesures qui doivent apporter au client la confiance dans les processus employés, et un état des contrôles auxquels il faut procéder. Elle doit être compatible avec les règles d'assurance qualité en vigueur dans l'organisme.

La **maîtrise de la qualité** procède par audits et mesures organisationnelles, pour maintenir la qualité au niveau défini et imposer, si nécessaire, les modifications permettant de l'obtenir.

L'**assurance de la qualité** résulte de l'amélioration ainsi apportée au fonctionnement de l'entreprise. Elle est explicitée dans un manuel d'assurance qualité qui reflète la politique générale de l'entreprise vis-à-vis des problèmes de qualité.

### **1.5. PROCESSUS DE MANAGEMENT DES MOYENS**

Les moyens utilisés par le chef de projet et son équipe sont constitués par :

- des moyens de communication ;
- des ressources financières et matérielles ;
- des relations humaines ;
- des possibilités d'acquisitions auprès d'autres organismes.

#### **Management de la communication**

C'est sans doute l'un des points cruciaux du management de projet, de sorte que les équipes de projet sont parfois considérées essentiellement comme des centres de tri et de diffusion de l'information. La figure 9 montre les processus de management des moyens de communication.

Une **planification efficace de la communication** impose de recenser toutes les parties prenantes au projet, y compris celles qui paraissent à la limite du contexte, et de savoir quels types d'information les intéressent. On repère aussi toutes les sources d'information disponibles et on analyse ce que l'on en peut attendre. Cela vaut pour l'aspect technique comme pour l'aspect managérial.

On dresse ainsi un plan des ressources et des besoins. Les informations résultent de documents formalisés, de réunions officielles et de contacts interpersonnels.

Le **mise en oeuvre** de ce plan doit faire l'objet d'une attention permanente du chef de projet, ce qui exige souvent qu'il lui affecte un responsable ; sinon, c'est le chef de projet lui-même qui est directement interrogé, et donc perturbé dans ses activités prioritaires. Ce responsable ne se contente pas d'appliquer le plan prévu et d'exiger que les autres partenaires l'appliquent ; il doit aussi s'informer des tendances internes et externes, par des relations directes et personnelles avec tous les acteurs du projet, et s'employer à neutraliser les canaux parasites porteurs de désinformation.

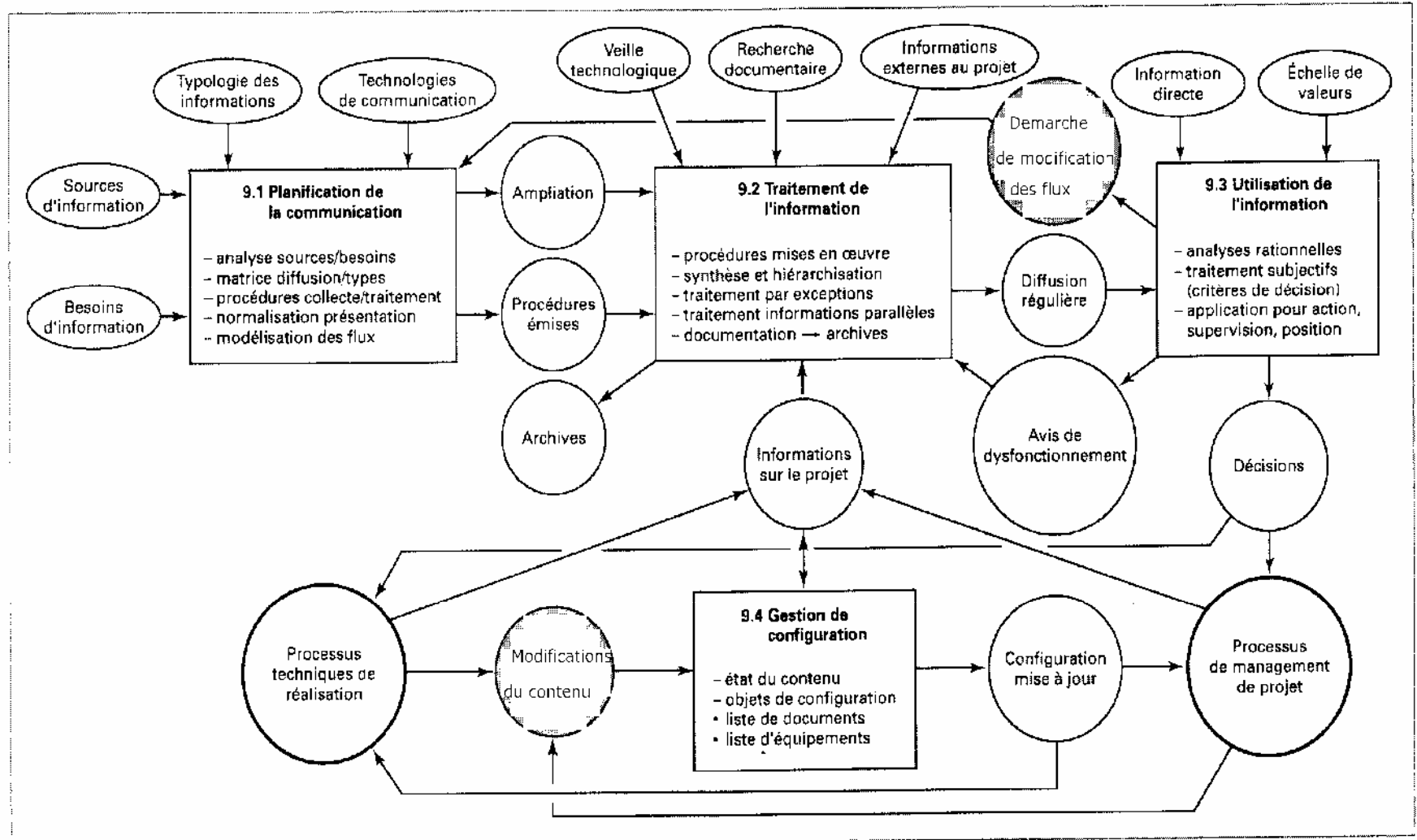


Figure 9 – Processus de management de la communication

**L'utilisation de l'information** est du ressort de chaque intervenant.

Un aspect particulièrement important, à la limite de la gestion technique, et qui mérite d'être considéré séparément, est la **gestion de la configuration**. Chaque intervenant doit être, à chaque instant, en possession de la totalité des documents et informations qui lui sont nécessaires, dans l'état où ils doivent être appliqués, toutes évolutions incluses et cela jusques et y compris la publication des documents conformes à l'exécution.

Ces processus sont illustrés dans certains des cas proposés. On se saurait trop insister sur l'influence d'une diffusion pertinente de l'information sur le bon déroulement d'un projet ; cette diffusion doit inclure aussi bien la remontée des comptes rendus depuis les organes d'exécution, que la mise au courant des intervenants sur la situation du projet et les tâches à réaliser.

### **Management des ressources financières et matérielles**

On n'envisage les ressources dans ce paragraphe que sous leur aspect quantitatif.

L'organigramme des tâches et les fiches de tâches permettent d'évaluer les besoins en argent, en personnel, en machines et en produits, dont il faudra disposer pour exécuter le projet. Par ailleurs, le contrat ou la note de service, émis en conclusion du processus de définition, a plus ou moins fixé les ressources accessibles. Enfin, l'**histogramme des charges** indique quand les besoins se feront ressentir. La figure **10** donne les processus de management des ressources.

Ces éléments, et d'autres moins importants, vont conduire à un **plan de management**, qui permet de préparer leur mise à disposition en temps voulu. Des rééquilibrages et des arbitrages seront nécessaires pour harmoniser besoins et ressources. Ce processus est essentiellement itératif et peut remettre en cause tous les autres processus de planification (par exemple, plan de trésorerie irréaliste).

La **mise en oeuvre** de ce plan se rapproche de la gestion opérationnelle classique, à ceci près que ses perturbations peuvent remettre en cause l'existence même du projet, et que les notions de marge et de provisions prévalent sur les notions de flux tendu et de juste-à-temps. Elle nécessite une bonne information sur les tendances et une conscience claire de l'échelle des valeurs adoptée dans le choix des objectifs.

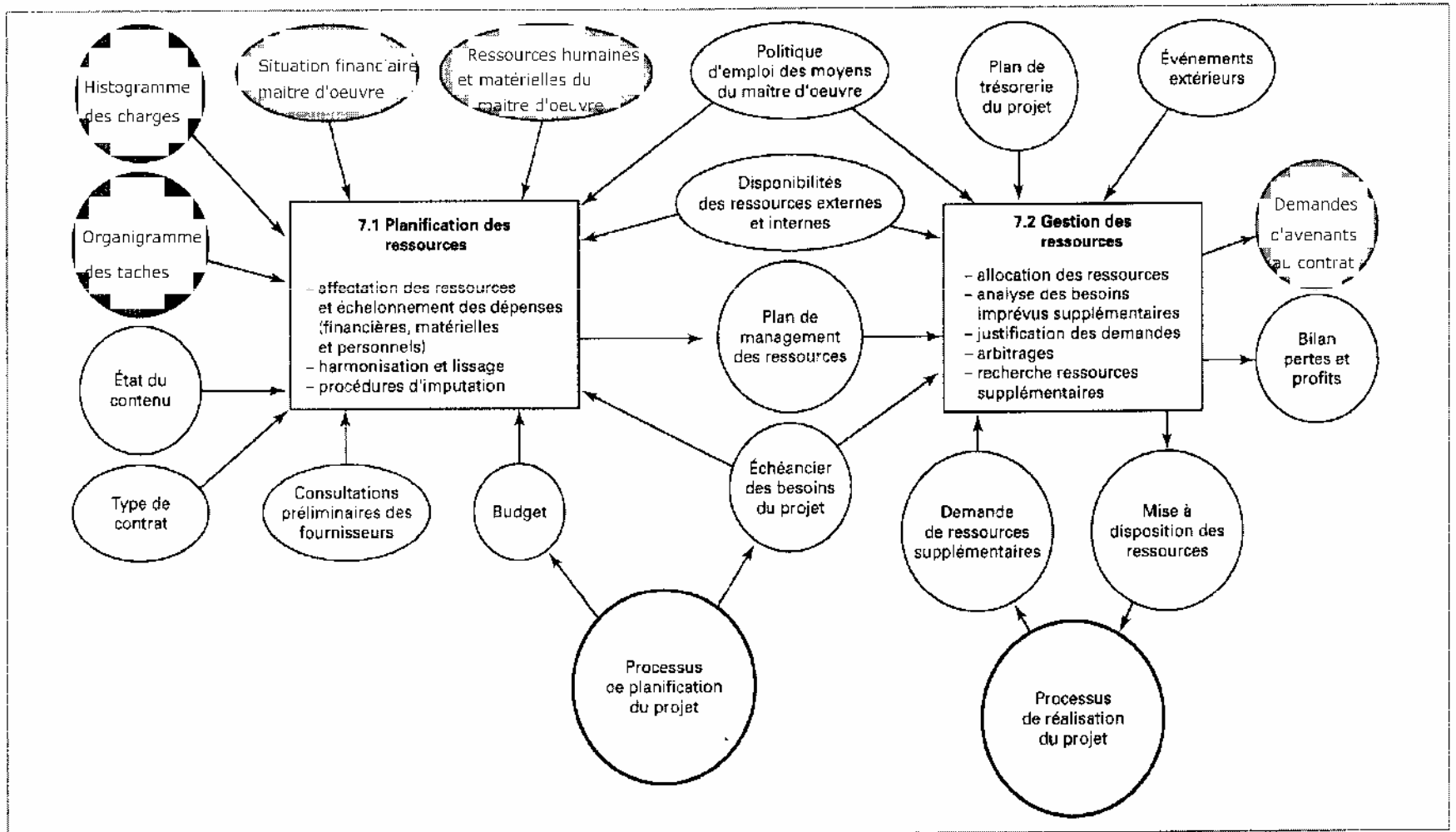


Figure 10 - Processus de management des ressources

### **Management des relations humaines**

L'importance de cet aspect du management de projet est telle que beaucoup d'auteurs ont tendance actuellement à considérer les autres comme secondaires. Par contre, dans la pratique, une conception généralement autoritaire de la hiérarchie ne permet pas toujours d'utiliser au mieux les ressources humaines.

Une réflexion sérieuse s'impose donc dès la décision de réalisation et la mise en évidence par l'organigramme des tâches à effectuer.

La figure **11** donne les processus de management des relations humaines.

L'**organisation du projet** doit être définie en fonction de la nature du projet, de la culture de l'entreprise et des personnels éventuellement disponibles : hiérarchique, matricielle ou dédiée. Aucune structure n'est en soi meilleure qu'une autre; chaque projet nécessite que son responsable l'adapte au mieux et prévoie son évolution au cours du cycle de vie. Le sous-dimensionnement de l'équipe du projet est tout aussi nuisible au projet que le surnuméraire.

Le **choix des personnels** à affecter au projet résulte du type d'organisation choisi et des compétences disponibles ; elles ne répondent pas toujours à l'optimum. La nomination d'un chef de projet (au moment du lancement du projet, au sein de l'organisme en charge de la réalisation) est une décision majeure, les qualités que l'on exige de lui étant nombreuses et parfois contradictoires. On y reviendra dans l'exposé des cas.

Le chef de projet seul ne peut assumer toute la charge, et il doit sinon disposer des pleins pouvoirs pour constituer son équipe, du moins avoir le droit de refuser d'intégrer dans son équipe des membres avec lesquels il sait avoir peine à collaborer.

Cette équipe est **temporaire** et le **lien** de ses membres avec leur cellule d'origine est plus ou moins maintenu au cours du projet. La formation d'un bon **esprit d'équipe**, extrêmement profitable à la qualité du projet, est le résultat d'une lente maturation ; elle dépend beaucoup du charisme personnel du chef de projet, mais aussi des pouvoirs qu'il reçoit de sa direction vis-à-vis de son équipe et des autres parties prenantes, tant du point de vue hiérarchique que de celui de la motivation des personnels (notamment salaires et promotion). Ceux-ci le jugeront sur la clarté de ses options, la fermeté et l'opportunité de ses décisions, son aptitude à négocier et à résoudre les conflits, son respect des personnes et son souci de leur formation et de leur devenir, après la fin du projet.

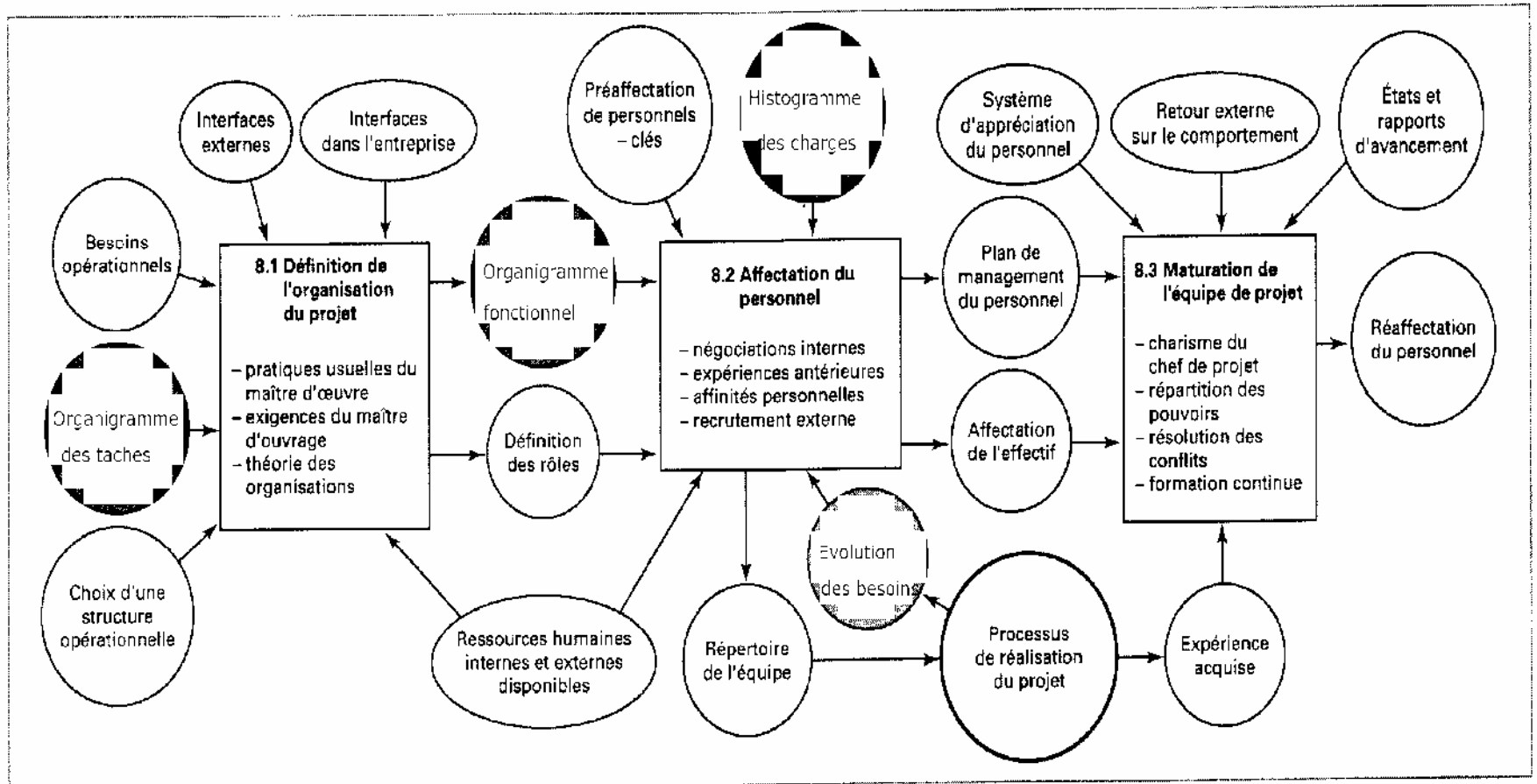


Figure 11 - Processus de management des relations humaines



### **Management des processus d'acquisition**

Qu'on les appelle **achats, acquisitions, approvisionnement** ou **procurement**, ces tâches permettent d'intégrer à un projet des services et des fournitures effectués par des organismes extérieurs à celui chargé directement de l'exécution, représentant la plupart du temps de 50 à 90 % du coût total du projet. C'est dire leur importance. Il peut s'agir de matériels, de prestations ou de travaux ou d'une combinaison de ceux-ci.

La figure **12** montre les processus de management des approvisionnements.

Dès que le projet a été lancé et que l'organigramme des tâches a défini son contenu, il y a lieu de **recenser**, parmi les **tâches** mises en évidence, celles que l'on exécutera et celles que l'on fera exécuter par d'autres, la période à laquelle on devra procéder à ces achats, et les ressources à mettre en oeuvre. Cette phase comporte aussi l'examen des fournisseurs envisageables, et souvent la présélection d'un nombre restreint d'entre eux.

L'**élaboration** progressive **des documents** de projet fournit les éléments documentaires nécessaires ; réquisitions d'achat et spécifications, conditions générales et particulières, peut être aussi documents juridiques tels que projets de contrats ou de cautions. Ces documents sont préparés par les services techniques et doivent tenir compte du contexte propre au projet, des relations avec le maître d'ouvrage, des contraintes régionales ou politiques, etc.

Lorsque ces documents sont établis, les personnes chargées des achats procèdent à la **consultation** des **fournisseurs** présélectionnés. Dès que la fourniture est un peu complexe, il est souvent contre-productif de consulter plus de trois ou quatre fournisseurs ; cette pratique diminue leur motivation, avec leurs chances de succès, et augmente considérablement les coûts, d'un côté comme de l'autre : l'établissement d'un tableau de comparaison entre plus de quatre offres complexes peut être, pour l'acheteur, un véritable casse-tête et, pour le vendeur, la dépense de frais d'études importants, alors que l'on a moins de 25 % de chances de succès, n'est pas très engageante : en tout cas, cette phase nécessite la relance des fournisseurs consultés et des mises au point.

La **négociation** et la passation **des commandes** doit conduire au choix du mieux-disant ; le moins-disant se révèle souvent être celui qui a le mieux dissimulé dans son offre des pièges, qui coûteront cher en réalisation, ou, tout simplement, celui qui s'est trompé dans l'estimation de son prix. La concrétisation de partenariats effectifs, pourtant pratiquement écartée par les règles des marchés officiels, se révèle souvent une bonne assurance pour la qualité des fournitures, et même pour leur coût.

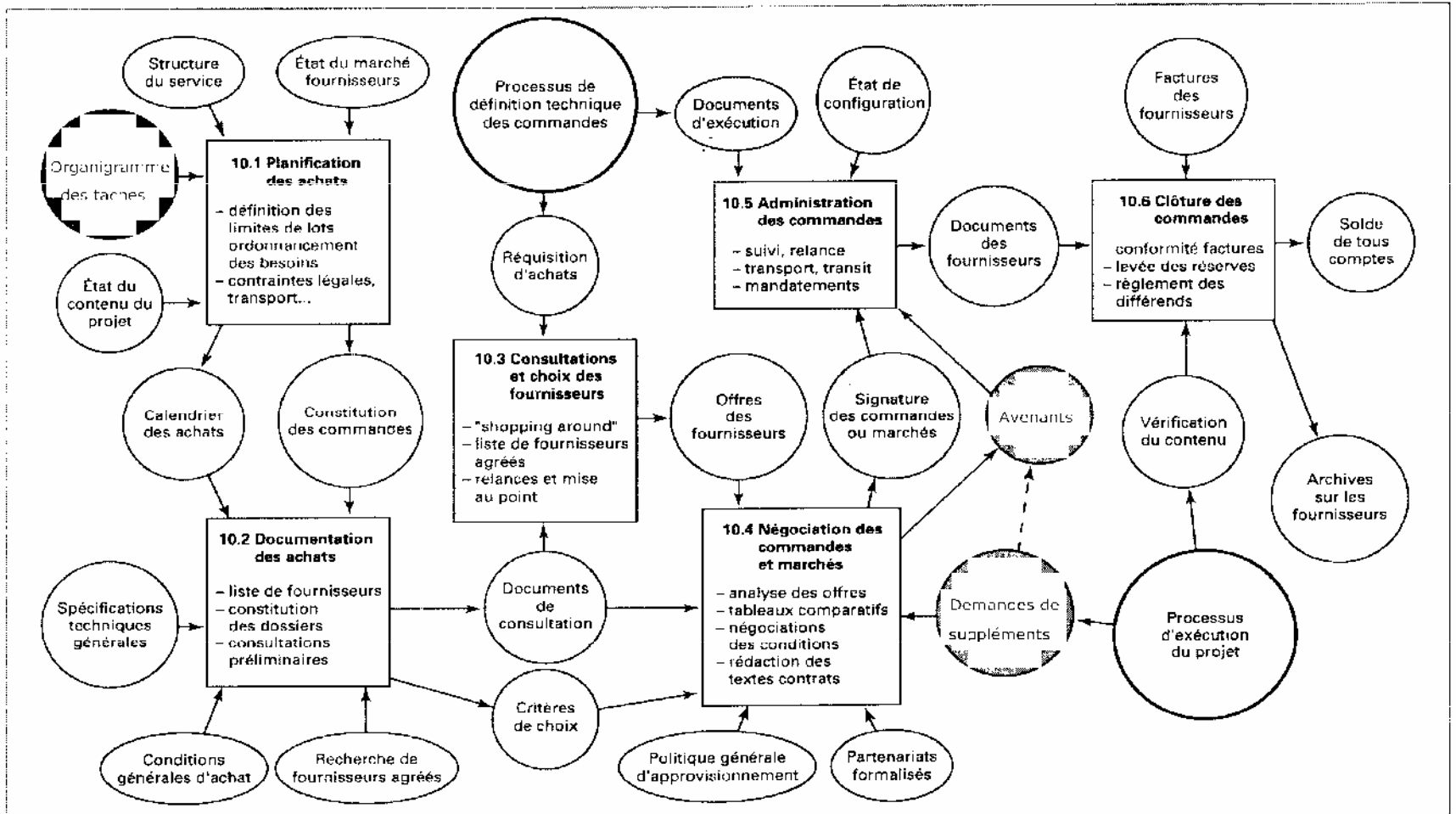


Figure 12 - Processus de management des approvisionnements

L'**administration** et le suivi **des commandes** nécessitent, dans le cas du projet, une coopération particulièrement étroite entre les services de pilotage (l'équipe du projet), les services techniques utilisateurs et les services d'approvisionnement. Ces derniers comprennent non seulement des acheteurs négociant les commandes, mais aussi des agents d'inspection chargés de surveiller l'avancement et la qualité des travaux exécutés par les fournisseurs. Pour les matériels spéciaux à long délai, par exemple, quel que soit la confiance que l'on accorde au fabricant, il est en effet impensable d'attendre la livraison de l'équipement sans vérifier que sa construction n'a pas subi de perturbation dommageable aux objectifs du projet (délai, qualité).

Les commandes prévoient normalement ces contrôles, et, quelquefois, ceux du maître d'ouvrage. L'administration des commandes doit aussi résoudre les problèmes de transport, de transit et d'assurance des matériels jusqu'à leur utilisation sur le lieu d'assemblage.

Même si le client, sponsor ou maître d'ouvrage s'est déclaré satisfait du résultat du projet, celui-ci ne peut être considéré comme terminé tant que ne sont pas formellement soldées toutes les commandes (**clôture des commandes**), vis-à-vis de tous les fournisseurs. Cela résulte de la vérification de toutes les prestations fournies, en volume et en qualité, le contrôle de la conformité des facturations avec les termes des commandes, et la liquidation de tous les différends et contentieux éventuels. Ce dernier point doit être étayé par la constitution de dossiers solides tout au long de la réalisation, et on ne doit donc pas négliger l'importance des pièces écrites, activité à mettre en place bien avant la phase finale du projet.

## 1.6. MANAGEMENT DES PROCESSUS TECHNIQUES

Le management technique est souvent indissociable du management de projet, même dans son exposé. Ces processus ne sont abordés que pour mémoire. L'**ISO 10006** ne traite pas du management des processus techniques ; en ce domaine, il est, en effet, impossible d'énoncer des règles d'une valeur générale. L'état de l'art varie d'un secteur d'activité à l'autre, et, dans certains, plusieurs méthodes peuvent être utilisées avec des chances égales de succès. On peut néanmoins distinguer quelques grands types de projets :

- projets destinés à la construction d'un ouvrage (usine, infrastructure) ;
- projets de mise au point d'un produit industriel ou destiné au grand public (chimique, mécanique, etc.) ;
- projets informatiques soft ou hard (avec plusieurs sous catégories) ;
- projets organisationnels (changement de structure ou de siège) ;
- projets socioculturels, artistiques, etc.

Tous sont étroitement liés aux processus de gestion, mais de façons différentes.

Le premier type (**construction d'un ouvrage**) fait appel à des activités d'études et de services, d'acquisitions et de travaux. On peut distinguer dans les études des étapes préliminaires, conduisant à la décision de réaliser le projet, et des étapes successives permettant d'établir les documents nécessaires à l'exécution du projet. Ces documents doivent permettre, d'une part, l'acquisition de tous les éléments matériels constituant l'ouvrage projeté, d'autre part, la construction et le montage proprement dits. Ces divers processus sont schématisés sur la figure **13**.

Dans le cas d'un projet de **mise au point d'un produit** destiné à la commercialisation en nombre, les processus techniques restent en général sous la responsabilité d'un service de l'organisme à l'origine du projet, leur exécution implique la validation des états successifs décrivant le produit.

**Exemple :** un enchaînement des processus est présenté sur la figure 14, mais il faut noter que l'industrialisation peut entraîner un projet connexe de construction d'usine du type « ouvrage ».

On peut imaginer des schémas analogues adaptés aux autres secteurs d'activité.

Dans tous les cas, on peut observer la très **forte imbrication des processus techniques et des processus de management de projet**, ce qui implique la constitution d'un « **noyau dur** », constitué de spécialistes des divers processus, sous la responsabilité directe du chef de projet, afin d'assurer la bonne intégration de tous les éléments. Cette équipe doit être assez restreinte, et déléguer largement aux intervenants. Elle peut ne comporter qu'une douzaine de personnes pour un projet de plusieurs milliards d'euros, et se réduire au seul chef de projet, dans le cas de petits projets ; ce cas nécessite alors du chef de projet un très large éventail de connaissances, couvrant tous les processus mentionnés.

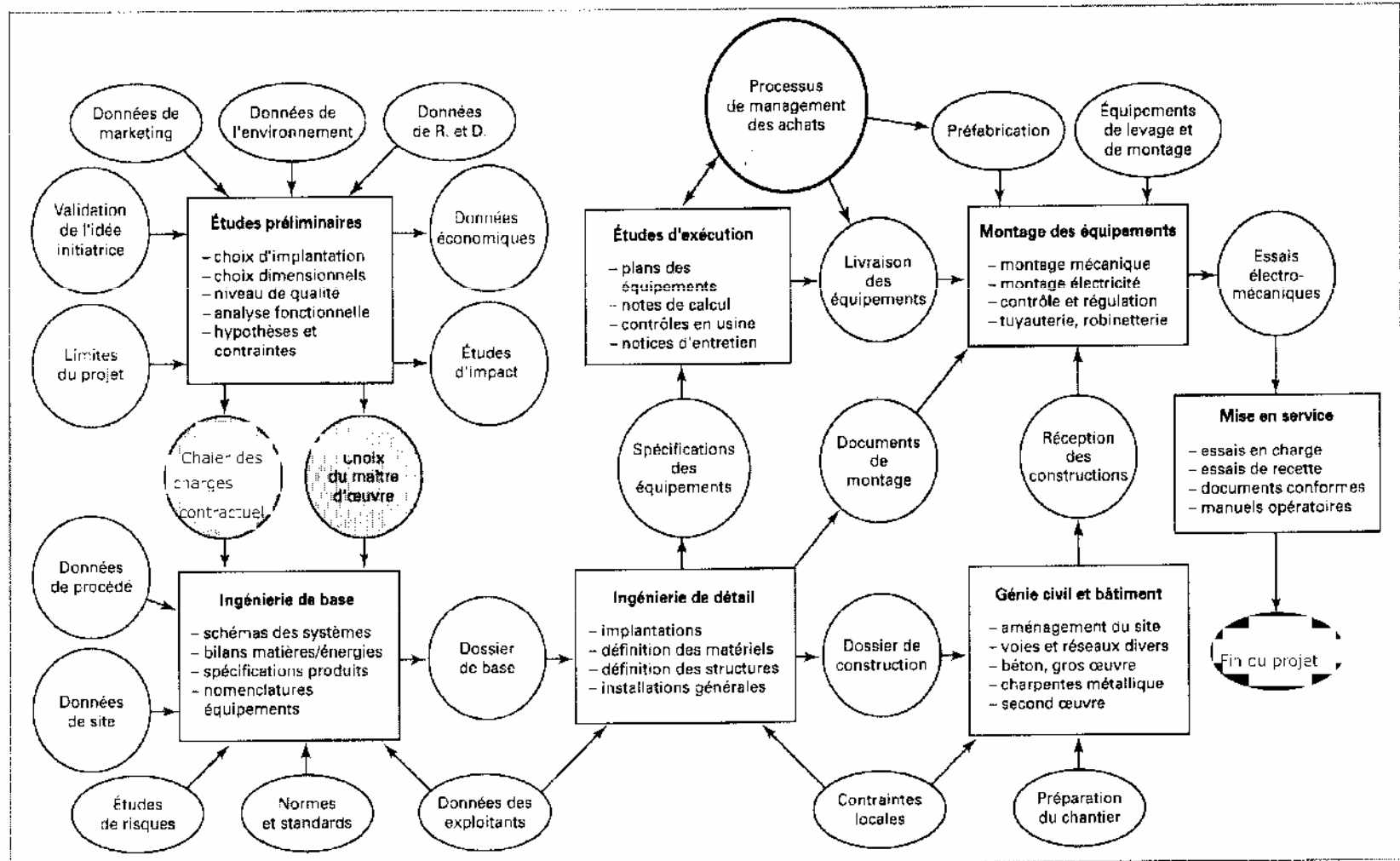


Figure 13 - Processus de management technique d'un projet d'ouvrage

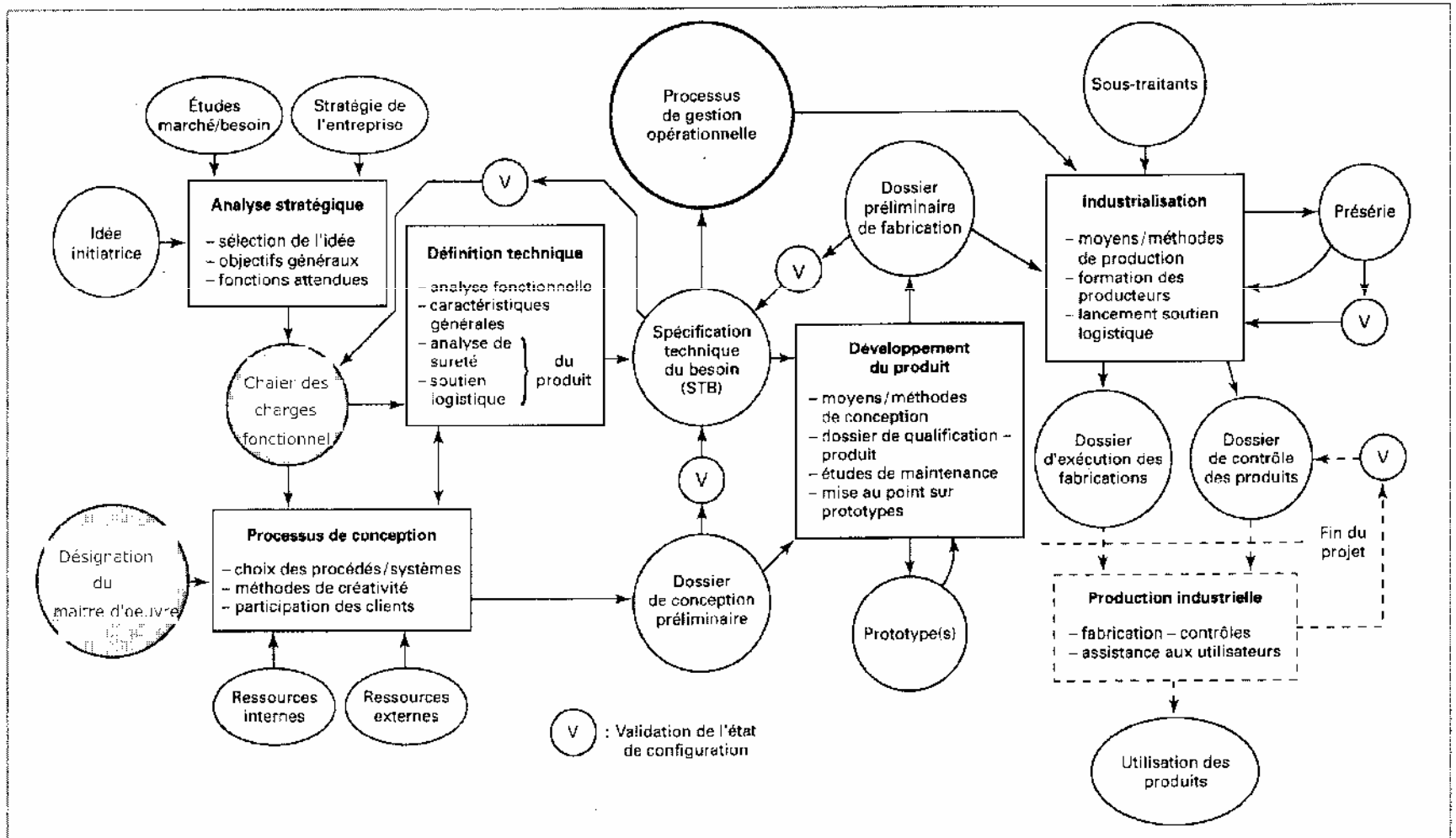


Figure 14 - Processus de management technique d'un projet de produit

## 1.7. MANAGEMENT DES PROCESSUS D' INTEGRATION

Tous les processus envisagés jusqu'ici, bien que très liés entre eux, relèvent chacun d'une discipline de gestion particulière, et peuvent être traités par des spécialistes. Pour que le puzzle prenne forme, il faut qu'une fonction d'un autre ordre en assure l'intégration.

Cette tâche relève en premier lieu du chef de projet. Lorsque l'organisme ayant les pouvoirs décisionnels a résolu de faire réaliser le projet, il a désigné :

- d'une part, un responsable chargé de s'assurer en son nom, de la conformité du projet avec le besoin expliqué, responsable appelé **sponsor** ou **directeur du projet** ;
- d'autre part, un organisme chargé de l'exécution, conformément à un contrat et à un cahier des charges plus ou moins explicite (parfois un service spécialisé de l'organisme décideur). Cet organisme, ou **maître d'oeuvre**, ayant accepté formellement cette charge, doit prendre les dispositions pour y faire face.

On voit sur la figure **15** le management de l'intégration et de la coordination des processus.

La manifestation première du **lancement du projet** doit être la désignation officielle d'un **chef du projet**, par le niveau hiérarchique compétent du maître d'oeuvre. Le chef du projet rend compte de son activité à la fois à sa hiérarchie et au sponsor, directeur du projet, double dépendance délicate lorsque les intérêts et les objectifs de ces deux entités sont par trop divergents. Dès qu'il est investi, le chef du projet met en route les divers processus de planification décrits dans les paragraphes précédents.

Le chef du projet fait la synthèse des processus dans le **plan de management de projet (PMP)** qui doit guider la réalisation du projet. Ce PMP explicite donc toutes les articulations prévues entre les intervenants et les conditions d'enclenchement d'une tâche à l'autre. Il résume l'ensemble de la phase de planification et constitue la référence de management.

En cours de réalisation, le chef de projet doit ménager le passage harmonieux des interfaces, grâce à une communication permanente avec les divers responsables de tâches. Il doit éventuellement arbitrer leurs différends ; relevant des rapports interpersonnels, le **traitement des conflits** fait partie de ce processus.

La gestion des **fonctions logistiques** s'applique à limiter les causes de ces différends, dus très souvent à des retards dans la fourniture de documents ou d'équipements.

La communication entre les intervenants est officialisée dans les états d'avancement, dont l'**analyse** périodique et régulière au cours des réunions de projet fait apparaître l'**avancement** physique du projet et la valeur acquise.

Le chef du projet prend alors les décisions de management qui s'imposent et en rend compte éventuellement à sa hiérarchie et / ou au sponsor.

Cela peut être :

- accepter sans intervention le déroulement du projet (RAS, rien à signaler) ;
- donner aux intervenants des instructions pour agir autrement (adopter des mesures correctives) ;
- reconnaître que, les conditions ayant changé le référentiel doit être modifié (modification des objectifs du projet);
- constater que le projet est terminé ;
- arrêter le projet parce qu'on ne pourra pas atteindre les objectifs visés, avec les ressources disponibles (ce dernier cas étant le plus difficile à faire admettre).

Les deux cas intermédiaires conduisent à des **évolutions** et des **modifications** que l'on doit traiter avec rigueur, pour que les mesures correctives ne pénalisent pas trop l'un ou l'autre des objectifs initiaux et conduisent à un résultat acceptable.

Lorsque le chef du projet, ayant obtenu l'accord des parties prenantes, constate l'**achèvement du projet**, il doit prendre les mesures en conséquence, c'est-à-dire :

- vérifier que sont bien remplies toutes les obligations requises à l'égard des tiers (non seulement le client ou sponsor, mais aussi toutes les autorités, administrations, etc.) ;
- procéder à la clôture interne, c'est-à-dire arrêter les processus de dépenses, archiver les documents selon les règles et dissoudre l'équipe ;
- assurer les retours d'expérience au sein de son organisme (tâche souvent mal exécutée).
- Des **revues formelles de projet** doivent entériner les acceptations partielles prononcées en cours de réalisation.



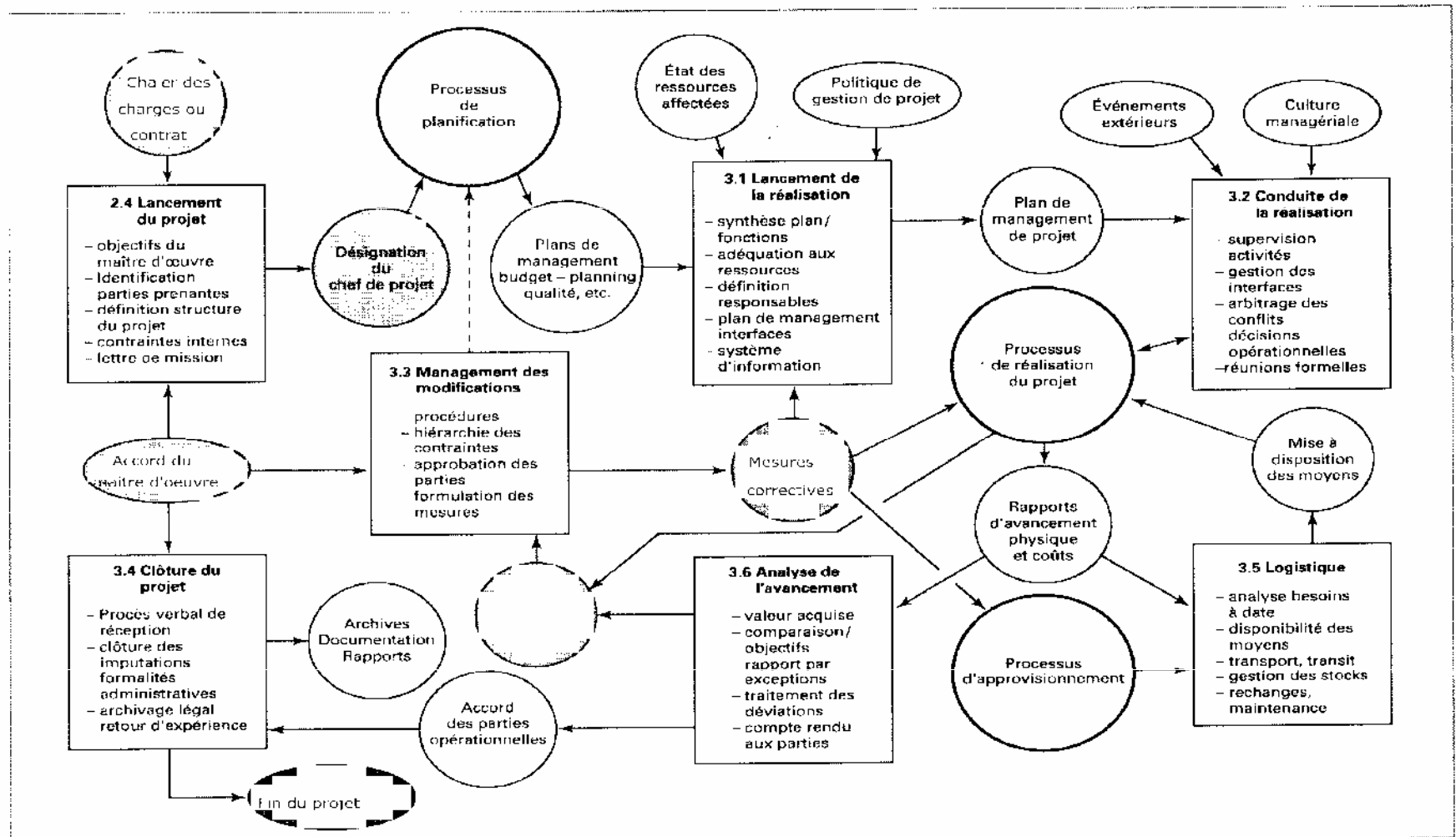


Figure 15 – Management de l'intégration et de la coordination des processus (après acceptation de la mission par le maître d'œuvre choisi)

## 1.8. MANAGEMENT DES RISQUES

La conduite de projet se pratique donc suivant les schémas que l'on vient de décrire, en essayant d'éviter les risques, c'est-à-dire les possibilités que la réalisation du projet ne conduisent à des résultats différents des objectifs visés, la différence étant considérée comme dommageable, voire inacceptable.

La cause d'un risque peut être :

- soit une incertitude, au moment de la planification (événement dont la réalisation n'est pas probabilisable ou dont les conséquences ne sont pas évaluables) ;
- soit un aléa (c'est-à-dire un événement plus ou moins probabilisable qui vient perturber l'exécution des processus planifiés) ;
- soit un événement imprévu apparaissant en cours de projet.

La notion de risque est indissociable de la notion de projet. La figure **16** donne le processus de management des risques de projet.

La planification des diverses activités reposant sur un lot d'hypothèses, chacune d'elles entraîne des **risques à identifier**, de même que les aléas possibles dans la réalisation de ces processus. Les aléas de réalisation ne sont pas seulement les imprévus, mais aussi les retards et les erreurs d'interprétation des événements, et les décisions inappropriées. Diminuer sciemment le nombre de risques identifiés pour éviter d'inquiéter les parties prenantes, revient simplement à augmenter le nombre de risques imprévus.

Le plus grand nombre de risques possibles ayant été identifiés, on les classe entre risques inacceptables, risques majeurs et risques faibles, par une **évaluation**, sur des échelles reflétant la sensibilité des parties prenantes aux divers types de risques, de la gravité de leurs conséquences et de leur probabilité.

Ces deux processus (**identification et évaluation**) sont menés, sous la responsabilité du chef de projet, par les experts de chaque discipline, opérant en brainstorming, ou par la méthode Delphi, et avec l'appui éventuel de méthodes et d'outils statiques et informatiques.

La **prise en compte** des risques consiste à revoir l'ensemble de la planification, de façon à en écarter les risques inacceptables et à décider de mesures correctives, soit applicables immédiatement, pour les risques les plus probables, soit différées pour les autres. Il faut :

- soit transférer le risque à un partenaire mieux préparé pour le supporter (sous-traitant, assurance ou « sleeping partner ») ;

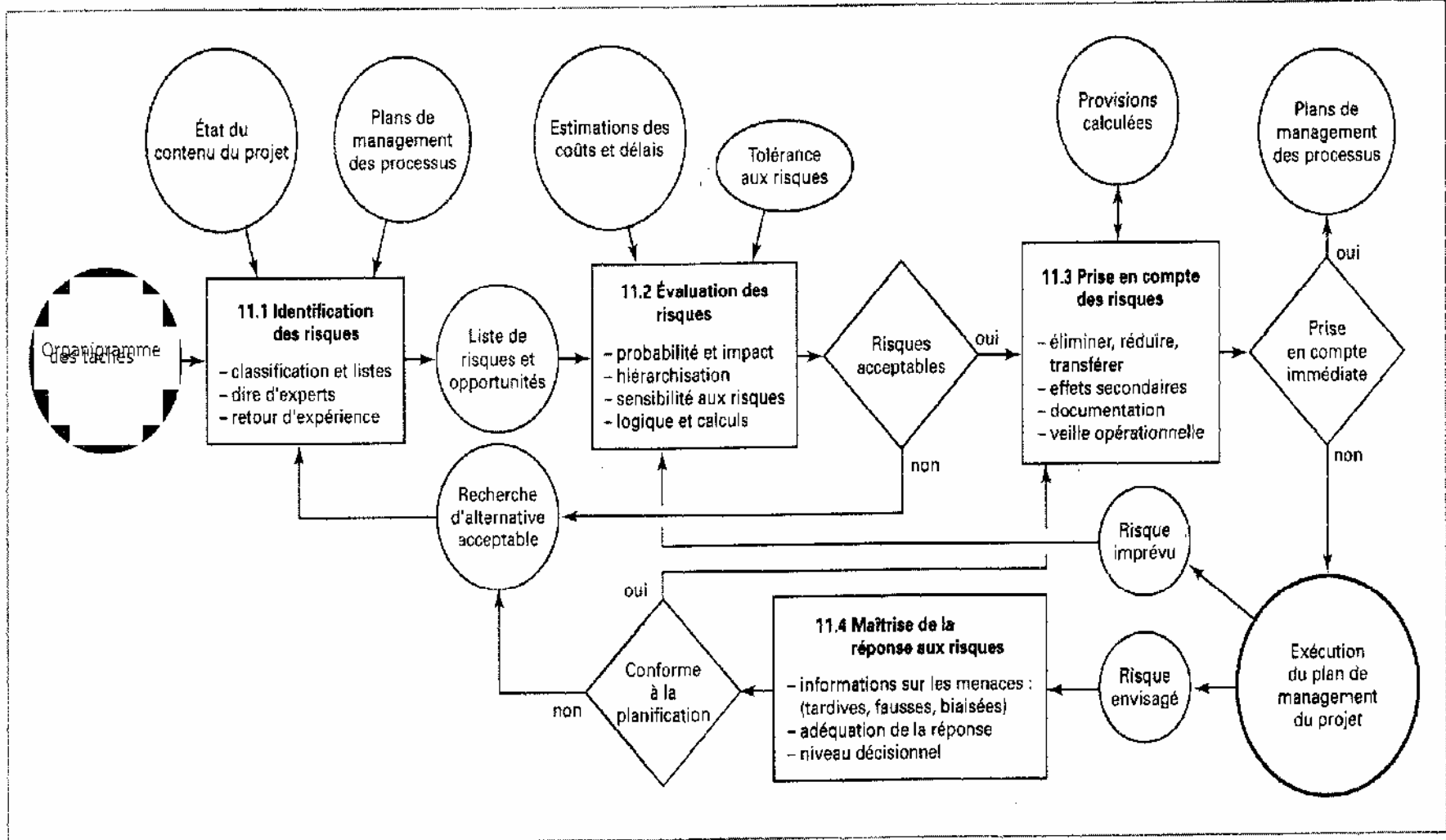


Figure 16 – Processus de management des risques de projet

- soit améliorer la planification, en approfondissant les études, en ajoutant des dispositifs de sécurité, etc. ;
- soit prendre des marges (coût, délai, spécifications).

Ces divers types de mesures sont généralement adoptés en parallèle, car toutes comportent un coût et des limites. Les risques mineurs sont le plus souvent couverts par des provisions et des marges. La prise en compte des divers risques dépend beaucoup de la philosophie de l'entreprise et des valeurs cultivées par son management général.

Tout au long de l'exécution du projet, et spécialement à l'occasion des revues de projet, tous les intervenants doivent demeurer attentifs aux événements porteurs de risques, appliquer les mesures correctives différées (après avoir vérifié si elles sont toujours pertinentes) et reprendre le cycle evaluation - décision en face des événements imprévus.

### **1.9. CONCLUSION**

Nous insistons sur l'importance de l'**imbrication des disciplines** impliquées dans le management de projet, et la complexité de la tâche de l'équipe de projet, même pour les projets les plus simples.

Nous avons essayé, dans chaque phase, de mentionner les processus qu'elle illustre et les méthodes concrètes employées. Cependant, tous les processus ne sont pas traités en détail. Certains se résument à leur extrant. Nous suggérons au lecteur d'étudier successivement et séparément les phases, afin de se placer dans des conditions semblables à celles des acteurs du cas réel. Le lecteur est donc invité à étudier l'énoncé de la phase 1, à proposer sa réponse, et à ne se reporter qu'ensuite au paragraphe suivant, qui expose la solution proposée, et ainsi de suite ; cette solution n'est pas nécessairement unique ou définitive ; dans la pratique, d'autres choix peuvent être faits, s'ils sont justifiés. L'objectif est de le familiariser avec les démarches normales d'un chef de projet. L'énoncé est donc, dans la mesure du possible, présenté sous la forme des documents qu'un chef de projet peut avoir à sa disposition. Il faut voir, néanmoins, que, dans la pratique, il se trouve recevoir des documents beaucoup moins expurgés, dont il devra extraire les renseignements intéressants. Cependant, les renseignements fournis à l'occasion d'une phase peuvent n'être utiles qu'au cours d'une phase ultérieure et, éventuellement, se combiner avec les résultats obtenus au cours d'une phase précédente. Les solutions sont présentées à la suite de chaque phase.

## CHAPITRE 2 : CAS D'UNE MICRO-PERCEUSE

En préparant son plan d'action stratégique pour 2005-2008, M. A., le directeur général de la Société «SICEX », constate que les perspectives de développement sont telles que l'atelier actuel sera insuffisant pour alimenter le marché prévisionnel (national et export).

### 2.1. PHASE 1. FAISABILITE

#### Énoncé

Lors de la préparation de son plan pour 2005-2008, M. A. a constaté, comme on dit dans l'Introduction, que l'atelier B sera insuffisant pour alimenter le marché et a reçu, par ailleurs, de M. K. la lettre ci-jointe :

#### Encadré 1

Agence de S.

SD, le 8 mai 2004

Objet : Implantation d'un atelier en SD

Monsieur le Directeur,

À la suite de l'étude de marché à laquelle vous m'avez demandé de procéder, nous avons constaté que la demande croissante de micro-perceuses et perceuses manuelle, tant en SD que dans les zones voisines, conduisait à des prévisions de vente très favorables dans la période 2005-2008. Si un nouvel atelier pouvait produire à partir du 1er janvier 2005, le marché serait de 200 unités/an (de micro-perceuses) et 1000 unités/an (accessoires pour perceuses portatives) cette année-là, et croîtrait de façon linéaire jusqu'à double en l'an 2006.

Notre supériorité sur la concurrence en prix et en qualité est telle actuellement que ce marché ne devrait pas nous échapper.

Notre avantage au niveau des coûts de revient serait encore amélioré si nous produisions localement ; les coûts de main d'œuvre sont ici très inférieurs aux vôtres (0,75) et nous pourrions également gagner sur les frais de transport, cela sans diminution de la qualité, car la qualification des personnels locaux est excellente, et une formation équivalente à celle de vos propres personnels serait largement suffisante.

L'implantation en SD d'un atelier de fabrication de micro-perceuses identiques à votre atelier B semble parfaitement justifiée, pour satisfaire la demande en cette région.

J'ai approché le Directeur du Bureau d'Investissement pour le Développement Économique de la SD (BIDES), qui est très favorable à cette éventualité et serait prêt à participer pour moitié à la création d'une filiale SD de la SICEX. Cette filiale aurait évidemment la personnalité juridique SD. Toutes garanties vous seront données d'avance pour le rapatriement des bénéfices. De plus, l'impôt sur les bénéfices n'est ici que de 30 %, au lieu de 50 % chez vous. La SICEX aurait à assumer la responsabilité technique de l'opération, alors que le BIDES aiderait la filiale SD à constituer son réseau de vente. En outre, le terrain vous serait concédé gracieusement.

Notre zone dispose d'excellentes entreprises de génie civil et de montage, ainsi que des matériaux courants (charpentes, tuyauteries, câbles...), mais nous n'avons pas de fabricants d'équipements spécialisés.

Le coût des travaux (génie civil et montage) est seulement de 85 % du coût en votre zone à prestation équivalente et les matériaux courants sont au même prix que chez vous.

Votre dévoué.

W. K.

## Encadré 2

### SICE

Directeur Travaux Neufs

Note de M. B. à M. le Directeur

Suite à votre demande, nous avons examiné le projet de construction d'un nouvel atelier de fabrication de micro-perceuses et accessoires pour perceuses portatives, analogue à notre atelier B actuel, qui a été achevé en 1994, avec la possibilité de le délocaliser en SD. Nous avons conservé tous les documents de base ayant permis la réalisation de cet atelier, et leur mise à jour pour réutilisation sur un nouveau projet ne demanderait pas plus de 10 % de l'effort initial demandé pour l'atelier B. Par contre, les études de détail (implantations, réquisitions, etc.) seraient à refaire, sans doute avec la même charge, mais, pour le cas SD, nous craignons qu'une implantation à une autre zone ne coûte environ 20 % de plus sur ce poste.

En ce qui concerne l'augmentation de capacité, l'extrapolation des coûts d'équipements, de matériels et de travaux peut se faire, en première approximation, par la formule exponentielle, avec un coefficient de 0,8. Nous disposons ici du terrain nécessaire pour une nouvelle unité.

De toutes façons, les matières premières devront provenir de l'étrangère durant les premières années, pour maintenir la qualité des produits (donc importées en SD, si on délocalise la production).

La lettre de M. K. donne des chiffres intéressants pour la construction en SD, mais nous pensons qu'il faudra toutefois déléguer au moins 5 personnes pour la supervision sur site des travaux ; ceux-ci pourraient durer un an et il faut bien prévoir, avec nos données actuelles, un aléa de 15 % dans le budget global.

Ci-joint une note sur les données économiques.

### Coût de l'installation existante

Pour une capacité nominale de 1000 unité /an, les coûts de l'atelier ont été les suivants en 1999 :

Étude de base.....	4 MF
Étude de détail .....	6 MF
Équipements spéciaux .....	8 MF
Matériel courant.....	8 MF
Travaux (génie civil, montage) .....	12 MF
Supervision (travaux).....	2 MF
Total .....	40 MF

### Variation réelle des coûts entre 1999 et 2005 :

- sur études et services (supervision) .....	1,15
- sur équipements.....	1,08
- sur travaux.....	1,10

### Coût actuel moyen du personnel, ramené à 12 mois/an, toutes charges comprises :

- cadre de production.....	10 keuros/mois
- cadre d'étude, au siège .....	7 keuros/mois
- cadre de supervision, sur chantier.....	12 keuros/mois

- agent de maîtrise ..... 6 keuros/mois
- opérateurs/maintenance ..... 5 keuros/mois
- ouvriers spécialisés (OS)..... 3 keuros/mois

**Coût actuel du transport Siège Générale /SD :**

- environ 4 % du coût de l'équipement (pour la livraison en SD des équipements spéciaux) ;
- environ 1 % de leur coût, pour les matières premières et produits finis entre Siège Générale /SD :

**Prix de vente actuel des composants :**

250 keuros/1 000 unité.

**Coût des matières premières, énergie et autres coûts proportionnels:**

80 keuros/1 000 pièces.

**Frais structurels (administration, comptabilité, commercialisation) :**

estimés à 500 keuros/an.

## 2.2. RESULTAT DE L' ETUDE DE FAISABILITE

### Estimation de l'investissement

Le nouvel atelier aurait une capacité de 500 unités par an, au lieu de 200, soit un facteur d'extrapolation exponentielle de :  $(500/200)^{0,8} = 2,08$

Ce facteur est valable pour les matériels et travaux.

Nous excluons de ce comparatif les coûts communs aux deux solutions : transfert de technologie, frais financiers et commerciaux formation et assistance technique, etc.

Tous les coûts sont exprimés en mégafrancs ou kiloeuros.

Les terrains sont supposés acquis dans les deux cas

Le tableau 1 donne le comparatif des deux solutions.

### Compte d'exploitation prévisionnelle

Le tableau 2 donne les comptes d'exploitation prévisionnels, en kiloeuros au Siège Générale et en SD, avec les explications des calculs suivantes.

#### Taux d'utilisation (01)

On admet que les ventes en provenance du nouvel atelier suivront la courbe de croissance annoncée par M. K., et qu'elles seront réalisées dans la zone actuellement couverte par l'agence SD.

**Chiffre d'affaires (02) :** en euros constants : production X prix de vente (PV) unitaire

**Coûts opératoires annuels (05) [introduction + données économiques)**

3 cadres X10 X12 = 360

7 agents de maîtrise X 6 X12 = 504

50 opérateurs et maintenance 5X 12 = 3 000

50 OS X3 X 12 = 1 800

Total au Siège Générale = 5 664 keuros

Total en SD = 4 248 keuros

**Tableau 1 – Estimation des montants de l'investissement pour un atelier d'une capacité de 200 unités par an (mini perceuses) et 1000 unité par an accessoires perceuses portatives**

Caractéristiques	Atelier B en 1999 (MF)	Coefficient de révision	Atelier B en 2005 (MF) (keuro)		Facteur extrapolation	Coût au Siège Générale (keuro)	Localisation	Coût en SD (keuros)	Remarque
Études de base	4	1,15	4,60	708	0,10	71	1	71	Puisque l'on récupère 90 % des études de l'atelier B
Études de détail	6	1,15	6,90	1 062	1,0	1 062	1,2	1 274	Avec du personnel expérimenté
Équipements spéciaux	8	1,08	8,64	1 329	1,3	1 728	1,04	1 797	Coût sur site après transport en SD (4 %)
Matériel courant	8	1,08	8,64	1 329	1,3	1 728	1	1 728	Coûts identiques en SD et au siège général
Travaux	12	1,10	13,20	2 031	1,3	2 640	0,85	2 244	cf. Lettre de M. K.
Supervision	2	1,15	2,30	354	1,0	354	(1)	720	Dans les conditions « siège générale »
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>(1,107)</b>	<b>44,28</b>	<b>6 813</b>	<b>1,22</b>	<b>8 341</b>	<b>1,08</b>	<b>9 009</b>	Avec des aléas estimés à 10 % pour « siège générale » et à 15 % pour le cas d'une implantation en SD.



**Tableau 2 – Compte d’exploitation prévisionnelle, en kiloeuros**

Caractéristiques d’investissement	SIEGE GENERALE						En SD						
	Année d’exploitation						Année d’exploitation						
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	
01 Taux d'utilisation de la capacité investie (taux de marche des installations en %)		60	70	80	90	100		60	70	80	90	100	
02 Chiffre d'affaires		15000	17500	20000	22500	25000		15000	17500	20000	22500	25000	
03 Achat de matière première		4 800	5 600	6 400	7 200	8 000		4 848	5 656	6 464	7 272	8 080	
04 Valeur ajoutée (02 – 03)		10 200	11900	13600	15300	17000		10152	11844	13536	15228	16920	
<b>FRAIS D'EXPLOITATION</b>													
05 Coût opératoire direct + transport produits		5 814	5 839	5 864	5 889	5 914		4 248	4 248	4 248	4 248	4 248	
06 Frais de structure		500	500	500	500	500		500	500	500	500	500	
07 Sous-total (05 + 06)		6 314	6 339	6 364	6 389	6 414		4 748	4 748	4 748	4 748	4 748	
08 Marge avant frais financiers et amortissement (04 – 07)		3 886	5 561	7 236	8 911	10 586		5 404	7 096	8 788	10 480	12 172	
09 Frais financiers		700	700	700	700	700							
10 Amortissements		1 668	1 668	1 668	1 668	1 668		1 802	1 802	1 802	1 802	1 802	
11 Sous-total		2 368	2 368	2 368	2 368	2 368							
12 Résultat d'exploitation (08 – 11)		1 518	3 193	4 868	6 543	8 218		3 602	5 294	6 986	8 678	10 371	
13 Impôt		759	1 597	2 434	3 271	4 109		1 081	1 588	2 096	2 603	3 111	
14 Résultat net		759	1 597	2 434	3 271	4 109		2 521	3 706	4 890	6 075	7 260	
15 Marge brute d'autofinancement (cash-flow) (14 + 10)		2 427	3 265	4 102	4 939	5 777		4 323	5 508	6 692	7 877	9 062	
16 Marge brute d'autofinancement actualisée (1)		2 247	2 799	3 256	3 630	3 932		4 003	4 722	5 312	5 790	6 167	
<b>Total</b>			$\Sigma=$	<b>15 864 keuros</b>				$\Sigma=$	<b>25 994 keuros</b>				

(1) Marge brute d'autofinancement  $\times$  coefficient d'actualisation.

## 2.3. PHASE 2. DEFINITION DU PROJET

### Énoncé

Au vu de l'étude précédente, la direction de la SICEX décide d'investir en SD et demande à M. B. dans quelles conditions cette réalisation pourrait être effectuée. Celui-ci rédige, à cet effet, une note [encadré 4], à laquelle est jointe l'offre préliminaire de la Société GERT [encadré 5].

#### **Encadré 4**

SICE

Département Travaux Neufs

Note de M. Bernard à M. le Directeur

Pour répondre à votre demande concernant le projet de réalisation en SD d'un atelier analogue à notre atelier B, mais d'une capacité de 500 pièces/an, nous avons interrogé le GERT (Groupe d'Études et de Réalisations Techniques), qui a une bonne réputation et a déjà travaillé en SD. Nous les connaissons bien par ailleurs. En effet, il me paraît difficile d'assurer par nos propres moyens les études nécessaires et le suivi des approvisionnements : notre effectif et notre charge de travail courant ne nous permettent pas de libérer, pendant 9 mois, les 16 personnes qui seraient impliquées au bureau d'études (BE) dans ce projet. Il faudrait donc recruter temporairement, sans assurance de réemploi, et avec des risques de diffusion de notre expertise.

Le GERT (cf. offre ; encadré 5) nous propose plusieurs solutions, qui nous permettraient de n'affecter qu'un minimum de personnel de notre bureau d'études :

**A.** 1 personne, pour le suivi des études et approvisionnements, dans le cas du forfait ;

**B.** 5 personnes, pour ces mêmes tâches, dans le cas « coût + honoraires » ;

**C.** 8 personnes, si nous désirons ne leur confier que les études de détail (mais nous devrions alors recruter quand même en doublant, temporairement, notre effectif du BE).

Dans tous les cas, il faudra désigner un responsable SICE pour la direction du chantier (1 an) et, si cette mission n'est pas assurée par le GERT, 4 superviseurs (mais nous n'avons pas, à SICE ces 4 personnes, qu'il faudrait aussi recruter).

Je pense qu'il serait possible de négocier avec le GERT un contrat incitatif, du genre prix maximum garanti (PMG), ce qui réduirait notre propre équipe de projet à 3 personnes, plus le superviseur de chantier.

Mon estimation des risques, à inclure en provision budgétaire, est :

— de 6 % du coût estimé pour le cas du forfait et du PMG ;

— de 20 % pour le « coût + honoraires » ;

— de 10 % pour les 2 autres cas (si nous réussissons à recruter des intérimaires compétents, ce qui est très aléatoire), sinon, plutôt 15 %).

Avril 2005 - A. B.

## Encadré 5

Groupe d'Études et de Réalisations Techniques

P, le avril 2005

Objet :

Offre à SICEX / Atelier en SD

Messieurs,

Suite à votre demande préalable pour la construction d'un atelier de fabrication de micro- perceuses en SD, nous vous suggérons l'une des formules suivantes.

**A. Contrat clés en main** pour un montant forfaitaire de 200 keuros.

À partir de vos documents de base, nous nous chargeons de l'ensemble des études de détail, de la commande des équipements et des travaux, de la supervision des sous-traitants et de direction du chantier. Nous vous remettrons un atelier testé garanti mécaniquement, et prêt à mettre en service par vos soins.

**B. Contrat en coût plus honoraire**

Nos honoraires se monteraient à 600 keuros pour la réalisation des études de détail, la préparation des sous- commandes des marchés de travaux. Vos services régleraient directement aux fournisseurs les factures correspondantes et assureraient la comptabilité et la coùtenance du projet.

Dans **ces 2 cas**, notre responsabilité comporte le contrôle de qualité et la supervision des études ; dans le cas **B**, la garantie mécanique serait assurée par les fournisseurs respectifs.

En aucun cas, notre garantie ne porterait sur les paramètres procédés qui restent de votre responsabilité, de même que la constitution d'un manuel d'exploitation.

**C. Exécution des études de détail seules**, pour un montant forfaitaire de 500 keuros.

Toutes les autres tâches resteraient de votre responsabilité et votre charge, mais, dans les cas **B** et **C**, nous pourrions déléguer sur le chantier une équipe de spécialistes de supervision, sous la responsabilité du directeur de chantier de SICEX pour un forfait mensuel de 48 keuros/mois.

Restant à votre disposition,...

## **Résultat de l'étude**

### **Scénarios possibles**

Dans tous les scénarios, SICEX joue le rôle de **délégué du maître d'ouvrage**, qu'est sa filiale.

#### **A. Contrat forfaitaire**

SICEX confie à GERT l'entreprise générale du projet, sur une base de prix forfaitaire. SICEX doit fournir à GERT les documents de base du procédé, qu'elle va extrapoler à partir des résultats de l'atelier B actuel et doit aussi prévoir une personne, pour le suivi technique du projet et une sur le chantier [encadré 4]. Ces deux personnes seront sans doute du personnel chevronné, qui devra être remplacées par des embauches à des postes moins cruciaux.

SICEX conserve, au nom de sa filiale, les **risques « d'entreprise »** ; elle devra veiller à bien définir les prestations demandées et à éviter les modifications. Cela exigera probablement une certaine fermeté vis-à-vis du BIDES, qui souhaitera toujours des adaptations en SD que GERT ne refusera pas et transformera en avenants. GERT assume les **risques de projet et de construction**, sur la base d'un cahier des charges précis ; toute modification conduira à un avenant. La sécurité du coût n'est donc pas absolue, d'où la nécessité pour SICE de prendre des aléas (6 %) malgré le forfait.

#### **B. Contrat « coût plus honoraires »**

SICEX confie à GERT la maîtrise d'oeuvre, en « coût plus honoraires ». GERT effectue les études et la préparation des sous-commandes au forfait, mais ne prend pas de responsabilités sur le montant de ces sous-commandes, ni sur la garantie mécanique. SICEX doit déléguer du personnel pour participer à la négociation des coûts et délais et faire le suivi financier.

En outre, GERT envoie une équipe de supervision de chantier, mais sans prendre de risques quant à la durée du chantier. Il en résulte une augmentation importante du risque que supporte SICEX. Dans cette solution, GERT peut être tenté de faire de la surqualité (non maîtrisée au niveau des études et des spécifications de matériel) pour se surprotéger des risques techniques, sans incitation à l'économie ; de même, sur le chantier et, surtout, pour sa durée.

#### **C. Exécution des études de détail seules**

Par rapport à la solution adoptée, SICEX assure la négociation complète et la préparation des marchés ; elle a plus de travail, mais une meilleure maîtrise des coûts, dans la mesure où une équipe relativement importante s'assure que la définition faite au niveau des études est économiquement ajustée. L'équipe de supervision de chantier peut être SICEX ou GERT, avec les mêmes risques pour SICEX que dans le cas précédent.

#### **Déroulement du projet**

Le scénario **D** adopté :

On a également supposé que l'étude de faisabilité (marché, technique, impact, économique, financière) a conduit à une conclusion favorable au projet.

La décision étant prise, la première tâche de la SICEX est de désigner un **chef de projet (CP)** : si ce n'est M. B. lui-même (qu'il faudrait alors dégager de toute autre mission durant au moins 12 à 18 mois, ce qui paraît difficile), au moins son collaborateur le plus ancien et le plus expérimenté, M. C. ; il lui rendra compte, tout en ayant une délégation de pouvoir assez importante pour prendre les décisions courantes,

avec une autorisation d'engagement de dépenses, allant par exemple jusqu'à 1 MF. Cela doit être confirmé par une **note de lancement** signée du Directeur Général et adressée à tous les responsables.

Le bon choix du CP est sans doute l'une des conditions majeures de la réussite du projet. Il y a deux risques : soit un CP trop autonome, qui ne rendra pas assez compte, soit un CP trop dépendant, qui transférera trop de décisions à sa hiérarchie.

Il est toujours possible de perfectionner le CP choisi en lui donnant, à temps, des compléments de formation appropriés.

Le chef de projet doit :

- choisir, dans le personnel de SICE :
- deux adjoints, disons M. D. (spécialiste technique connaissant bien les procédés et les matériels de l'atelier) et M. E ; (agent administratif, chargé de la maîtrise des coûts et de la supervision des approvisionnements) ; ils assureront le suivi et la coûtéance du projet,
- préparer, avec eux, le plan de management du projet, c'est-à-dire le référentiel général ;
- participer aux négociations avec le BIDES, pour la définition des responsabilités de SICEX dans la filiale – société SICEXYL – (ces négociations étant normalement assurées par la Direction commerciale, appuyée par M. K.) ;
  - lancer l'adaptation des études de base ;
  - effectuer une enquête sur site préliminaire ;
  - préparer le marché avec GERT.

### Encadré 6 – Plan de management du projet SICEXYL

#### 1. Présentation générale

##### 1.1 Définition de l'ouvrage - Références du client - Lieu

##### 1.2 Cadre contractuel - Responsabilité de SICEX vis-à-vis de SICEXYL :

- Délégué du maître d'ouvrage : choix du maître d'oeuvre, définition du cahier des charges contrôle de la qualité, des coûts et des délais, supervision de chantier ;
- Bailleur de licence : élaboration de l'ingénierie de base, rédaction des manuels opératoires et d'entretien ;
- Assistance technique : formation initiale des exploitants, visite d'appui sur le site.

#### 2. Organisation opérationnelle

##### 2.1. Représentants autorisés

- De la SICEX et de SICEXYL
- Du BIDES et des autorités locales
- De GERT (maître d'oeuvre)
- Des sous-traitants directs

##### 2.2. Procédures de gestion

- Réunions d'avancement - Rapports
- Documents contractuels - Ampliation
- Organisation général des tâches

##### 2.3. Planning général de réalisation

- Services impliqués : charge et durée

— Jalons critiques

2.4. Structure budgétaire - Imputations

3. Directives techniques

3.1. Hypothèses de conception

3.2. Contraintes d'approvisionnement

3.3. Contraintes de construction

### **Accords et contrats**

Accords entre SICEX et BIDES

Pour la création d'une société de droit en SD, appelé « SICEXYL », un accord de coopération à long terme, de type paritaire, fixe les apports respectifs des deux parties, leurs responsabilités et le partage des profits et pertes.

\* SICEX s'engage sur :

- le montant de l'investissement ;
- l'apport de la moitié de celui-ci ;
- le délai de réalisation ;
- la qualité des produits et procédés ;
- le transfert de technologie.

\* BIDES s'engage avec l'accord de son gouvernement sur :

- la compétence des personnels de SD sélectionnés (SICEX aura le droit de les récuser après essais) ;

### **Contrat entre SICEX et SYCXYL**

Ce contrat de fournisseur à client (même si le client est filiale du fournisseur) vise strictement la réalisation du projet, en tant que **mandataire** du maître d'ouvrage :

- pour aider à la maîtrise d'ouvrage et pour la réalisation de l'atelier ;
- pour le transfert de technologie de production.

SICEX s'engage à :

- fournir les procédés de base ;
- sous-traiter la maîtrise d'oeuvre en PMG ;
- superviser les études et approvisionnements ;
- former le personnel de SICEXYL dans l'atelier B ;
- contrôler la construction ;
- mettre en route l'atelier SD ;
- déléguer des personnels pour aider à l'exploitation ;
- assurer la formation continue après MSI (mise en service industriel).

SICEX garantit la qualité des procédés et de la réalisation. Ces diverses obligations devront être limitées dans le temps.

SICEXYL s'engage à :

- rétribuer les prestations de SICEX, selon des barèmes définis ;
- des clauses éventuelles de non-concurrence, de confidentialité.

Le retour d'investissement, la participation aux bénéfices, etc. font partie de la convention d'actionariat de SICEX dans SICEXYL, et des statuts de SYCEXYL, pas du contrat de projet de construction.

Dans ce type de contrat, les données de base, site, limite de prestation, obligations mutuelles doivent être parfaitement claires et précisées dans les annexes techniques du contrat. Un certain temps doit être laissé à GERT pour estimer le coût des matériels banalisés et des travaux.

Le contrat doit prévoir les droits d'intervention de SICEX dans les définitions techniques, le choix des fournisseurs, les revues formelles de projet.

### **Contrat entre SICEX et des banques**

Pour le financement de l'opération, côté français, des conventions bancaires peuvent être envisagées dans ce type d'opération, avec participation de la BCE (banque pour le commerce extérieur).

## **2.4. PHASE 3. PLANIFICATION OPERATIONNELLE**

### **Énoncé**

L'une des premières tâches de l'équipe de projet est la planification du projet. Pour ce faire, les messieurs : MM. C, D, E et F, avec l'aide de M. B., dressent une liste des tâches nécessaires à la bonne fin du projet [encadré 7]. Ce document est évidemment préliminaire et, peut-être, incomplet. On a indiqué entre parenthèses l'initiale du responsable (avec G pour GERT) et la durée estimée. La direction de la SICEX vous demande d'aider l'équipe de projet à préparer le programme d'exécution de façon cohérente.

a) Établir un organigramme des tâches, puis un tableau des antécédents, avec affectation des responsables de lots et délais.

b) Tracer un logigramme du projet (réseau type antécédent).

c) Déterminer la durée probable et le chemin critique (calcul au plus tôt et au plus tard).

d) Représenter le déroulement du projet sur un planning à barres (GANTT) calé au plus tôt ; cette représentation fait apparaître des surcharges : faire une proposition de lissage.

e) Quelles solutions pouvez-vous suggérer pour réduire le délai total du projet, sans augmenter les risques ni les coûts ? On calculera en semaines pleines et on ne tiendra pas compte des congés, ni des jours fériés découlant du calendrier.

## Résultat de la planification opérationnelle

L'analyse de l'énoncé et de l'encadré 7 conduit à dresser le tableau 4.

### Encadré 7- Liste préliminaire des tâches à effectuer

11. Visite du site et rencontre avec les entreprises locales (C et F - 2 semaines)
12. Recherche des documents d'archives pour consultation finale du GERT. Coût, délai, technique (D, E - 1 semaine)
13. Négociation avec GERT, mise au point du contrat (C + E + F + G - 2 semaines), (E + F à mi-temps)
21. Adaptation du procédé au cas. Bilans procédé et énergie. Schémas. Implantation (D - 3 semaines)
22. Données de base sur les équipements (D - 3 semaines)
23. Mise en forme du projet de principe (G - 4 semaines)
24. Plans guides d'installation, de génie civil et d'équipements divers (G - 8 semaines)
25. Plans d'exécution du génie civil (G - 6 semaines)
26. Plans d'exécution du montage des équipements principaux et auxiliaires [standard ou bulk (vrac)] (G - 12 semaines)
31. Spécification, réquisition et passation des commandes d'équipements principaux (G + E - 4 semaines)
32. Spécification, réquisition et passation des commandes d'équipements standard (G + E - 10 semaines)
33. Fabrication et livraison des équipements principaux (fournisseur français - 28 semaines)
34. Fabrication et livraison des équipements standard et bulk (fournisseurs locaux - 12 semaines)
41. Relance et sélection des entreprises locales de génie civil et montage (F + G - 6 semaines)
42. Négociation des contrats de construction du génie civil (F + G - 4 semaines)
43. Exécution des travaux de génie civil (entreprises locales - 20 semaines)
44. Négociation des travaux de montage électromécanique (F + G - 4 semaines)
- 45 ; 46. Montage (entreprises locales - 20 semaines) d'abord d'équipement principal : 6 semaines, puis le bulk : 14 semaines)
47. Mise en service industriel (tous - 4 semaines)
48. Finitions (peintures, raccords, scellements, etc.) (entreprises locales - 2 semaines)
- 51.52. Recrutement du personnel d'exploitation et de maintenance (locaux) d'abord cadres, puis opérateurs (8 et 8 semaines)
- 53 ; 54. Formation des dits personnels (cadres : 25 semaines, puis opérateurs : 9 semaines)
28. Plans et documents conformes à l'exécution (G + F : 4 semaines), commencent 2 semaines après le début de 46, mais les finitions ne peuvent être finalisées avant la fin de la MSI (mise en service industrielle)
55. Rédaction des manuels opératoires et d'entretien (D + G - 10 semaines) Les cadres locaux devront suivre le dernier mois du montage électromécanique, pour se familiariser avec les équipements.

**Tableau 4 – Organigramme des tâches, antécédents et durées élémentaires**

Projet	Responsable	Après quoi (liste précédente)	Durée (semaine)
<b>1. Direction de projet</b>			
11. Hypothèses de site, localisation	C + F	...	2
12. Recherches d'archives	D + E	...	1
13. Négociations GERT	C	11 ; 12	2
14. Direction du projet	C	continu	
15. Gestion du projet	E + F	continu	
16. Formalités administratives locales	K	11 ; 23	
<b>2. Études</b>			
21. Adaptation du procédé au cas	D	12	3
22. Définition des équipements principaux	D	21	3
23. Projet de principe (bilans détaillés, implantation)	G	13 ; 21	4
24. Plans guides d'installation	G	23	8
25. Plans d'exécution du génie civil	G	24	6



26. Plans de montage et documents électricité mécanique (bulk)	G	24, 31	12
27. Supervision études	D	continu	
28. Plans conformes à l'exécution	G + F	46	4 (DD = + 2)
<b>3. Approvisionnements</b>			
31. Spécification, réquisition et commandes équipements principaux	G + E	22, 23	4
32. Spécification, réquisition et commandes équipements auxiliaires	G + E	26, 31	10
33. Livraison équipements principaux	X	31	28
34. Livraison équipements auxiliaires (bulk)	Y	32	12
35. Supervision commandes	E	continu	
<b>4. Travaux</b>			
41. Sélection des entreprises	G + F	11	6
42. Contrats génie civil	G + F	41, 24	4
43. Exécution du génie civil	Z	42, 25	20
44. Contrats de montage	G + F	26, 41	4
45. Montage équipement principal	W	33, 43, 44	6
46. Montage équipement bulk	W	34, 45	14
47. Mise en service industrielle	Tous	46, 54	4
48. Finitions	W	46	2
49. Supervision montage	F	continu	
<b>5. Personnel</b>			
51. Recrutement cadres	K	...	8
52. Recrutement opérateurs	K	51	8
53. Formation cadres	B*	51, 55	26 (FF 46 = - 4)
54. Formation opérateurs	B*	52	9
55. Manuels opératoires	D + G	23	10



## **CHAPITRE 3 : COMPÉTITIVITÉ DES PRODUITS**

Compte tenu de la présence accrue de marchés fortement concurrentiels (pays à main-d'oeuvre bon marché), le développement, voire la survie d'une entreprise de production dépend de sa capacité à satisfaire le besoin exprimé ou implicite (besoin non exprimé actuel ou futur) des utilisateurs en proposant un produit compétitif.

L'objet de ce chapitre est donc de définir les composantes de la compétitivité des produits et de décrire les moyens disponibles pour la mettre en oeuvre.

### **3.1. LES COMPOSANTES DE LA COMPÉTITIVITÉ D'UN PRODUIT**

Les différentes composantes de la compétitivité d'un produit sont: — sa qualité; — ses divers coûts; — sa disponibilité; — son aspect innovant.

#### **Qualité d'un produit**

On rappelle ici la définition donnée par l'AFNOR: **Aptitude d'un produit à satisfaire les besoins des utilisateurs.**

#### **Coûts d'un produit**

Le coût d'achat d'un produit est en relation avec l'expression du besoin formulée par le client (notion de marché).

Le coût global d'un produit, supporté par l'entreprise qui le fabrique, comprend:

- des coûts de recherche et d'études;
- des coûts de conception et de développement;
- des coûts d'industrialisation et de production;
- des coûts de vente et de service après vente;
- des coûts d'extinction.

#### **Coûts de recherche et d'études**

Ils comprennent:

- l'étude du besoin;
- l'étude du marché;
- la définition des spécifications.

#### **Coûts de conception et de développement**

Engendrés par le service « bureau d'études » de l'entreprise, ils sont liés à :

- l'activité de conception;
- la réalisation d'éprouvettes, de maquettes et à la conduite d'essais;
- la fabrication de prototypes et à la conduite d'essais;
- au contrôle de faisabilité.

## **Coûts d'industrialisation et de production**

L'ensemble de ces coûts comprend :

- les études de fabrication en série;
- la préparation du travail;
- l'étude, la fabrication et l'amortissement des outillages de production et de contrôle;
  
- les énergies et les matières consommables;
- la gestion de production et la maintenance des moyens de production.

**Remarque :** Les coûts d'industrialisation représentent les dépenses nécessaires pour transformer les études de faisabilité en études industrielles du produit.

**La compétitivité** est l'ensemble des qualités ou caractéristiques d'un produit (avec son environnement) grâce auquel il est capable de supporter la concurrence.

## **Coûts de vente et de service après-vente**

Ils apparaissent à l'issue de la phase de fabrication du produit et contribuent directement à la satisfaction de l'utilisateur.

Ils incluent en particulier les coûts des infrastructures commerciales (réseaux d'agents commerciaux, de grossistes et détaillants, de réparateurs, etc.).

## **Coûts d'extinction**

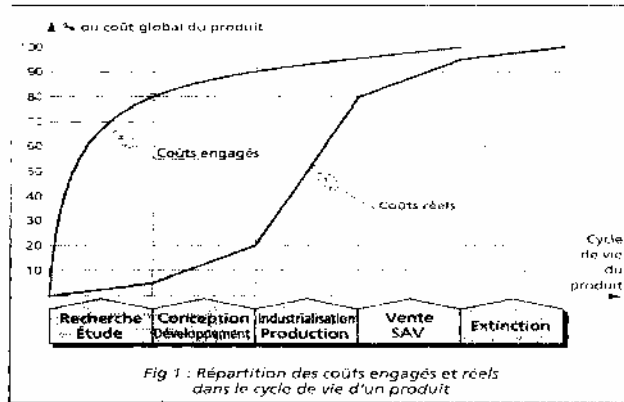
Ils contribuent également à la satisfaction de l'utilisateur mais ils doivent surtout prendre en compte le respect de l'environnement. Ils comprennent: la « reprise » au client; la réforme ; la destruction ; le recyclage.

## **Coûts engagés et coûts réels**

Chacune des phases de la vie d'un produit induit des coûts propres (dépenses réelles) et engage une partie des coûts ultérieurs. La figure 1 illustre le décalage spectaculaire, dans la durée de vie du produit entre ces deux familles de coûts. En particulier, il est remarquable de constater qu'au terme de la première phase du cycle de vie du produit il y a environ 80 % du coût global du produit qui est engagé alors que 5 % seulement est réellement dépensé. De même, avant que l'industrialisation et la production n'aient commencé, la quasi-totalité du coût global du produit (environ 90 %) est engagée (grave pénalisation en cas de rebuts, de défauts ou de mévente).

## **Disponibilité d'un produit (NF X 50-500)**

La disponibilité est l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées.



### Innovation d'un produit

Les **qualités d'innovation** d'un produit portent essentiellement sur:

- ses **performances** : ensemble des qualités mesurables qui caractérisent les prestations dont un produit est capable;
- ses **avantages** : ensemble de qualités ou de caractéristiques secondaires susceptibles d'accroître la satisfaction du client (aspects quantitatifs et qualitatifs)
- son **esthétique** : ensemble des critères d'adaptation à l'usage, de beauté et de facilité de fabrication favorisant l'adéquation du produit avec le contexte de mode actuel.

### 3.2. MISE EN OEUVRE DE LA COMPÉTITIVITÉ

La condition première de réussite en terme de compétitivité d'un produit est de satisfaire le plus rapidement possible la demande du client, sachant que celle-ci évolue brutalement et de manière aléatoire. Ceci nécessite, de la part de l'entreprise fabriquant le produit, une structure offrant le maximum de flexibilité, notamment au niveau de son outil de production.

#### Flexibilité

##### Caractéristiques

Principales performances attendues de l'outil de production:

- productivité (capacité à produire);
- disponibilité (combinaison fiabilité — maintenabilité — organisation de la maintenance);
- flexibilité: elle se caractérise par l'aptitude au changement rapide de fabrication.

Au-delà des définitions normalisées de la fiabilité, de la maintenabilité et de la disponibilité, la notions suivantes peuvent être retenues:

- la fiabilité d'un équipement se traduit par la rareté de ses pannes;
- la maintenabilité d'un équipement se traduit par la facilité et la rapidité à l'entretenir et à le dépanner;
- un équipement, rarement en panne, mais dont le dépannage est long et difficile, est peu disponible;
- un équipement, dont le dépannage est facile et rapide, mais souvent en panne, n'est non pas guère disponible.

La flexibilité de l'outil de production s'obtient grâce à la mise en oeuvre de méthodes de production. Du point de vue de l'organisation, elle est une composante de la gestion de production mais sa mise en oeuvre n'est possible qu'avec des moyens matériels adéquats, eux-mêmes flexibles.

La dernière génération de machines de production (machines-outils à commande numérique)

présente de telles caractéristiques:

- universalité (permet de nombreux types de générations de surfaces);
- grande capacité en outils de coupe (permet l'usinage de surfaces différentes);
- partie commande programmable permet le stockage des programmes de différents processus d'usinage, ainsi que le changement rapide du programme courant).

### **Méthodes**

Les méthodes de gestion de production, qui sont nées de ces considérations de flexibilité de l'outil de production, sont présentées dans le tableau ci-après.

Désignation	Principe	Présentation	Références																																																								
<b>Îlot de production</b>	Regrouper les moyens matériels de production en vue d'optimiser les flux de circulation de pièces d'un poste à l'autre.		<i>Des documents pédagogiques ou des articles disponibles dans le laboratoire peuvent pallier à l'absence d'ouvrages de référence.</i>																																																								
<b>Technologie de groupement</b>	Créer des familles de pièces ou d'opérations d'usinage et les codifier en vue d'optimiser leur production.		CETIM (Centre Technique des Industries Mécaniques) 60300 SENLIS																																																								
<b>Méthode MRP (Material Requirement Plannings)</b>	Planifier des besoins en composants.	<table border="1"> <tr> <td>Article :</td> <td colspan="3">A</td> </tr> <tr> <td>Déla :</td> <td colspan="3">4 semaines</td> </tr> <tr> <td>Quantité :</td> <td colspan="3">100 (ou autre quantité)</td> </tr> <tr> <td>Périodes</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> </tr> <tr> <td>Besoins prévisionnels</td> <td>10</td> <td>50</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Stocks prévisionnels</td> <td>10</td> <td>60</td> <td>50</td> </tr> </table>	Article :	A			Déla :	4 semaines			Quantité :	100 (ou autre quantité)			Périodes	S1	S2	S3	Besoins prévisionnels	10	50	10	Stocks prévisionnels	10	60	50	La gestion de production assistée par ordinateur. J. Mestoudjian, J. de Crescenzo Éd. Usine Nouvelle.																																
Article :	A																																																										
Déla :	4 semaines																																																										
Quantité :	100 (ou autre quantité)																																																										
Périodes	S1	S2	S3																																																								
Besoins prévisionnels	10	50	10																																																								
Stocks prévisionnels	10	60	50																																																								
<b>Méthode Kanban (origine : Toyota Japon)</b>	Gérer la production à stock zéro en utilisant le concept JIT (Just in Time).		La gestion de production assistée par ordinateur. J. Mestoudjian, J. de Crescenzo Éd. Usine Nouvelle.																																																								
<b>Système OPT (Optimized Production Technology)</b>	Gérer la production en maîtrisant les goulets d'étranglement.		La gestion de production assistée par ordinateur. J. Mestoudjian, J. de Crescenzo Éd. Usine Nouvelle.																																																								
<b>Méthode SMED (Single Minute Exchange Die)</b>	Diminuer le temps mort de changement de type de production.		<i>Des documents pédagogiques ou des articles disponibles dans le laboratoire peuvent pallier à l'absence d'ouvrages de référence.</i>																																																								
<b>Cartes de contrôle</b>	Outils statistiques permettant d'observer, de contrôler et de maîtriser les variations d'un processus de fabrication.		Gestion et contrôle de la qualité. P. Vandeville, Afnor Eyrolles.																																																								
<b>Analyse de déroulement</b>	Décomposer le déroulement d'une action en vue de l'optimisation d'un processus.	<table border="1"> <tr> <td>MÉTHODE :</td> <td>OPÉRATION</td> <td>TRANSPORT</td> <td>CONTRÔLE</td> <td>RETRARD</td> <td>STOCKAGE</td> <td>OBSERVATION</td> </tr> <tr> <td>- Actuelle</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>- Amélioration</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>Stockage des bruts</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>Transport poste 1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>Opération 1</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>Transport poste 2</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </table>	MÉTHODE :	OPÉRATION	TRANSPORT	CONTRÔLE	RETRARD	STOCKAGE	OBSERVATION	- Actuelle	○	○	○	○	○	○	- Amélioration	○	○	○	○	○	○	Stockage des bruts	○	○	○	○	○	○	Transport poste 1	○	○	○	○	○	○	Opération 1	○	○	○	○	○	○	Transport poste 2	○	○	○	○	○	○	<i>Des documents pédagogiques ou des articles disponibles dans le laboratoire peuvent pallier à l'absence d'ouvrages de référence.</i>							
MÉTHODE :	OPÉRATION	TRANSPORT	CONTRÔLE	RETRARD	STOCKAGE	OBSERVATION																																																					
- Actuelle	○	○	○	○	○	○																																																					
- Amélioration	○	○	○	○	○	○																																																					
Stockage des bruts	○	○	○	○	○	○																																																					
Transport poste 1	○	○	○	○	○	○																																																					
Opération 1	○	○	○	○	○	○																																																					
Transport poste 2	○	○	○	○	○	○																																																					
<b>Relevé de mesure chronométrique</b>	Chronométrer une action en vue d'évaluations de performances, de coûts,...	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">FEUILLE DE CHRONOMÉTRAGE (travaux répétitifs)</td> <td colspan="2">Feuille n°</td> <td colspan="2">Étu</td> </tr> <tr> <td>Fonctions chronométrées</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Effort</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Position</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	FEUILLE DE CHRONOMÉTRAGE (travaux répétitifs)		Feuille n°		Étu		Fonctions chronométrées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Effort										Position										1										2										<i>Des documents pédagogiques ou des articles disponibles dans le laboratoire peuvent pallier à l'absence d'ouvrages de référence.</i>
FEUILLE DE CHRONOMÉTRAGE (travaux répétitifs)		Feuille n°		Étu																																																							
Fonctions chronométrées	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																		
Effort																																																											
Position																																																											
1																																																											
2																																																											

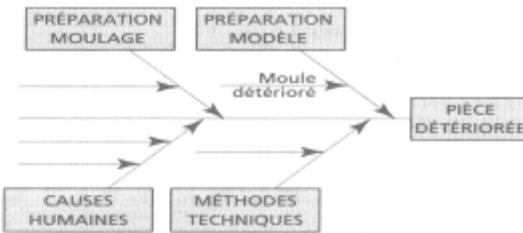
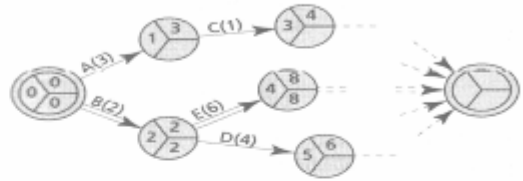
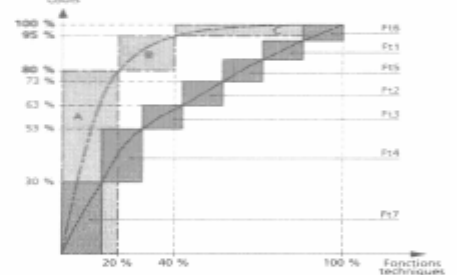
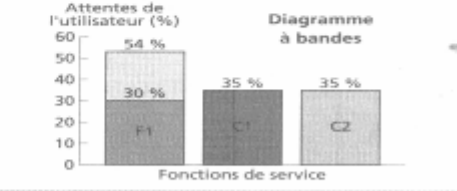
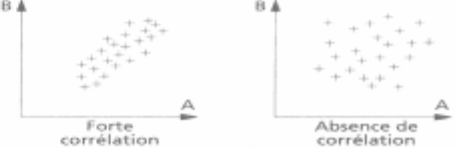
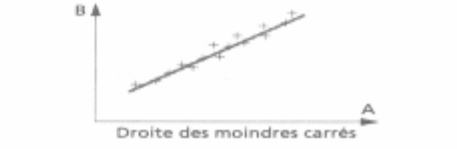
Au-delà de ces méthodes de gestion qui permettent d'optimiser la flexibilité de la fabrication du produit, une autre approche, plus générale, visant à l'amélioration de la compétitivité du produit, fait appel à diverses méthodes d'aide à la réflexion, à l'analyse et à la décision.

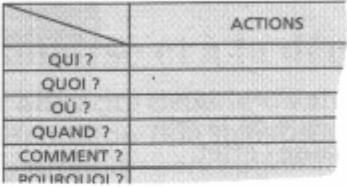
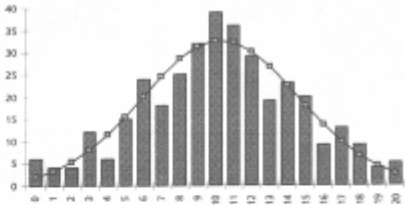
### **3.3. OUTILS D'AIDE A LA REFLEXION, À L'ANALYSE ET À LA DECISION**

Ces outils ou méthodes sont nombreux et leur efficacité dépend du champ d'application qu'on leur attribue. Aussi, en complément de la présentation non exhaustive qui suit, chacun d'eux sera dédié aux 3 principales phases de vie d'un produit : conception (C), production (P), utilisation (U) (voir les tableaux ci-après).



Désignation	Principe	Présentation																
<p><b>Diagramme FAST</b> (Function Analysis System Technic) (C)</p>	<p>Après identification des fonctions du produit analysé, cette méthode les ordonne et les décompose logiquement pour aboutir aux solutions techniques de réalisation.</p>																	
<p><b>Diagramme SADT</b> (Structured Analysis And Design Technic) (C) (U)</p>	<p>Analyse descendante, modulaire, hiérarchique et structurée d'un système complexe.</p>																	
<p><b>Analyse de la valeur</b> (C)</p>	<p>Méthode d'analyse de conception permettant d'optimiser le ratio (<i>voir plus loin</i>): valeur = qualité / coût d'un produit.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Fonction</th> <th>Paramètres</th> <th>Valeurs</th> <th>Obse</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FP1</td> <td>Fréquence Amplitude Persistance rétinienne Intensité lumineuse</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FP2</td> <td>Fréquence Amplitude</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Fonction	Paramètres	Valeurs	Obse	FP1	Fréquence Amplitude Persistance rétinienne Intensité lumineuse			FP2	Fréquence Amplitude						
Fonction	Paramètres	Valeurs	Obse															
FP1	Fréquence Amplitude Persistance rétinienne Intensité lumineuse																	
FP2	Fréquence Amplitude																	
<p><b>Méthode AMDEC</b> (Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets Critiques) (P) (U)</p>	<p>Analyse critique préventive d'un système pour identifier les défaillances possibles et leurs conséquences.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SYSTÈME :</th> <th colspan="2">Date :</th> </tr> <tr> <th>Organe</th> <th>Mode de défaillance</th> <th>Causes possibles</th> <th>Effets sur les autres éléments</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p>Arbre de défaillances</p>	SYSTÈME :		Date :		Organe	Mode de défaillance	Causes possibles	Effets sur les autres éléments								
SYSTÈME :		Date :																
Organe	Mode de défaillance	Causes possibles	Effets sur les autres éléments															
<p><b>Plans d'expériences de Taguchi</b> (C) (P)</p>	<p>Combiner les techniques industrielles et celles de la statistique pour obtenir une amélioration sensible de la qualité et des coûts des produits.</p>																	

Désignation	Principe	Présentation																																									
<p><b>Diagramme d'Ishikawa (arête de poisson, cause / effet)</b> (U)</p>	<p>Mise en évidence graphique de la relation cause / effet.</p>	 <p>PRÉPARATION MOULAGE    PRÉPARATION MODÈLE</p> <p>Moule détérioré</p> <p>CAUSES HUMAINES    MÉTHODES TECHNIQUES</p> <p>PIÈCE DÉTÉRIORÉE</p>																																									
<p><b>Méthode PERT (Program Evaluation and Review Technic)</b> (C) (P)</p>	<p>Graphique d'évaluation chronologique d'un projet.</p>	 <p>A(3)    B(2)    C(1)    D(4)    E(6)</p>																																									
<p><b>Diagramme Gantt</b> (C) (P)</p>	<p>Matérialisation graphique d'une planification.</p>	<table border="1" data-bbox="885 745 1331 882"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TÂCHES</th> <th colspan="5">Calendrier</th> </tr> <tr> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>S5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td colspan="2">[Barre]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> <td colspan="2">[Barre]</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> <td></td> <td colspan="3">[Barre]</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2">[Barre]</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>[Barre]</td> </tr> </tbody> </table>	TÂCHES	Calendrier					S1	S2	S3	S4	S5	A	[Barre]					B		[Barre]				C			[Barre]			D				[Barre]		E					[Barre]
TÂCHES	Calendrier																																										
	S1	S2	S3	S4	S5																																						
A	[Barre]																																										
B		[Barre]																																									
C			[Barre]																																								
D				[Barre]																																							
E					[Barre]																																						
<p><b>Diagramme de Pareto (loi de concentration ou loi des 80/20)</b> (C) (P) (U)</p>	<p>Mise en évidence graphique du degré de corrélation entre 2 paramètres.</p>	 <p>Coûts</p> <p>100 % 95 % 80 % 73 % 63 % 53 % 30 %</p> <p>F15 F11 F15 F12 F13 F14 F17</p> <p>20 %    40 %    100 %</p> <p>Fonctions techniques</p>																																									
<p><b>Histogrammes, diagrammes à bandes, diagrammes polaires, "camemberts"</b> (C) (P) (U)</p>	<p>Mises en évidence graphiques d'éléments comparés</p>	 <p>Attentes de l'utilisateur (%)</p> <p>60 50 40 30 20 10 0</p> <p>54 % 30 %</p> <p>F1    C1    C2</p> <p>Fonctions de service</p>																																									
<p><b>Courbes de corrélation</b> (C) (P) (U)</p>	<p>Mises en évidence graphiques du degré d'existence de relation entre 2 paramètres.</p>	 <p>B ↑    B ↑</p> <p>A →    A →</p> <p>Forte corrélation    Absence de corrélation</p>																																									
<p><b>Méthodes de régression (moindres carrés, etc.)</b> (C) (P) (U)</p>	<p>Modéliser la relation entre 2 paramètres.</p>	 <p>B ↑</p> <p>A →</p> <p>Droite des moindres carrés</p>																																									

Désignation	Principe	Présentation
<p>Questionnaire QQQCP (Qui ? Quoi ? Où ? Quand ? Comment ou Combien ? Pourquoi ?)</p> <p>(C) (P) (U)</p>	<p>Questionnement systématique pour rationaliser ou opérationnaliser une situation ou une action</p>	
<p>Remue-méninges (brainstorming)</p> <p>(C) (P) (U)</p>	<p>Dire tout ce qui vient à l'esprit sur un sujet donné, sans à priori.</p>	
<p>Lois statistiques (Gauss normale, Poisson, Weibull, binômiale, exponentielle, etc.)</p> <p>(C) (P) (U)</p>	<p>Utilisées pour des études de cotations, de dispersions de fabrication, de fiabilité,...</p>	 <p>Répartition de Gauss</p>
<p>Ratios</p> <p>(C) (P) (U)</p>	<p>Évaluations de performances par l'écriture de rapports entre 2 grandeurs.</p>	<p>Ratio 1 = <math>\frac{\text{Taxe autoroute}}{\text{Distance parcourue}}</math></p> <p>Ratio 2 = <math>\frac{\text{Cumul temps de fonctionnement}}{\text{Nombre de pannes}}</math></p>

## CHAPITRE 4 : L' INDUSTRIALISATION DES PRODUITS: LA DÉMARCHE PRODUCTIQUE

Le terme productique est issu de la famille des termes à terminaison en « que » qui s'est considérablement développée ces dernières décennies (robotique, domotique, bureautique, automatique, informatique,...).

A l'origine, la productique est l'ensemble des techniques informatiques et automatiques visant à améliorer la productivité dans les processus de production.

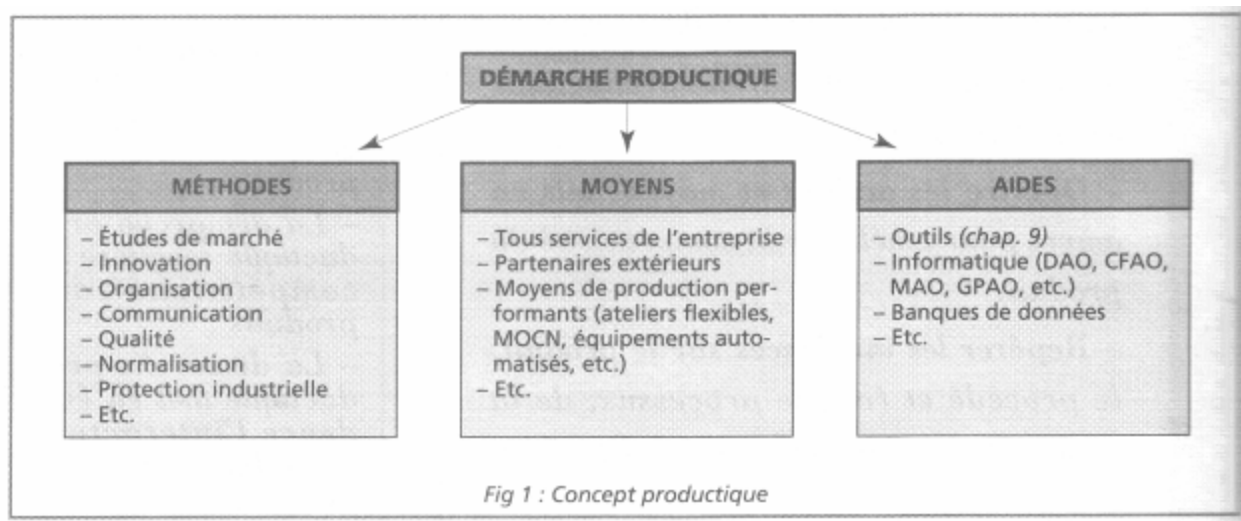
Cependant, avec le besoin d'améliorer constamment la qualité des produits afin de les rendre compétitifs, ce ne sont plus seulement les techniques de production qui sont impliquées dans la productique mais aussi les méthodes, les moyens et les aides au travers de ce que l'on appelle « la démarche productique ».

## 4.1. LA DÉMARCHE PRODUCTIQUE

### Approche d'une définition

L'interprétation la plus fréquente semble être la contraction de l'expression « production automatique », c'est-à-dire production utilisant des moyens modernes comme : les robots, les machines à commande numérique, les aides informatiques: DAO (dessin assisté par ordinateur), CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur), GPAO (gestion de production assistée par ordinateur), MAO (maintenance assistée par ordinateur), XAO (en général, tout procédé assisté par ordinateur), les équipements de manutention automatique, les ateliers flexibles, etc.

Au-delà, la productique est plutôt un concept général né d'une profonde modification du marché industriel international, conduisant à une démarche globale de l'entreprise qui souhaite assimiler cette nouvelle donnée et rester compétitive. Avec la productique, l'ère du taylorisme est révolue. À partir de cette considération, comme l'indique le schéma de la figure 1, la productique prend ses racines bien en de là du stade de la fabrication d'un produit. Le terme de productique cède donc sa place à l'expression « démarche productique » dont l'objectif principal s'inscrit au niveau de la compétitivité des produits.



Au niveau des phases de conception et d'industrialisation d'un produit, un slogan illustre assez bien cette démarche: «**les cinq zéros** ». Il montre ce vers quoi il faut tendre pour atteindre les objectifs coût, qualité et disponibilité, principales composantes de la compétitivité des produits :

- **zéro délai** : capacité à répondre au mieux à des demandes aléatoires de la clientèle;
- **zéro stock** : réduction des en-cours (stocks en cours de fabrication) et des stocks de produits finis;
- **zéro défaut** : suppression des retours clients et limitation du gaspillage en cours de fabrication;
- **zéro panne**: minimisation des effets des pannes sur la production, par une augmentation de la disponibilité du processus ;
- **zéro papier** : diminution du transfert d'informations par ses aspects pénalisants (temps et coûts).

La figure 2 met en évidence, sous forme hiérarchique, l'incidence des différents objectifs permettant d'améliorer la compétitivité du produit:

- la réduction des pannes diminuera les délais de production, donc de livraison, réduira le nombre de défauts sur le produit dus aux arrêts intempestifs en cours de fabrication, ainsi que les stocks;
- l'optimisation de la circulation des informations (zéro papier) raccourcira les temps de réponse, donc réduira les délais et les stocks;
- la réduction des défauts sur le produit améliorera la qualité de celui-ci tout en diminuant son coût (moins de rebuts) et augmentera la disponibilité de l'outil de production (moins d'arrêts), etc.

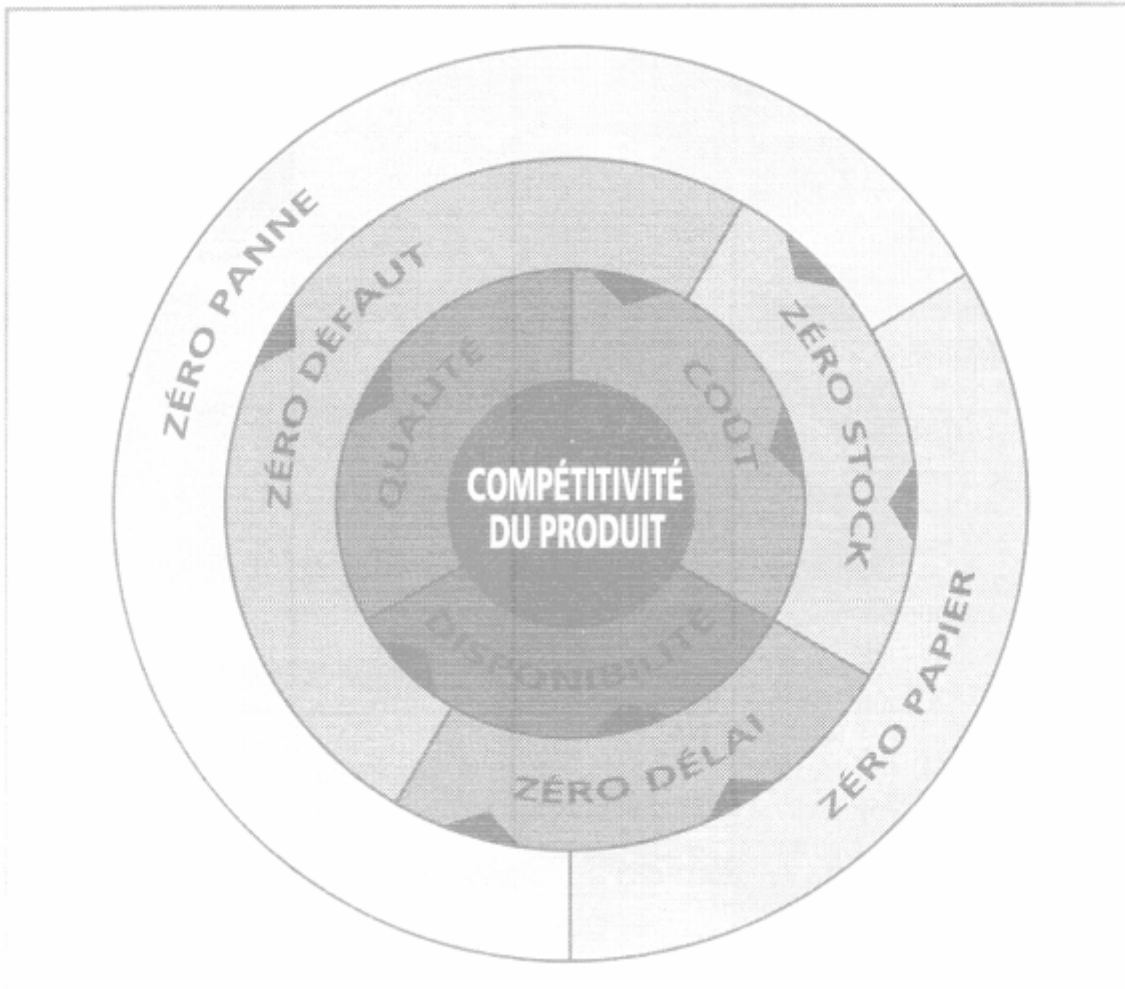


Fig. 2 : Les 5 zéros pour une meilleure compétitivité du produit

### **Productique : objectif et moyens**

La compétitivité des produits de l'entreprise est la condition essentielle de survie de celle-ci, et donc l'objectif permanent à atteindre. Pour cela, elle doit sans cesse développer des moyens (actions, matériels) permettant la poursuite de cet objectif (fig. 3).

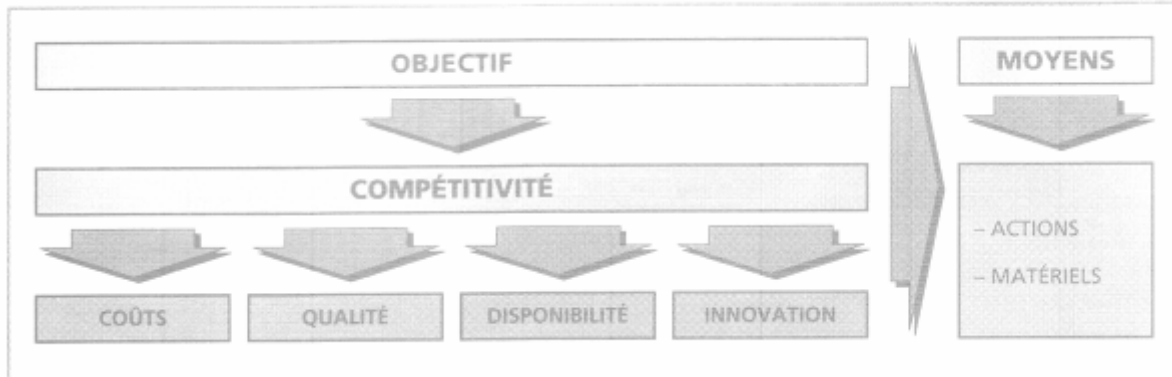
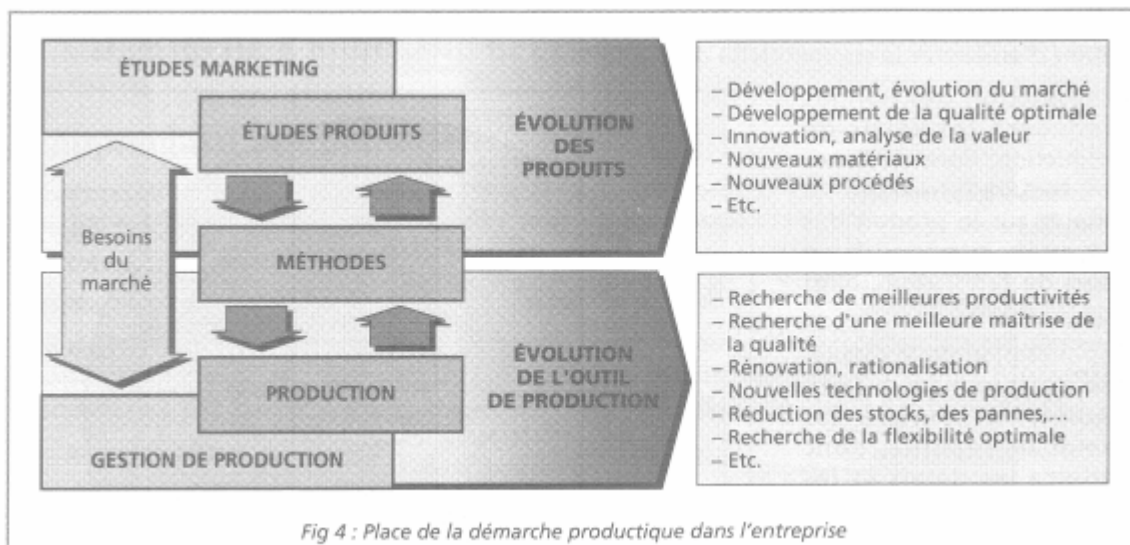


Fig. 3: Objectif et moyens de la démarche productive

### Productique : de la conception à la fabrication

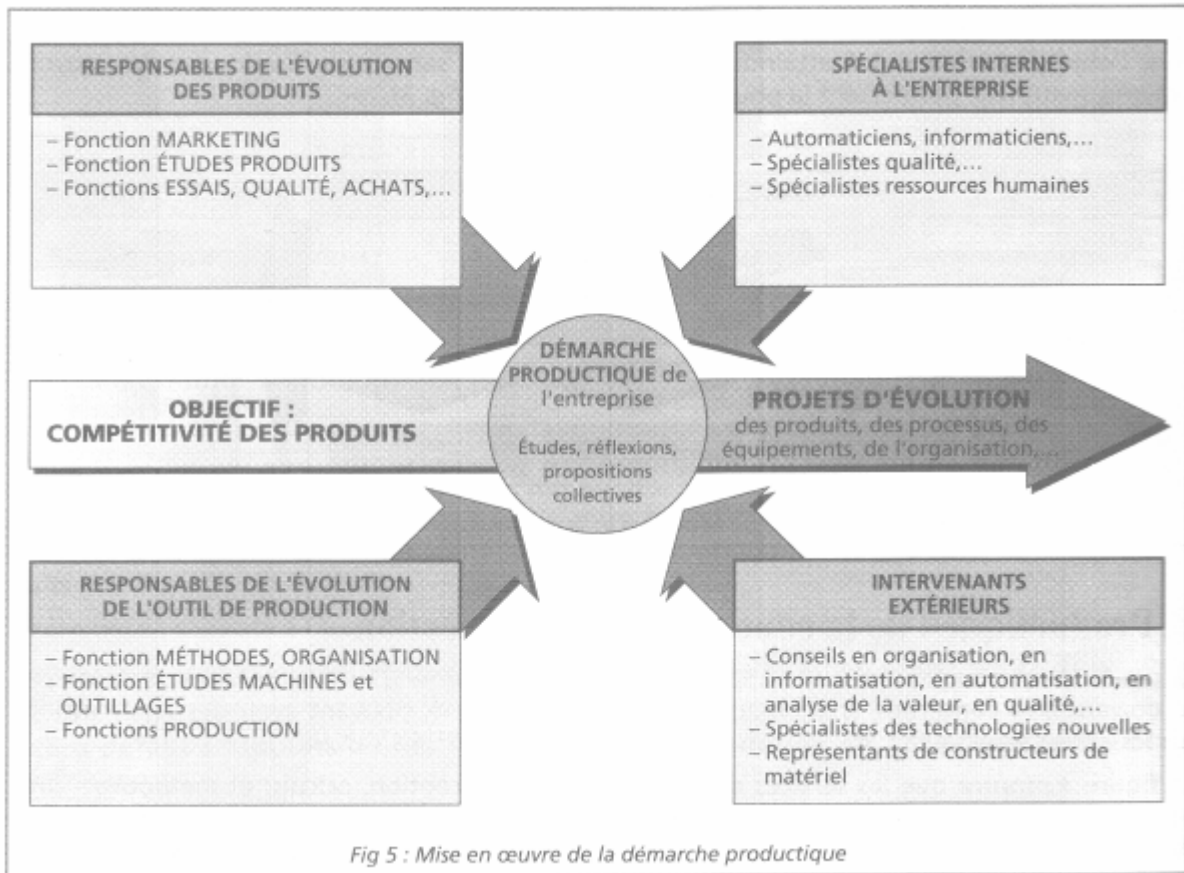
La démarche productive est une approche globale pour laquelle tous les services de l'entreprise doivent être concernés, chaque action, à un niveau donné, pouvant avoir des répercussions sur les autres services (fig. 4).

La figure 4 montre que les services : *études — produits* (conception, calculs) et *méthodes — production* (préparation, fabrication) sont directement impliqués dans l'évolution des produits et de l'outil de production, eux-mêmes respectivement informés des évolutions du marché par les services *études — marketing* (marché, besoins) et *gestion de production* (organisation, planification).



### Le cercle de productique

Il porte également le nom de cercle de qualité (origine USA, Japon). La compétitivité des produits exige une coordination de différentes fonctions dans l'entreprise et plus particulièrement celles chargées de l'évolution des produits et celles chargées de l'évolution de l'outil de production. Le cercle de productique met en oeuvre une réflexion collective, alimentée par des enquêtes et des études, et aboutit à un projet d'évolution (fig.5).



## Conclusions

La productique est un concept général qui dépasse largement la notion de production automatique, et qui s'inscrit plutôt dans une action de l'entreprise entière, appelée démarche productive.

L'objectif principal de la démarche productive dans l'entreprise est de maintenir la compétitivité du produit sur le marché, compétitivité qui a comme composantes principales la qualité, le coût et la disponibilité.

La démarche productive doit être mise en oeuvre à tous les niveaux dans l'entreprise, et pas seulement au niveau de l'outil de production. Ainsi, elle agit non seulement sur le processus, mais aussi sur le produit.

Dans les phases de conception et de fabrication du produit, le slogan des 5 zéros met en évidence les objectifs à approcher dans la mise en oeuvre de la démarche productive (zéro délai, zéro stock, zéro défaut, zéro panne, zéro papier).

La démarche productive n'est pas une succession d'actions isolées mais participe au projet d'évolution de l'entreprise dans sa course à la compétitivité.

## 4.2. EXEMPLE D' UN DEMARCHE PRODUCTIQUE VÉCUE EN ENTREPRISE

### Présentation du problème

#### Type d'entreprise

Depuis 1963, l'entreprise Garcena conçoit, produit et distribue des outils de jardinage et d'arrosage et en particulier des raccords automatiques.

#### Type de marché

L'accroissement du nombre de maisons individuelles avec jardin, associé à la diversification des activités d'utilisation de l'eau en « plein air » (arrosage pelouse, lavage voitures, points d'eau mobiles, etc.) a favorisé le développement et la commercialisation d'un type de produits, le raccord automatique.

### Réaction de l'entreprise

Décision, en 1968, d'acheter une *unité de production de matériaux plastiques* afin d'obtenir une totale indépendance vis-à-vis des sous-traitants. Parallèlement, décision d'automatiser les opérations d'assemblage et de contrôle d'étanchéité du produit pour améliorer la qualité, diminuer les frais de main-d'oeuvre et ainsi réduire les coûts de production.

### Bilan

- La réduction du coût du produit résultant uniquement de la diminution des coûts de production, s'avère insuffisante face à la concurrence (fig. 6);
- La démarche retenue n'a impliqué qu'un seul service de l'entreprise (le service de production), suivant un seul axe de réflexion (l'automatisation).

### Nouvelle réaction de l'entreprise

- Recherche des conditions d'une concertation constructive entre les différents services de l'entreprise (études marketing, études produits, méthodes, production, gestion de production) et avec des intervenants extérieurs (conseils, experts, fournisseurs,...).
- Reconception du produit par l'analyse de la valeur et optimisation de la fonction « connexion instantanée du tuyau » (simplification de la manoeuvre de déconnexion : le double geste « tourner — tirer » nécessitant les deux mains est remplacé par le geste « tirer » réalisable avec une seule main).
- Reconception des postes automatiques d'assemblage et de contrôle d'étanchéité.

### Bilan

Le coût total du produit devient compétitif par réduction :

- du coût des pièces constitutives
- du coût de la main-d'oeuvre
- d'autres coûts (simplification des machines automatiques, gestion de production,...). La figure 6 met en évidence, au niveau des coûts, les conséquences des différentes actions engagées par l'entreprise.

Il est à noter que l'aspect « sécurité d'utilisation » n'a pas évolué dans le bon sens (risque de déconnexion accidentelle).



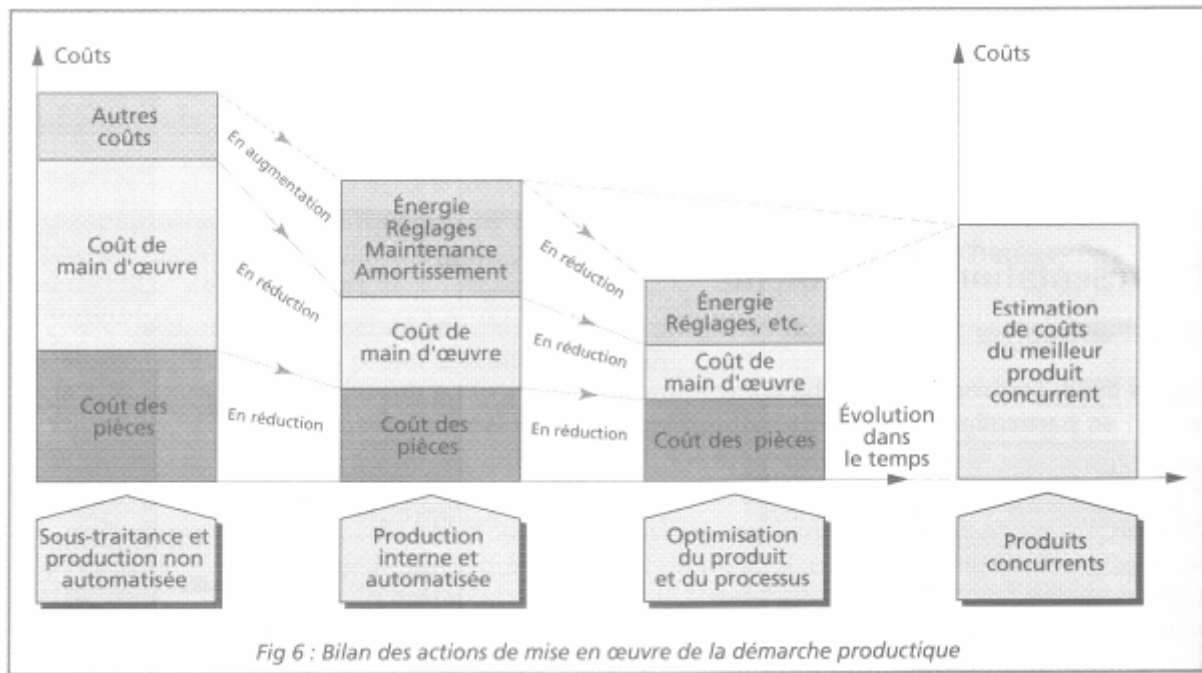


Fig 6 : Bilan des actions de mise en œuvre de la démarche productique

### Conclusion

Cet exemple illustre l'intérêt de l'approche globale de la: démarche productique et montre l'interaction possible entre produit / procédé / processus en vue d'une optimisation conférant une meilleure compétitivité du produit.

## CHAPITRE 5 : APPLICATION PRATIQUE

### MICRO- PERCEUSE CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

#### 5.1. MISE EN SITUATION

La mini perceuse proposé (Fig. 1 : Dimensions de gabarit) est utilisé pour le secteur artisanale.

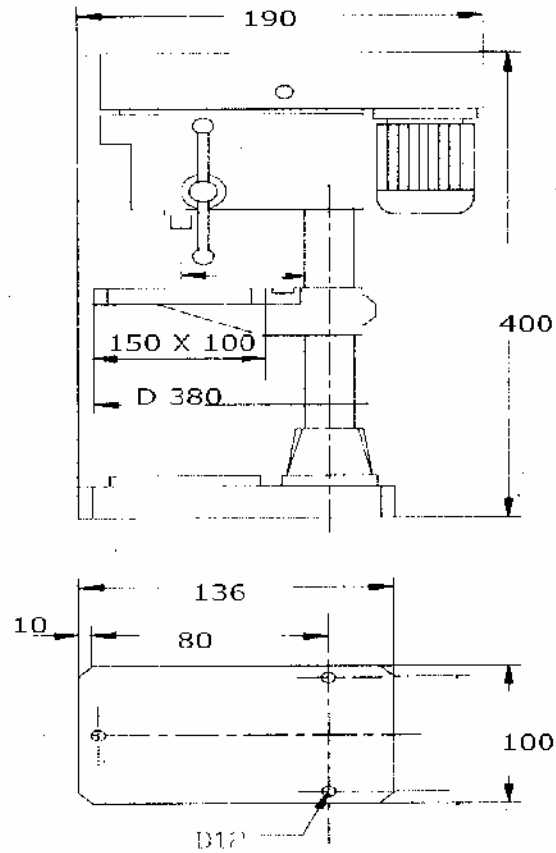
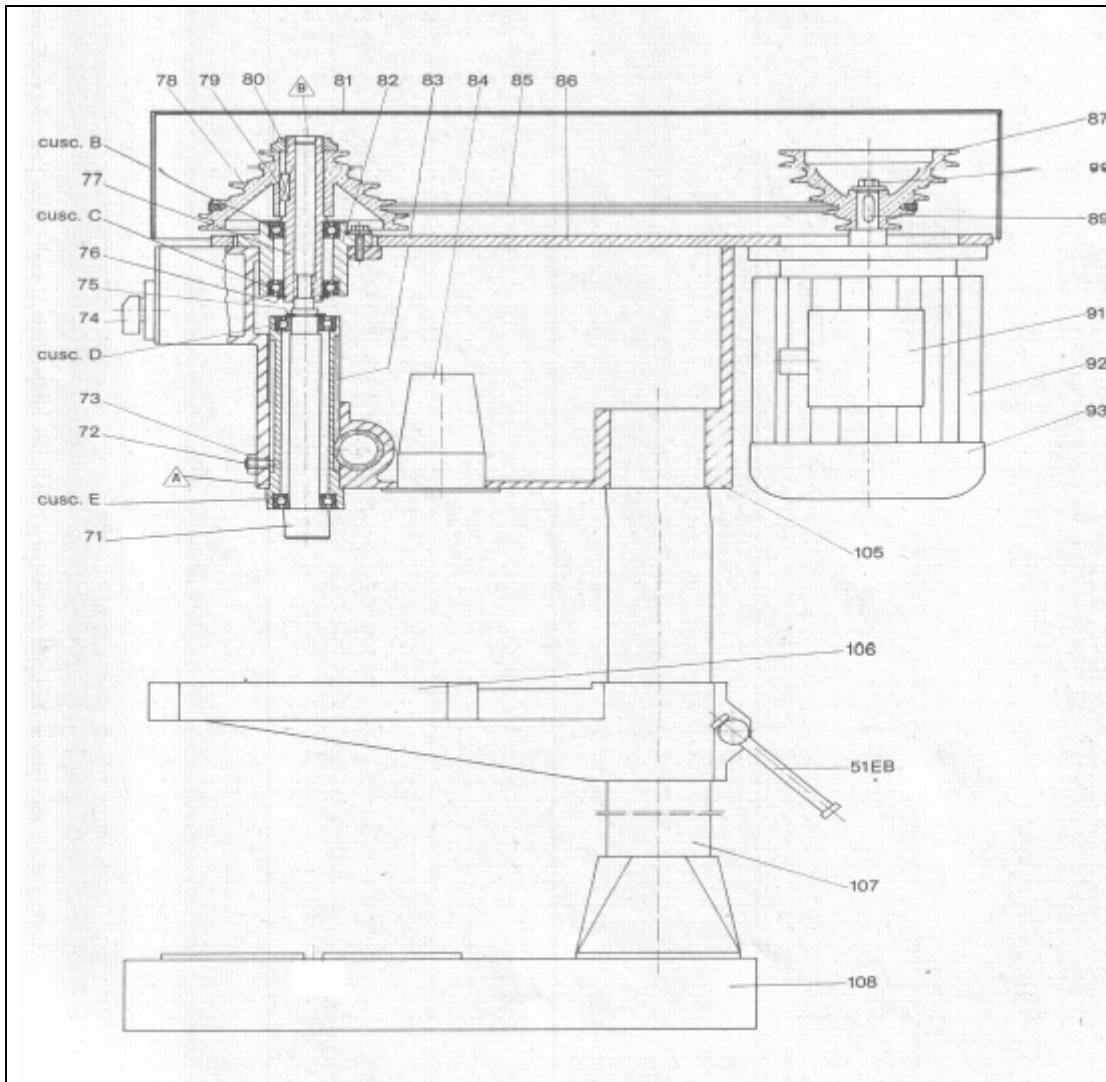


Fig. 1 : Micro perceuse. Dimensions de gabarit

## 5.2. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

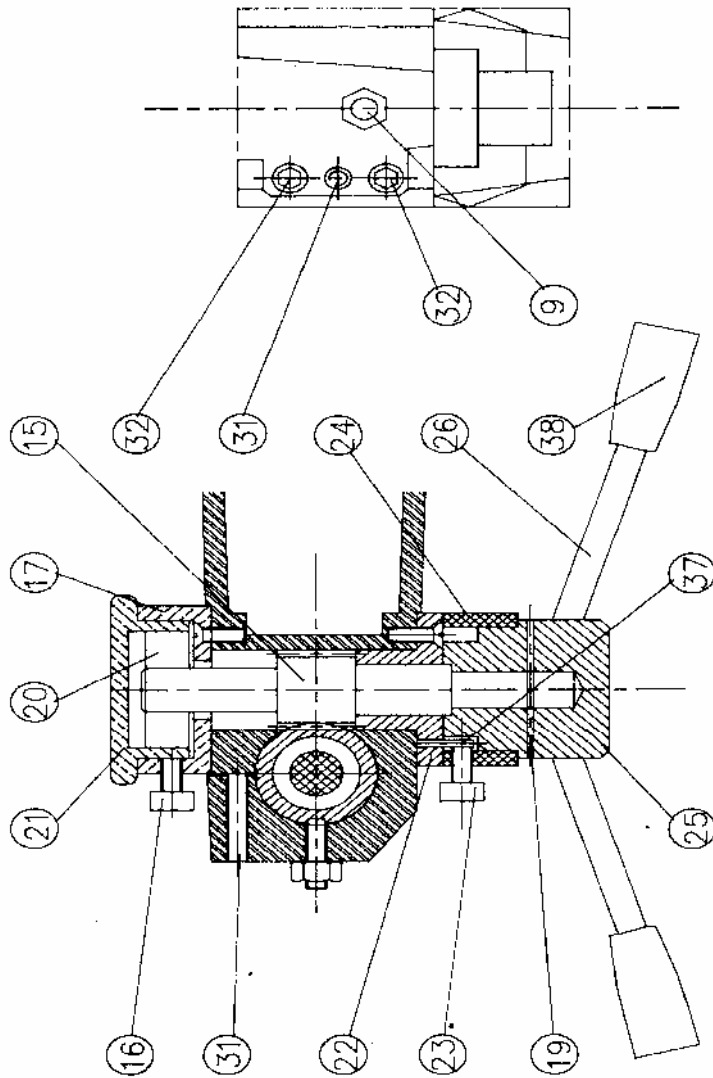
<b>Désignations des caractéristiques</b>	<b>Valeur des caractéristiques</b>	<b>Désignations des caractéristiques</b>	<b>Valeur des caractéristiques</b>
Capacité (diamètre max. à percer)	5mm	N° de vitesses	5
Course broche	50 mm	Distance Broche Table	50-150 [mm]
Cône Morse	1	Tr/min pour un moteur à 1 vitesse	400-3000
Dimensions table	150 X 100[mm]	Puissance moteur	0,2 Kw
Dimensions semelle	136 X 100[mm]	Poids net	23 kg.
Diamètre colonne	50 [mm]		
Distance Colonne -Broche	100 [mm]		



### SECTION LONGITUDINALE DE LA TETE

- 071 - Broche
- 072 - Clavette d'entraînement
- 073 - Ecrou 10 MA
- 074 - Interrupteur
- 075 - Anneau
- 076 - Anneau
- 077 - Douille de guidage de broche
- 078 - Poulie de broche
- 079 - Clavette
- 080 - Bague
- 081 - Couvercle
- 082 - Douille
- 083 - Canon denté
- 084 - Eclairage
- 085 - Courroie
- 086 - Couvercle
- 087 - Poulie du moteur
- 088 - Vis TE 6x20
- 089 - Clavette
- 091 - Couvercle
- 092 - Moteur
- 093 - Couvercle
- 105 - Tête
- 106 - Table
- 107 - Colonne
- 108 - Semelle
- 51 EB Manivelle blocage

Document 1. Section longitudinale de la tête

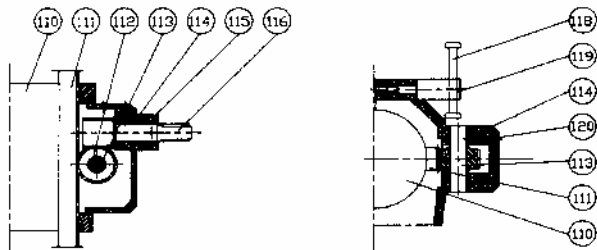
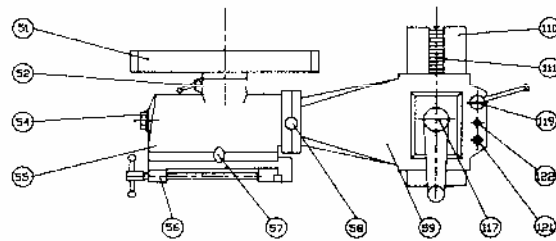
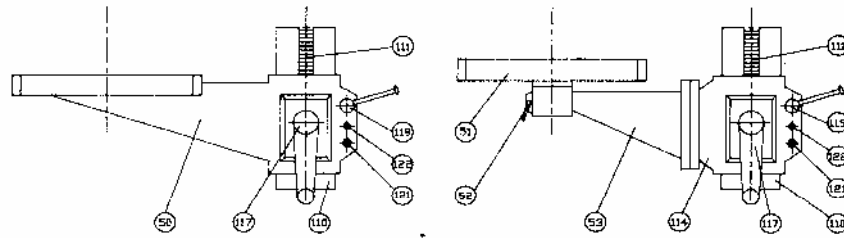


## SYSTEME DE REGLAGE DE DESCENTE DE LA BROCHE

SECTION TRANSVERSALE SUR L'AXE DU PIGNON

- 09 - Vis sans tête de guidage du canon denté
- 15 - Pignon d'avance
- 16 - Vis de réglage ressort
- 17 - Gaine de ressort
- 19 - Goupille conique
- 20 - Ressort de rappel de la broche
- 21 - Couvercle de ressort
- 22 - Bride
- 23 - Vis de réglage de profondeur
- 24 - Vernier gradué
- 25 - Moyeu d'avance
- 26 - Levier d'avance
- 31 - Vis de réglage
- 32 - Vis de réglage
- 37 - Goupille arrêt de profondeur
- 38 - Poignée d'avance

Document 2. SECTION TRANSVERSALE SUR L'AXE DU PIGNON



Document 2. TABLE AVEC ETAU

### TABLE PLAIN - TABLE AVEC ETAU

- 050 - Table plain
- 051 - Table tournant
- 052 - Manivelle blocage de la table
- 053 - Bracket
- 054 - Vis
- 055 - Bracket de l'étau
- 056 - Etau
- 057 - Manivelle blocage de l'étau
- 058 - Goupille
- 059 - Bras
- 110 - Colonne
- 111 - Crémaillère
- 112 - Pignon
- 113 - Goupille
- 114 - Bras
- 115 - Bague
- 116 - Vis sans fin soulève table
- 117 - Manivelle pour soulève table
- 118 - Poignée blocage table
- 119 - Vis de blocage
- 120 - Broche de blocage
- 121 - Vis de réglage
- 122 - Broche de réglage

### 5.3. CONSTRUCTION DU PROJET DE GAMME DE FABRICATION

La figure 5.1. résume le cheminement de réflexion conduisant au projet de gamme. A partir du dessin de définition de la pièce, on dresse un inventaire des surfaces élémentaires auxquelles on attribue en général un numéro d'identification.

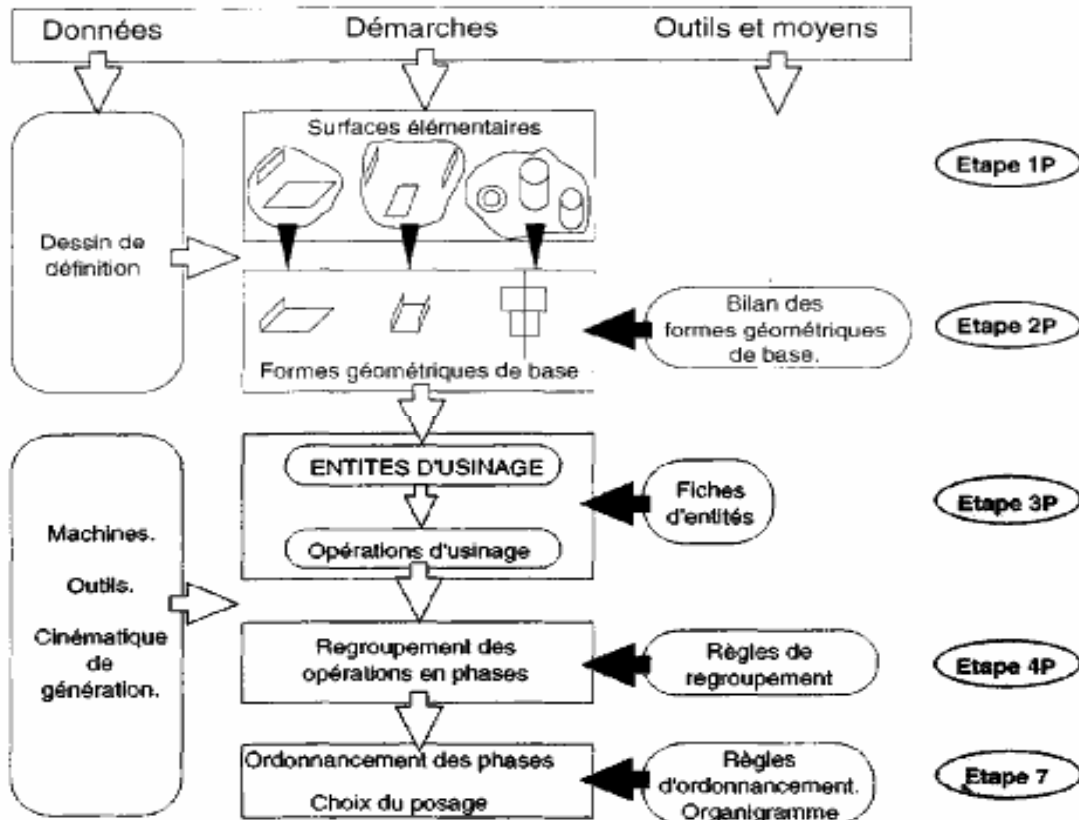


Fig. 1 : Recherche d'un projet de gamme pour une prismatique

#### Etape 2P : Identification des formes géométriques de base

En fabrication, il est souvent possible d'associer plusieurs surfaces élémentaires afin de les usiner simultanément (avec le même outil). Cette étape consistera à identifier l'ensemble de ces compositions de surfaces en se référant à une base de données de formes géométriques usinables et répertoriées. Le tableau figure 5.2. présente de manière non exhaustive une telle base de données. L'association des différentes formes géométriques permet de composer la majorité des pièces mécaniques courantes. A l'intérieur de cette base, une forme particulière appelée « profil », permet de traiter le cas de géométries complexes comme on peut en trouver sur des pièces provenant de l'industrie aéronautique entièrement usinées après forgeage.

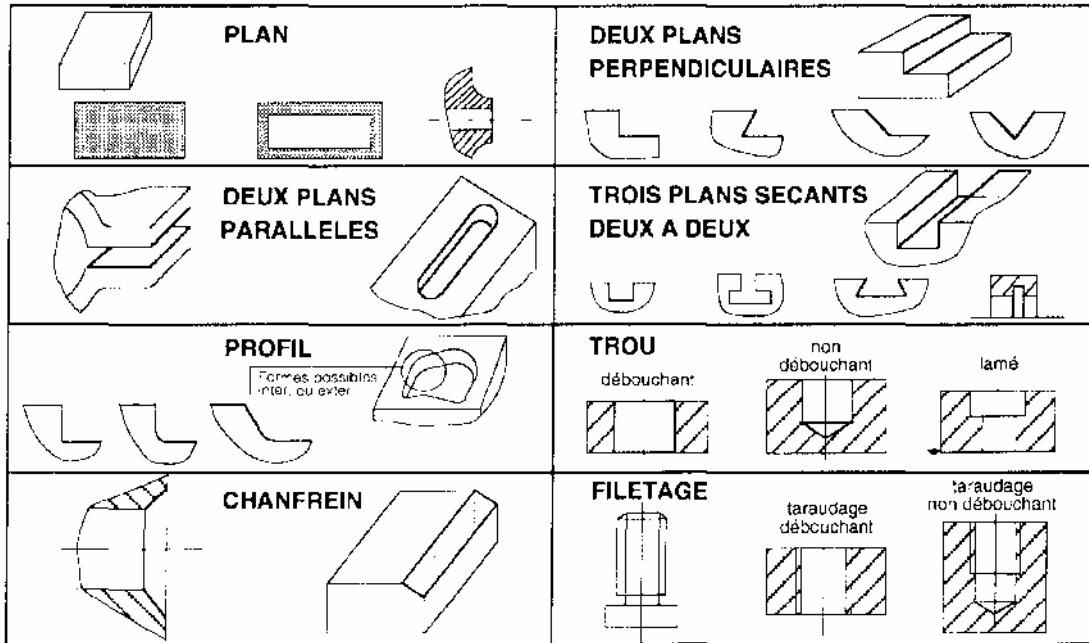


Figure 5.2. Base de données des formes géométriques de base

**Etape 3P : choix des entités d’usinage**

L’étape précédente fait appel uniquement à l’aspect géométrique des formes à usiner et permet de les identifier. Il s’agit maintenant de prévoir leur usinage, c’est-à-dire de faire un choix d’outils en fonction de la machine prévue.

**Définition** : une entité d’usinage est l’association d’une forme géométrique de base (exemple: le trou lamé) avec un ensemble composé d’une machine-outil, d’un outil et de sa **cinématique de génération**. L’ensemble « outil /cinématique de génération » va permettre de définir le type d’opération (fraisage, perçage, etc.). Chaque entité forme donc un tout indissociable. Il est intéressant de remarquer que certains logiciels de fabrication assistée par ordinateur adoptent cette démarche (association d’une forme géométrique, d’un outil et d’un cycle d’usinage). La banque de données technologiques consiste en un inventaire des solutions possibles d’usinage en termes de choix d’outil et de cinématique de génération pour chacune des formes géométriques de base répertoriées et pour chaque machine-outil. Cette banque de données ne doit pas être confondue avec la mémoire de l’entreprise; elle va permettre de rechercher l’adéquation entre la forme géométrique à générer et l’outil à employer pour la machine prévue.

La figure 5.3. donne un exemple de fiche d’entité et des indications concernant son contenu.



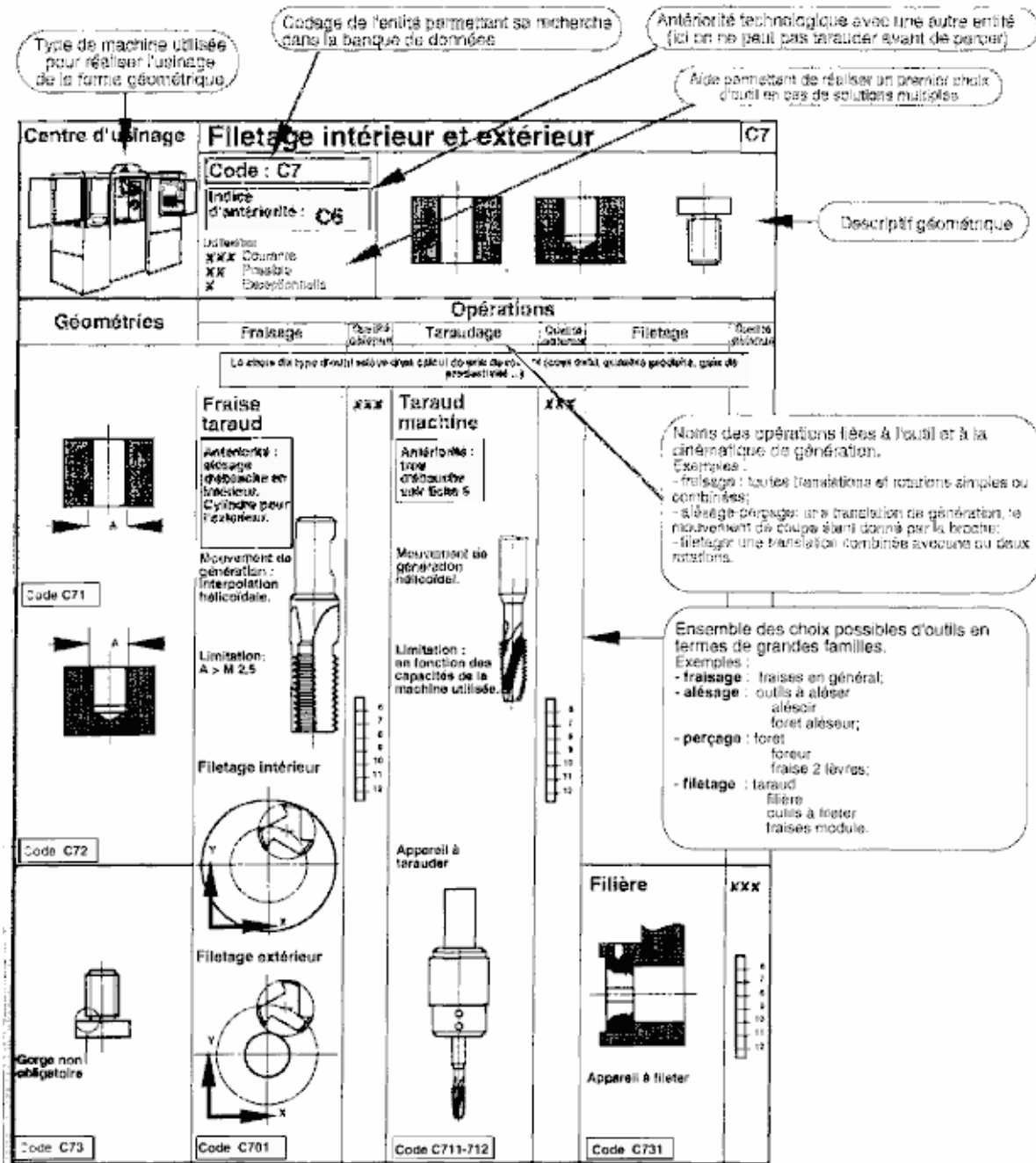


Figure 5.3. Les entités d'usinage

**Illustration sur un exemple des précédentes étapes**

Soit le dessin de définition d'une semelle de micro-perceuse (pièce prismatique; figure 5.4.) représentant le contrat de départ. La première partie de l'analyse conduit, comme nous l'avons vu, au repérage des surfaces (figure 5.5.). Les surfaces usinées sont repérées par un chiffre, les surfaces brutes principales par la lettre B suivie d'un chiffre.

Un tableau tel que celui de la figure 5.7. permet, après l'analyse des spécifications propres à chacune des surfaces élémentaires, la détermination du nombre d'opérations nécessaires à l'obtention de la qualité souhaitée.

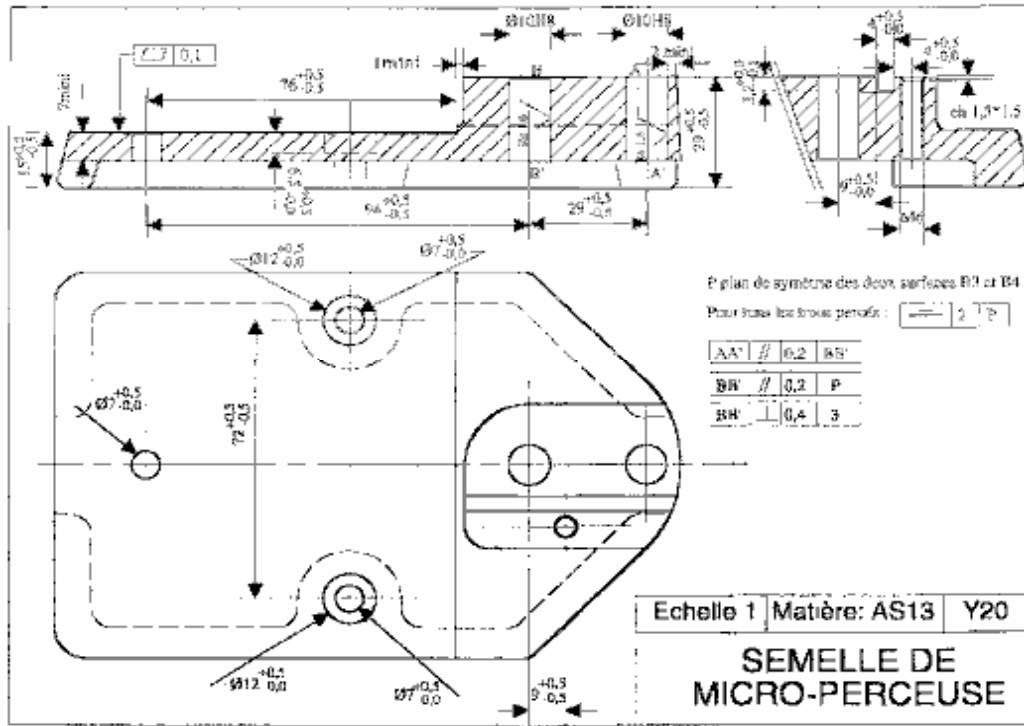


Fig. 5.4. Dessin de définition

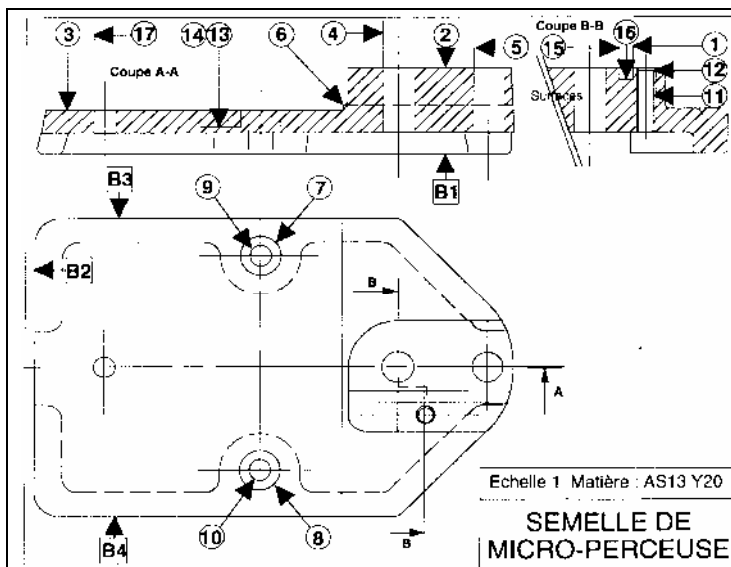


Fig. 5.5. Repérage des surfaces

SECTEUR PRÉPARATION DU TRAVAIL				
Fiche d'analyse des surfaces élémentaires				
Qualité intrinsèque Opérations élémentaires				
	Ra	Forme	Qualité	Eb. 1/2 Fin. Finition
1				
2				
3	0,1			
4	1,6		8	
5	1,6		8	
6				
7			11 0,5	
8			11 0,5	
9			11 0,5	
10			11 0,5	
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17			0,5	

PIECE Semelle de micro-perceuse

Fig. 5.6. Fiche d'analyse des surfaces élémentaires

Par convention :

- une opération : finition;
- deux opérations : ébauche puis finition;
- trois opérations : ébauche, demi- finition puis finition.


La figure 5.6. présente une fiche d'analyse des surfaces élémentaires. L'analyse des surfaces étant faite, on recherche sur le dessin de définition les formes géométriques analogues à celles répertoriées dans la base de donnée (figure 5.2.). A chacune d'elles correspond une fiche d'entité, fonction de la machine choisie, qui va permettre de déterminer les opérations d'usinage à effectuer en vue de la réalisation de cette forme géométrique. Après analyse complète, nous disposerons de l'ensemble des opérations d'usinage qu'il convient d'effectuer pour arriver au produit final.

La figure 5.7. présente à ce stade, l'avant-projet de fabrication:


- la première colonne indique les associations de surfaces élémentaires, par l'intermédiaire de leur numérotation;
- la deuxième colonne est la traduction en langage technologique de ces associations, c'est également le titre des entités répertoriées dans la base de données;
- la troisième colonne est le résultat de la consultation des fiches entités, elle représente un choix de type d'outil. Les antériorités technologiques indiquées dans ces fiches permettent de prendre en compte les opérations supplémentaires à effectuer. Ceci concerne, pour cet exemple, le perçage à réaliser avant le taraudage.

SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL		PIECE Semelle de micro-perceuse				
ELABORATION des GAMMES de FABRICATION						
FICHE D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE						
Repère des surfaces	Désignation de l'entité	Outil employé	Antériorité	Regroupement des entités	M.O.	Ordonnancement Isostatisme
1-15-16	Trois plans associés sécants deux à deux	F2T				
2	Plan	F1T				
3-6	Deux plans associés sécants	éb : F1T fin : F1T				
4	Trou débouchant	éb: foret fin: alésoir				
5	Trou débouchant	éb: foret fin: alésoir				
7	Trou débouchant	Foret				
8	Trou débouchant	Foret				
9-13	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
10-14	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
11	Taraudage	Taraud Foret	Trou débouchant			
12	Chanfrein	Foret à pointer				
17	Trou débouchant	Foret				

CENTRE D'USINAGE VERTICAL



CENTRE USINAGE HORIZONTAL



UNITE PIECES PRISMATIQUES

Processus :

CUV seul

CUH seul

CUV + CUH

CUH + CUV

Figure 5.7. Avant-projet partiel de la semelle de micro- perceuse.

A ce stade, nous connaissons donc:

- l'ensemble des opérations nécessaires à la transformation du produit;
- le type d'outil à employer pour réaliser chacune d'elles.

A partir de ce répertoire d'opérations, il convient d'organiser la fabrication, c'est-à-dire :

- de regrouper ces opérations en phases;
- d'ordonner ces phases et de choisir les surfaces de posage permettant également le maintien en position de la pièce compte tenu des usinages à effectuer.

#### 5.4. PARAMETRES TECHNICO- ECONOMIQUES

Il n'existe pas de solution unique conduisant à la réalisation d'une pièce. Il est donc nécessaire de disposer de critères de décision permettant, à chaque étape, le choix d'une solution technologiquement viable et se rapprochant le plus possible du coût minimum.

Le schéma de la figure 5.8. montre, pour chaque élément de la boucle liant la pièce à l'outillage et à la

machine, les critères qui conditionnent le choix d'une solution.

Si le coût n'intervient pas directement dans la recherche de solutions technologiques potentielles, il est l'élément essentiel du choix de la solution finale à adopter.

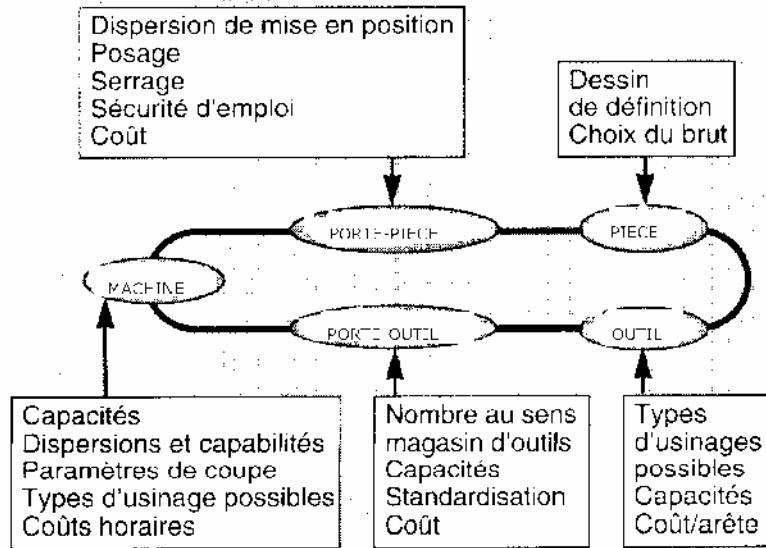


Figure 5.8. Eléments conduisant au choix d'une solution

### 5.5. REGLES DE REGROUPEMENT D' OPERATIONS

Ces règles comme nous le verrons s'appliquent également aux pièces cylindriques.

#### Approche technologique

La précision du positionnement relatif des surfaces usinées tient :

- à la dispersion de mise en position dans le cas de surfaces liées géométriquement aux éléments physiques de posage (une seule surface par axe relève de ce cas);
- à la précision intrinsèque de la machine pour les surfaces dont les positions relatives résultent des déplacements obtenus par la machine et des écarts éventuels de la remise en position des outils.

Les dispersions de mise en position de la pièce sur son montage étant plus importantes que celles dues aux déplacements dans la machine, la gamme d'usinage devra limiter le nombre de fois où la pièce sera posée sur la machine (voir figure 5.9.).

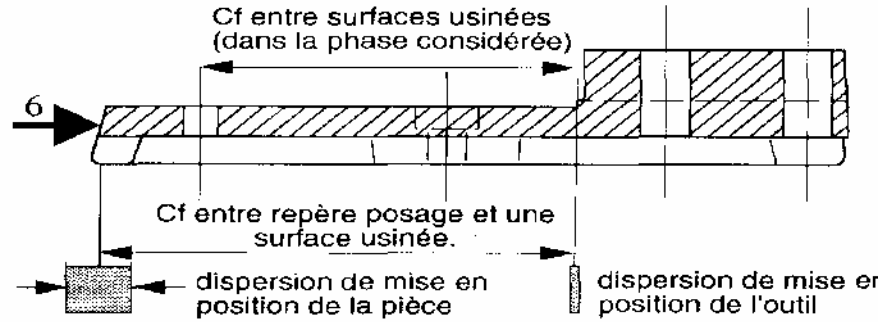


Figure 5.9. L'influence des dispersions sur l'IT des cotes fabriquées

### **Approche économique**

Le but recherché est de réduire au maximum les coûts de production. En conséquence il faut réduire les temps improductifs et, parmi eux, les temps de montage- démontage, les temps de transfert, etc. Ceci conduit également à la limitation du nombre de montages -démontages.

Ces deux approches permettent d'énoncer les règles suivantes.

### **Règle1 : Associer un maximum d'opérations dans une même phase**

Ceci ne peut se réaliser sans la connaissance des possibilités en termes de cinématique de génération, de nombre d'outils, etc., des machines-outils et des outillages. Cela montre l'importance des dossiers machines. Cet aspect complémentaire amène à la deuxième règle.

### **Règle 2 : Exploiter au maximum les possibilités des machines et des outillages**

Ces deux critères permettent de déterminer le nombre et le contenu des phases pour une pièce et une unité de production données. Il reste maintenant à ordonnancer ces phases et à faire un choix de posage pour chacune d'elles.

### **Règles permettant l'ordonnancement des phases et le choix des posages**

Nous avons vu que la dispersion de mise en position était prépondérante pour la précision de la pièce à usiner. La qualité de la mise en position isostatique (stabilité, précision) est donc déterminante. Nous en déduisons des règles concernant le posage de la pièce.

**Règle 3 : La qualité du posage doit être le critère prépondérant pour la mise en place de la pièce sur la machine-outil.**

### **Règle 4 : Le posage doit permettre l'accessibilité maximale aux surfaces usinées.**

Cette règle vise à diminuer le **nombre de reprises**, ce qui joue sur la qualité globale de la pièce, sur les temps et finalement sur le coût total, elle est en complet accord avec la règle d'association maximale des opérations.

**Règle 5 : Le posage doit se traduire par une réalisation du porte- pièce la plus simple possible.**

Cette règle vise à simplifier au maximum le montage pour réduire son coût, ce qui entraîne une réflexion plus profonde sur le choix des surfaces de départ qui ne doivent pas être forcément celles liées par une «cote» aux surfaces usinées. L'étape suivante, qui consiste à prévoir, par le calcul, la valeur des cotes fabriquées, permettra de qualifier le processus retenu, d'un point de vue dimensionnel et géométrique. Si le résultat est négatif, les changements à apporter seront induits par le calcul:

- modification de la surface de départ suivant un ou plusieurs axes;
- modification d'un des procédés retenus;
- modification d'un outil;
- modification des associations d'opérations.

**Règle 6 : Le posage doit permettre l'ablocage.**

Il est impératif de maintenir la pièce en position lorsqu'elle est soumise aux efforts de coupe, c'est le rôle du dispositif d'ablocage (serrage). La position des points de serrage est fortement induite par celle des points d'isostatisme; il est donc nécessaire de vérifier dès cet instant que le serrage est possible et que les surfaces à usiner restent accessibles.

**Démarche générale de recherche des surfaces d'appuis**

Si l'on rapproche l'ensemble des quatre dernières règles, la réflexion que l'on peut conduire pour aboutir au choix d'un ordonnancement et simultanément de repères de posage peut se traduire par l'organigramme de la figure 5.10. Cette démarche privilégie un système bien particulier de mise en position:

- un appui plan, qui procure à la pièce la meilleure stabilité possible, une dispersion de reprise minimale et une grande simplicité de réalisation;
- et un **centreur - locating**, donne souvent des possibilités de maintien en position très simples.

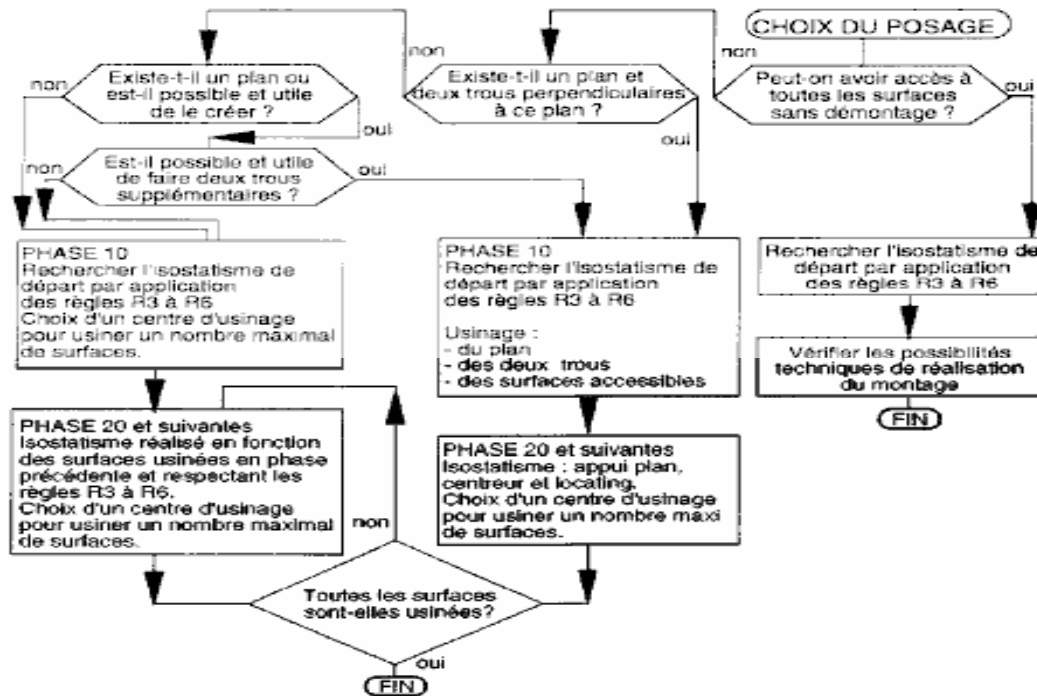


Figure 5.10 : Algorithme permettant le choix du référentiel de posage

Toutefois, la démarche proposée n'exclut pas, en fonction de la morphologie de la pièce traitée, d'autres possibilités de mise en position. Chaque pièce est un cas particulier et la solution universelle n'existe pas. Le technicien chargé de la préparation doit avant tout faire preuve de bon sens et veiller à toujours appliquer les règles précédemment établies.

L'ensemble de ces règles (R1 à R 6) permet de trouver un processus parmi plusieurs possibles avec, comme souci principal, le prix de revient. Son application conduit à privilégier l'aspect économique (association maximale des opérations rendue possible par le choix du posage, déterminé lui-même par la volonté de rendre le montage d'usinage le plus simple possible), tout en visant une qualité maximale (choix de la mise en place de la pièce sur la machine). L'aspect technologique s'inscrit dans un démarche de vérification des solutions les plus économiques:

- vérification des possibilités des outillages et des machines;
- vérification de la possibilité de maintien en position de la pièce sous les efforts de coupe.

### **5.6. AVANT- PROJET DE LA SEMELLE DE MICRO- PERCEUSE**

L'application de ces règles permet de proposer l'avant-projet figure 5.11. Les points suivants justifient les choix effectués.

#### **Association des opérations**

Si l'on considère la pièce fixe, on peut s'apercevoir que tous les axes des outils prévus pour les usinages sont parallèles, il est donc possible à priori d'associer toutes opérations dans une même phase.

#### **Machine-outil**

Puisque tous les axes des outils sont parallèles et atteignent les surfaces à usiner sans rotation de la pièce, une fraiseuse (un centre vertical) est suffisant d'un point de vue technique. Le point de vue économique confirme également ce choix.

#### **Posage**

La stabilité de la pièce et la simplicité du montage imposent une liaison plane sur la surface la plus accessible et la plus grande : B1.

La pièce étant composée de plans, l'orientation est choisie pour être la plus efficace, sur le plus grand plan restant: B3.

La butée est mise sur le plan perpendiculaire aux deux premiers, minimisant les défauts de mise en position et rendant les surfaces à usiner accessibles, soit : B2.

### **5.7. LE CONTRAT DE PHASE**

Un contrat de phase est un document élaboré à partir de l'avant-projet de fabrication, décrivant de manière précise et chronologique les éléments permettant:

- de déterminer la cotation de fabrication
- d'étudier les montages d'usinage à réaliser
- d'élaborer le programme en commande numérique
- de mettre en place la phase d'usinage sur la machine
- de prévoir les contrôles.



## Différents éléments entrant dans la constitution d'un contrat de phase

Un contrat de phase est dit prévisionnel tant que le processus de fabrication n'a pas été validé par la production (voir figure 5.24.). Après cette étape et d'éventuelles modifications, il devient définitif et vient enrichir le savoir-faire de l'entreprise.

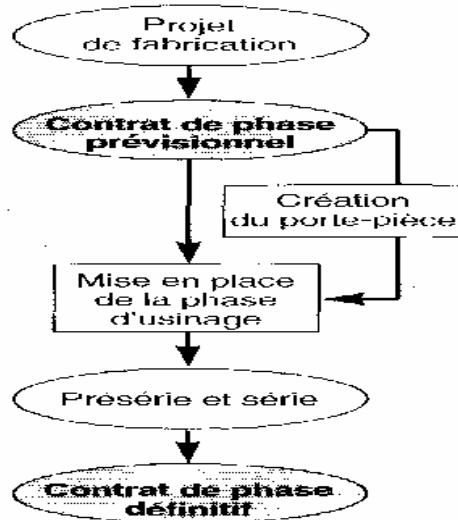


Fig.5.24. Position du Contrat de phase dans le processus d'industrialisation d'un produit

Le document qui le matérialise contient de nombreuses informations (voir figure 5.25.).

- La partie supérieure du contrat de phase donne les éléments descriptifs de la pièce et de son programme de fabrication, à savoir :
  - son nom et celui de l'ensemble auquel elle appartient;
  - la matière et le mode d'élaboration du brut ;
  - la désignation de la phase, la chronologie des opérations et la machine-outil employée;
  - le nombre de pièces à fabriquer, la taille des lots, la cadence de production.
- La zone centrale est réservée aux descriptions graphiques et comporte :
  - la pièce représentée telle qu'elle sera usinée en fin de phase; il est également possible de faire ressortir les surfaces à usiner en les dessinant d'une couleur différente;
  - l'indication de l'origine programme et des axes de la machine permettant, d'une part, la mesure des décalages au niveau du directeur de commande numérique et, d'autre part, l'orientation dans les bonnes directions du montage d'usinage sur la machine-outil, (pour les machines à CN)
    - la cotation de fabrication, qui permettra la réalisation du programme et servira de base pour élaborer le contrôle dimensionnel,
  - le positionnement isostatique avec indication normalisée des éléments technologiques pour permettre la conception du porte- pièce. Les indications de serrage pourront ou non être indiquées selon que l'on considère ou non qu'elles soient plutôt du ressort du concepteur du porte- pièce.
- La zone du bas est réservée :
  - au descriptif des opérations d'usinage et à leur ordonnancement précis;
  - à l'indication des outils utilisés, avec le cas échéant leur désignation normalisée (plaquette et porte-plaquette);
  - à l'indication des conditions de coupe (V, s, ...) et des temps utiles permettant la réalisation du devis.

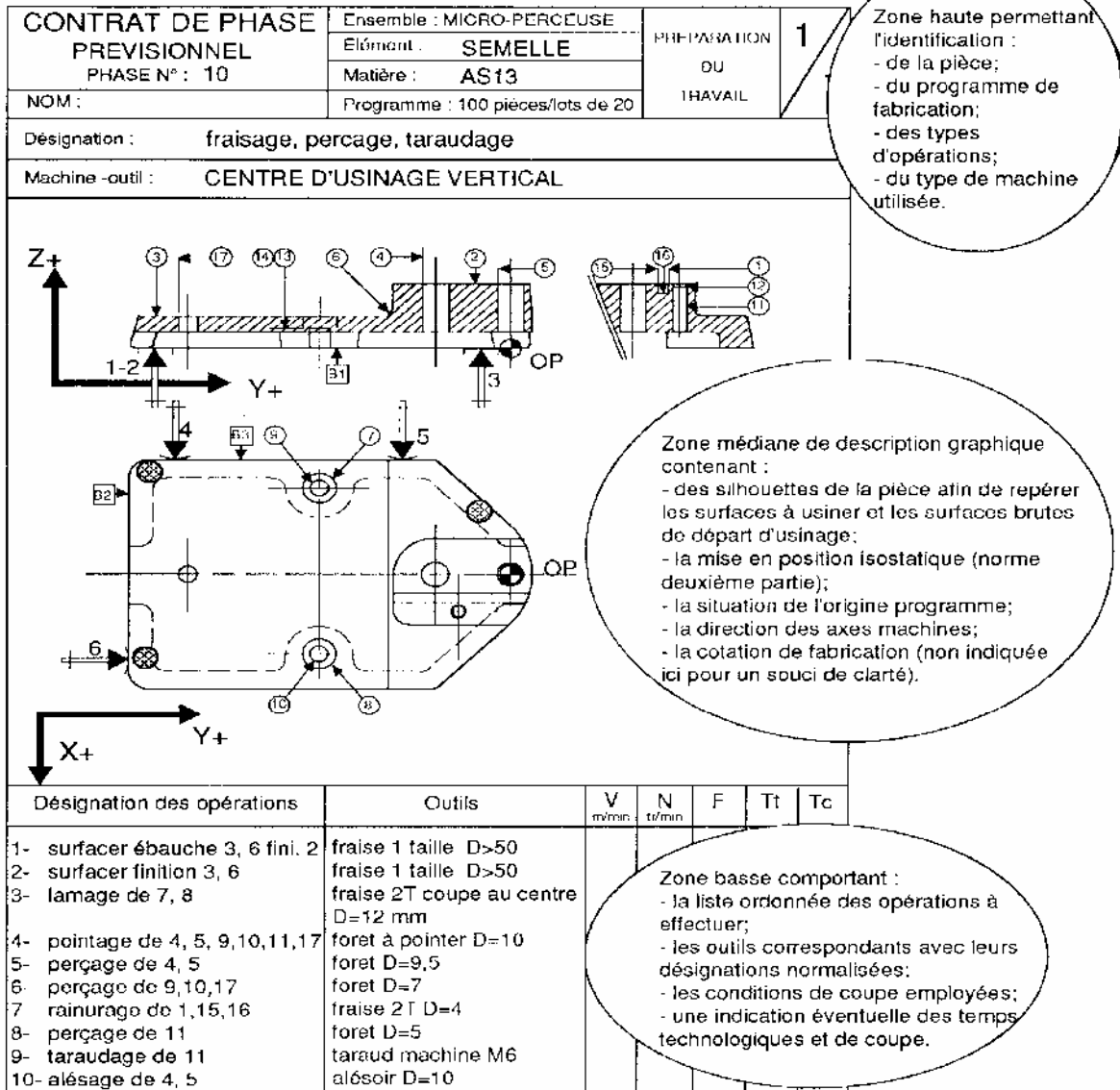


Fig.25. Exemple de contrat de phase : semelle de micro- perceuse

### Méthodologie de vérification d'un avant-projet de fabrication

Les figures 5.26 à 6.29 présentent sur l'exemple de la semelle de micro- perceuse la démarche à employer (suivant un axe) pour contrôler un avant-projet.

#### • Mise en place des conditions du bureau d'études (BE) sur le dessin de définition

La cotation fonctionnelle du bureau d'études représente l'ensemble des « cotes conditions » qu'il faut respecter. Mais elles ne sont pas toutes à simuler; celles obtenues directement par un outil (exemple trou percé avec un foret) résultent, en termes de qualité, des possibilités des outillages. Les fabricants de ces outils donnent toujours leurs limites et la vérification de faisabilité est immédiate. Il est également indispensable que le technicien indique la surface servant d'appui pour la première phase d'usinage.

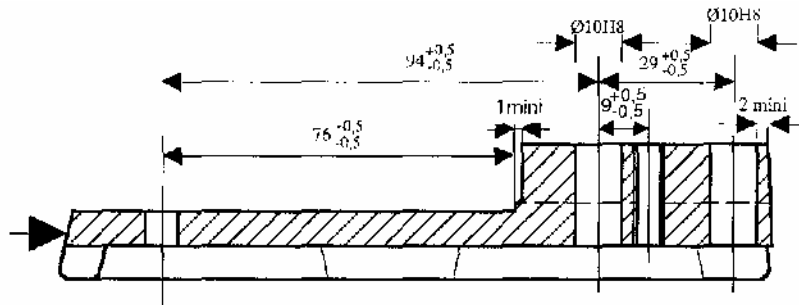


Figure 5.26. Mise en place des conditions BE et de l'indication de la surface d'appui.

• **Choix des cotes fabriquées définissant le brut**

La surface servant d'appui pour la première phase d'usinage est celle qui positionne toutes les autres surfaces brutes dans la direction considérée. En conséquence, toutes les cotes fabriquées définissant le brut partent de la surface d'appui et leur nombre est identique à celui des surfaces à positionner. L'intervalle de tolérance de ces cotes est toujours donné par les normes relatives au procédé d'obtention des bruts.

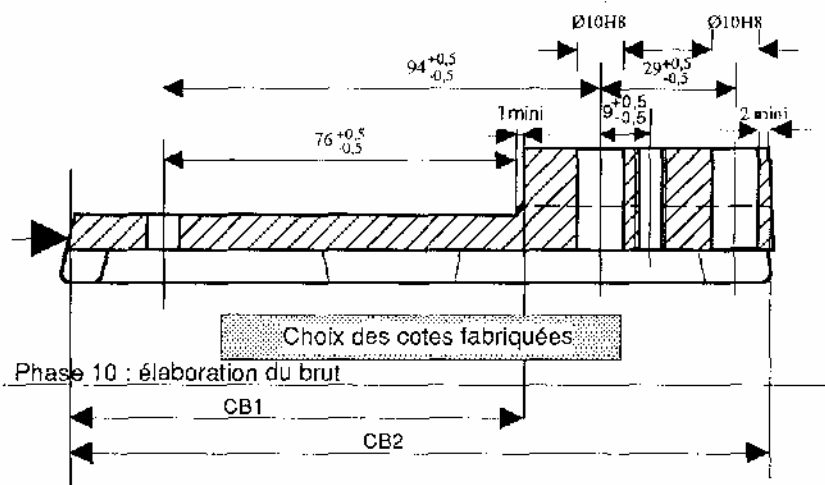


Figure 6.27. Choix des cotes fabriquées définissant le brut

• **Choix des cotes fabriquées pour chaque phase d'usinage**

Pour chacune des phases d'usinage il faut :

- au moins une cote fabriquée (par axe) liant la surface d'appui avec une surface usinée;
- un ensemble de cotes fabriquées positionnant les surfaces usinées entre elles, choisies de telle façon qu'elles coïncident le plus souvent possible avec les cotes du bureau d'études (cotes directes).

Le choix de la surface usinée liée à la surface d'appui doit être tel qu'il permette ensuite de localiser un maximum de surfaces par des cotes fabriquées directes.

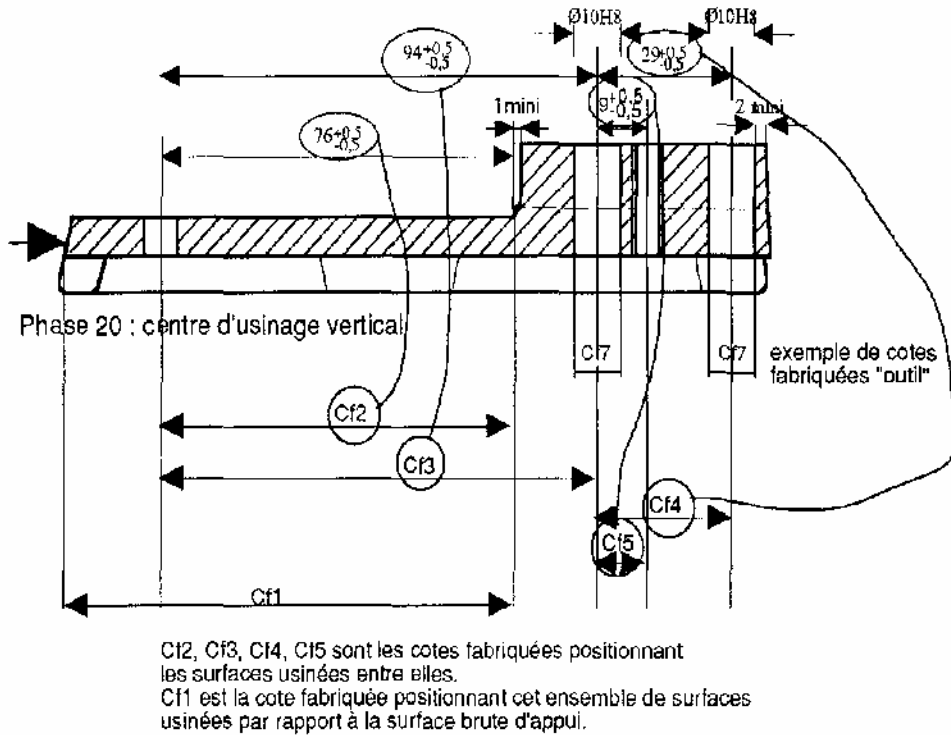


Figure 5.28 : Choix des cotes fabriquées définissant les usinages

• **Etablissement des chaînes de cotes**

Il s'agit de dresser des chaînes de cotes en effectuant une somme vectorielle, la cote BE étant la cote- condition et les cotes fabriquées les composantes.

Deux grands cas de chaînes de cotes existent :

- les surfaces définissant la cote BE sont toutes les deux concernées (réalisées, ou une servant d'appui) dans la même phase; alors la chaîne de cotes est réduite à une seule composante ;
- les surfaces définissant la cote BE sont réalisées dans deux phases différentes, quelques règles sont alors à préciser pour minimiser les dimensions du brut et optimiser la vérification ;
  - le nombre de composantes doit être le plus réduit possible ;
  - une seule cote fabriquée de positionnement de surface par phase doit intervenir.

Cette dernière règle conduit quelquefois à créer de nouvelles cotes fabriquées venant en surabondance par rapport à celles précédemment choisies.

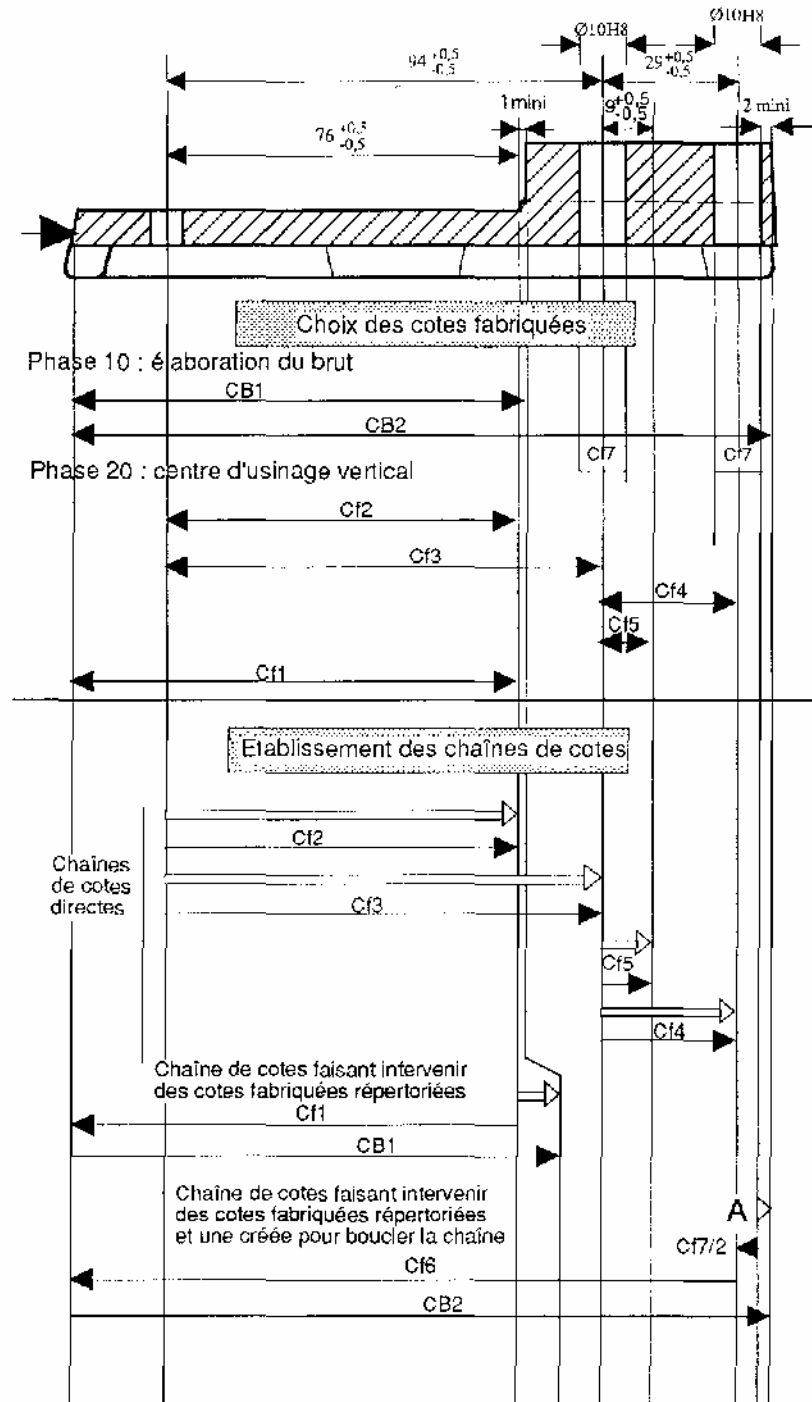


Figure 5.29. Etablir des chaînes de cotes

• **Vérification de la faisabilité de l'avant-projet**

La condition de faisabilité résulte de la théorie des chaînes de cotes et peut s'énoncer de la manière suivante  $\sum IT \text{ cotes composantes} = \sum IT \text{ cote condition}$ . A chaque cote condition correspondra donc une inéquation; l'avant-projet sera validé si toutes les inéquations sont vraies.

• **Cotes fabriquées et contrat de phase**

Sur le contrat de phase l'ensemble des cotes fabriquées doivent être indiquées, ce sont elles qui seront contrôlées en fin de phase et non pas les cotes BE. Ces dernières ne seront utilisées qu'au niveau d'un éventuel contrôle final, après réalisation complète de toutes les phases. Les cotes de brut peuvent être vérifiées soit après la phase d'élaboration, soit en contrôle de réception si la réalisation est sous-traitée.

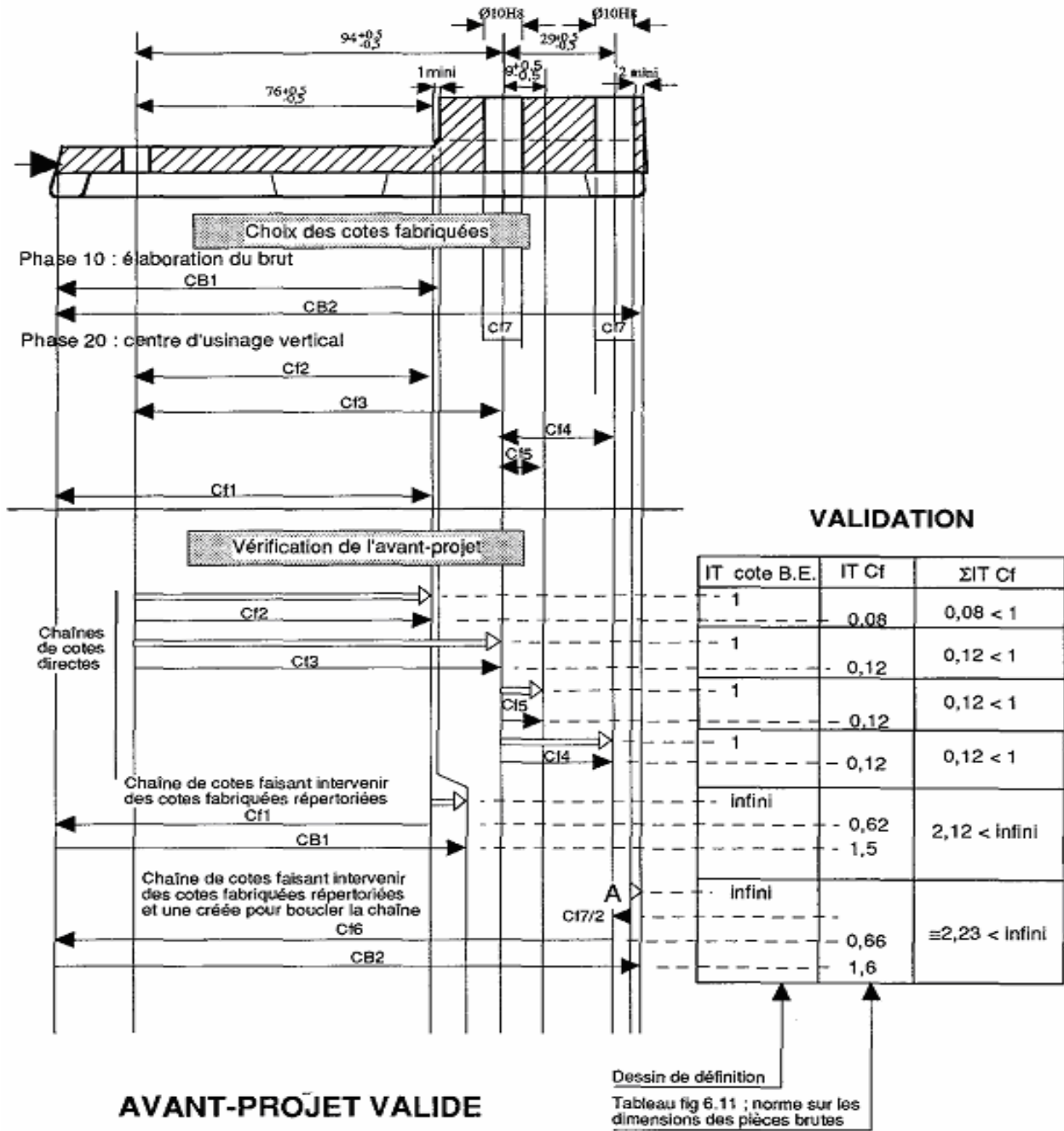


Fig.5.30.

### 5.8. REGLES CONCERNANT L'ORDONNANCEMENT DES OPERATIONS

Le contrat de phase précise l'enchaînement des opérations concernées. On peut optimiser cet enchaînement du point de vue technique (qualité) et économique, en mettant en pratique les quelques règles suivantes (figure 6.17) :

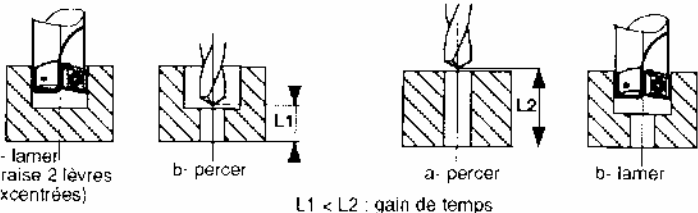
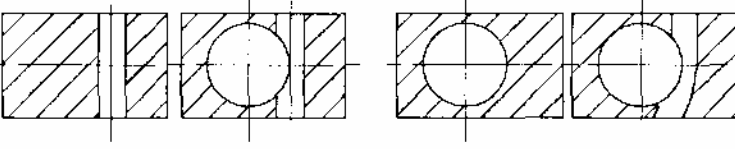
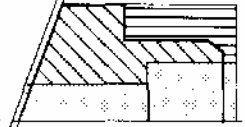
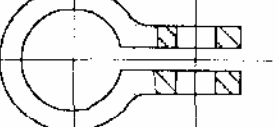
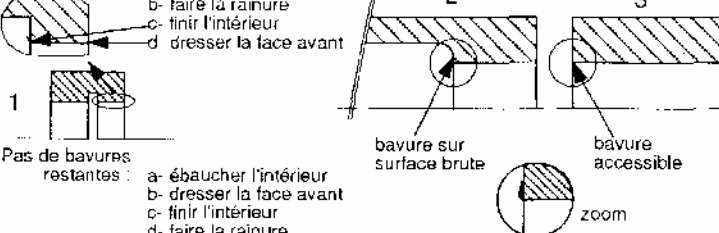
REGLES	EXEMPLES
<p><b>Aspect économique</b></p> <p>Le coût horaire des moyens de production actuels étant élevé, il faut réduire au maximum les temps d'opération et optimiser les cycles de déplacement en rapide des outils.</p> <p>Sur un centre d'usinage horizontal, si le temps de rotation du plateau est inférieur au temps de changement d'outil, il faut effectuer tous les usinages concernés par un même outil, à la suite.</p>	 <p>a- lamer (fraise 2 lèvres excentrées)      b- percer</p> <p>a- percer      b- lamer</p> <p><math>L1 &lt; L2</math> : gain de temps</p>
<p><b>Aspect technique</b></p> <p>Dans le cas de trous concourants il faut percer le diamètre le plus petit en premier pour éviter les déviations de l'axe du second trou.</p>	
<p>Pour éviter les déformations résiduelles il est préférable d'effectuer toutes les ébauches dans un premier temps.</p>	 <p>a- cycle d'ébauche extérieure b- cycle d'ébauche intérieure c- finition profil extérieur (y compris la face) d- finition profil intérieur</p>
<p>L'usinage des surfaces qui affaiblissent la pièce doit être réalisé le plus tard possible.</p>	 <p>Il faut percer le trou avant de réaliser la rainure pour éviter les déformations.</p>
<p>Pour limiter l'influence néfaste des bavures il faut chercher :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>soit à les éliminer par un enchaînement adapté des opérations,</li> <li>soit à les laisser au niveau des surfaces non fonctionnelles,</li> <li>soit à les localiser au niveau des surfaces accessibles pour une opération supplémentaire d'ébavurage.</li> </ol>	<p><b>Bavures restantes</b> :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ébaucher l'intérieur</li> <li>faire la rainure</li> <li>finir l'intérieur</li> <li>dresser la face avant</li> </ol> <p><b>Pas de bavures restantes</b> :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ébaucher l'intérieur</li> <li>dresser la face avant</li> <li>finir l'intérieur</li> <li>faire la rainure</li> </ol>  <p>bavure sur surface brute      bavure accessible</p> <p>zoom</p>
<p>Les outils de finition doivent "attaquer" sur des surfaces écroutées.</p>	
<p>Les opérations de taraudage et d'alésage doivent être précédées d'une opération de chanfreinage.</p>	

Figure 5.31: Règles d'ordonnancement des opérations

## 5.9. ANALYSE TEMPORELLE DES PHASES

Cette analyse a pour principal but de prévoir le déroulement temporel d'une phase afin:

- d'élaborer un devis par la connaissance des divers temps entrant dans la mise en oeuvre et dans l'exécution de la phase,
- d'organiser la production,
- de comparer différentes solutions d'organisation de poste, pour retenir une solution optimale en décomposant tous les gestes, mouvements ou manipulations en éléments simples et chronologiques (méthode MTM).

Une étude de phase complète est relativement longue à établir et ne se justifie que pour des fabrications sérielles importantes. Nous nous contenterons dans cet ouvrage d'une approche globale des différents temps d'exécution et de leur représentation graphique.

### Analyse des temps d'exécution et de préparation

La détermination de ces temps peut provenir d'une estimation, d'une comparaison avec une phase similaire, d'une mesure (chronométrage) ou d'un calcul.

#### • Temps technologique : $T_t$

C'est le temps pendant lequel la machine travaille, celui-ci dépend des conditions de coupe employées, voir figure 5.32. pour le détail des calculs. ( Exemple: temps de fraisage d'un plan)

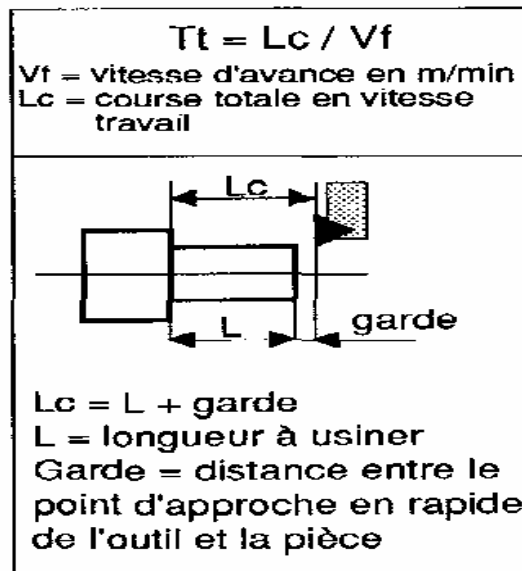


Figure 5.32. Exemples de calcul de temps technologique

#### • Temps manuel : $T_m$

C'est le temps correspondant à un travail humain.

#### • Temps tecnico - manuel $T_{tm}$

C'est le temps pendant lequel l'opérateur et la machine travaillent conjointement à la même tâche.

**Exemple :** perçage d'un trou avec une perceuse sensitive.



• **Temps masqué : Tz**

C'est un temps qui correspond à un travail réalisé simultanément avec une autre activité.

**Exemple :** contrôle d'une pièce pendant l'usinage de la suivante.

• **Temps de série: Ts**

C'est le temps nécessaire à la préparation et à la clôture de la phase (nettoyage- démontage) pour la série de pièces à réaliser.

Exemples de temps élémentaires (en centièmes de minute)			
Mise en position et maintien de la pièce	Temps	Contrôle	Temps
Monter la pièce en étau (< 3 kg)	28	Vérifier une cote au réglet	25
Démonter la pièce de l'étau (< 3 kg)	16	Vérifier une cote au pied à coulisse	25 à 50
Monter la pièce en mandrin 3 mors	14	Vérifier un diamètre au calibre à mâchoire	25 à 40
Démonter la pièce d'un mandrin 3 mors	14		
Monter la pièce en montage d'usinage : - fraisage - perçage - tournage	60	Vérifier un alésage à l'aide d'un tampon cylindrique	20 à 30
	50	Contrôler une pièce en montage	70 à 200
	80		
Démonter la pièce d'un montage d'usinage : - fraisage - perçage - tournage	30 20 70	X	

Fig. 5.33: Exemples de temps manuels

**Représentation temporelle: les simogrammes**

Ce sont des représentations graphiques, chronologiques, des différents temps d'exécutions, simultanés ou successifs, intervenant dans une phase. Elles sont faites à partir d'une échelle de temps.

Par convention la représentation est la suivante:

- les temps manuels sont représentés par un double trait continu;
- les temps technologiques par un trait fort continu;
- les temps technico - manuels par deux segments parallèles reliés par un trait continu en diagonale.

L'identification des différents temps est assurée par un numéro correspondant à leur rang d'intervention dans la phase.

La figure 5.34 donne un exemple de simogramme.

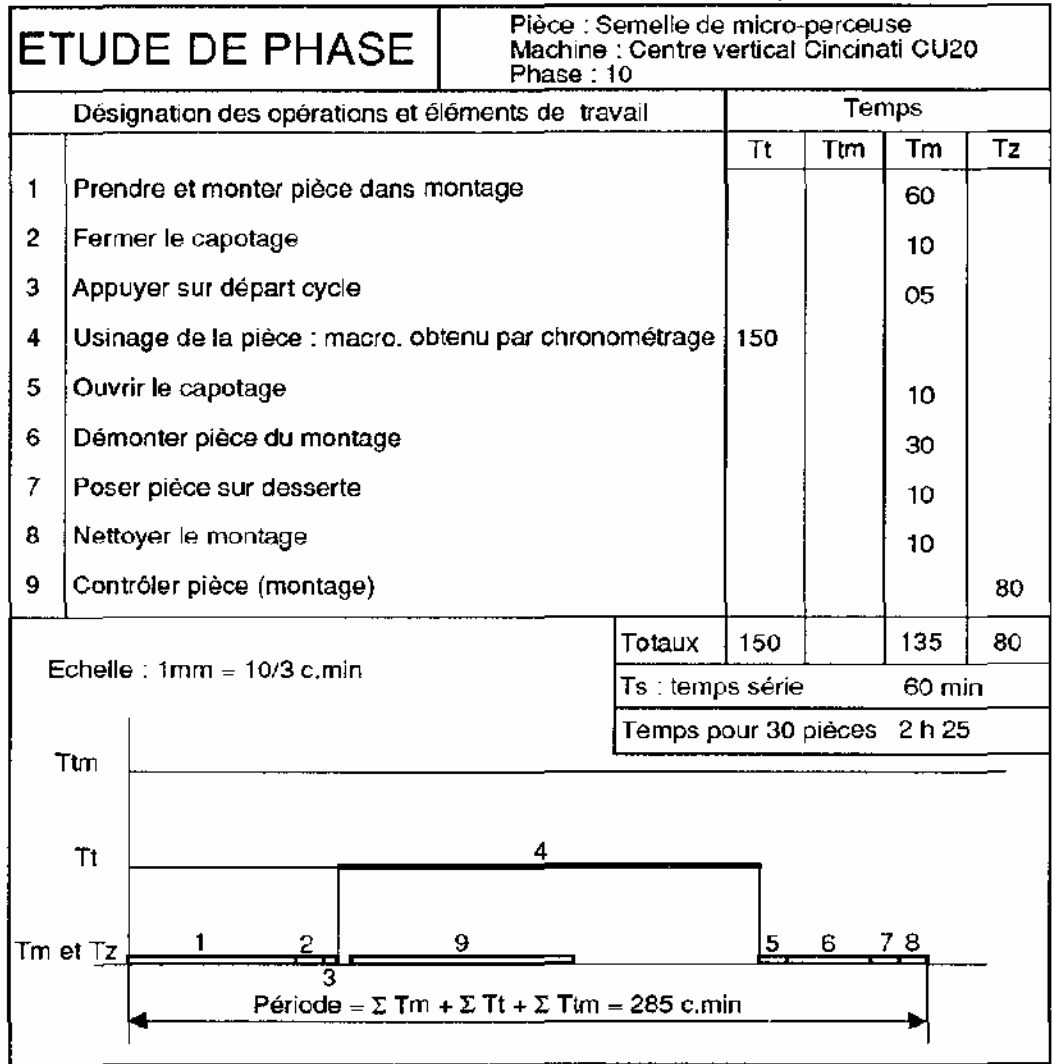


Figure 5.34. Etude de phase partielle de la semelle de micro- perceuse et simogramme associée

SECTEUR PREPARATION DU TRAVAIL		PIECE Semelle de micro-perceuse				
ELABORATION des GAMMES de FABRICATION						
FICHE D'ELABORATION DE LA GAMME OPERATIONNELLE						
Repère des surfaces	Désignation de l'entité	Outil employé	Antériorité	Regroupement des entités	M.O.	Ordonnancement Isostatisme
1-15-16	Trois plans associés sécants deux à deux	F2T		[Shaded area]	C U V	PHASE 10 Appui plan sur B1 Orientation sur B3 Butée sur B2
2	Plan	F1T				
3-6	Deux plans associés sécants	éb : F1T fin : F1T				
4	Trou débouchant	éb:foret fin:f.aléreur				
5	Trou débouchant	éb:foret fin:f.aléreur				
7	Trou débouchant	Foret				
8	Trou débouchant	Foret				
9-13	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
10-14	Trou lamé	F.2T coupe au centre				
11	Taraudage	Taraud Foret ←	Trou débouchant			
12	Chanfrein	Foret à pointer				
17	Trou débouchant	Foret				

Figure 5.35 : Avant-projet de la semelle de micro - perceuse.

## CHAPITRE 6 : PORTE- PIECES

### Etude de cas

Il s'agit de l'usinage de la semelle de micro- perceuse déjà étudiée au chapitre 5 pour sa gamme de fabrication.

- La phase d'usinage étudiée se situe au début de la fabrication (phase 10) sur un centre d'usinage vertical.
- Les usinages prévus sont des surfaçages et rainurages par fraisage et des perçages.
- La pièce, en alliage d'aluminium, est posée sur des surfaces brutes obtenues par fonderie au sable.
- Le positionnement isostatique est courant: appui plan, orientation et butée.

Il faut remarquer la présence d'un point d'appui plan supplémentaire permettant d'éviter les vibrations parasites lors de l'usinage. Il est réalisé par appui double palonné en construction fabriquée et par un dispositif antivibratoire standard dans le cas d'une construction modulaire.

### 6.1. SOLUTION SPECIFIQUE

Elle est toujours présentée par un dessin d'ensemble d'outillage (voir figure 6.20).

Ce type de dessin présente quelques particularités:

- l'outillage étant réalisé par un ouvrier, le dessin ne comporte que les éléments de cotation qui lui sont indispensables. Ce sont des spécifications fonctionnelles permettant la bonne aptitude à l'emploi, et des éléments de cotation de base indiquant la nature des types d'assemblages (serrage, glissant, etc.);
- il précise la nomenclature des éléments utilisés, qu'ils soient fabriqués ou achetés, celle-ci comportant leurs références commerciales, si nécessaire, et les traitements qu'ils doivent subir.

L'exemple présenté est une solution parmi beaucoup d'autres possibles, l'objectif à atteindre étant de respecter le cahier des charges fonctionnel du porte-pièce en limitant les coûts (de matière, mais surtout de fabrication) et en tenant compte des possibilités techniques de l'atelier d'outillage.

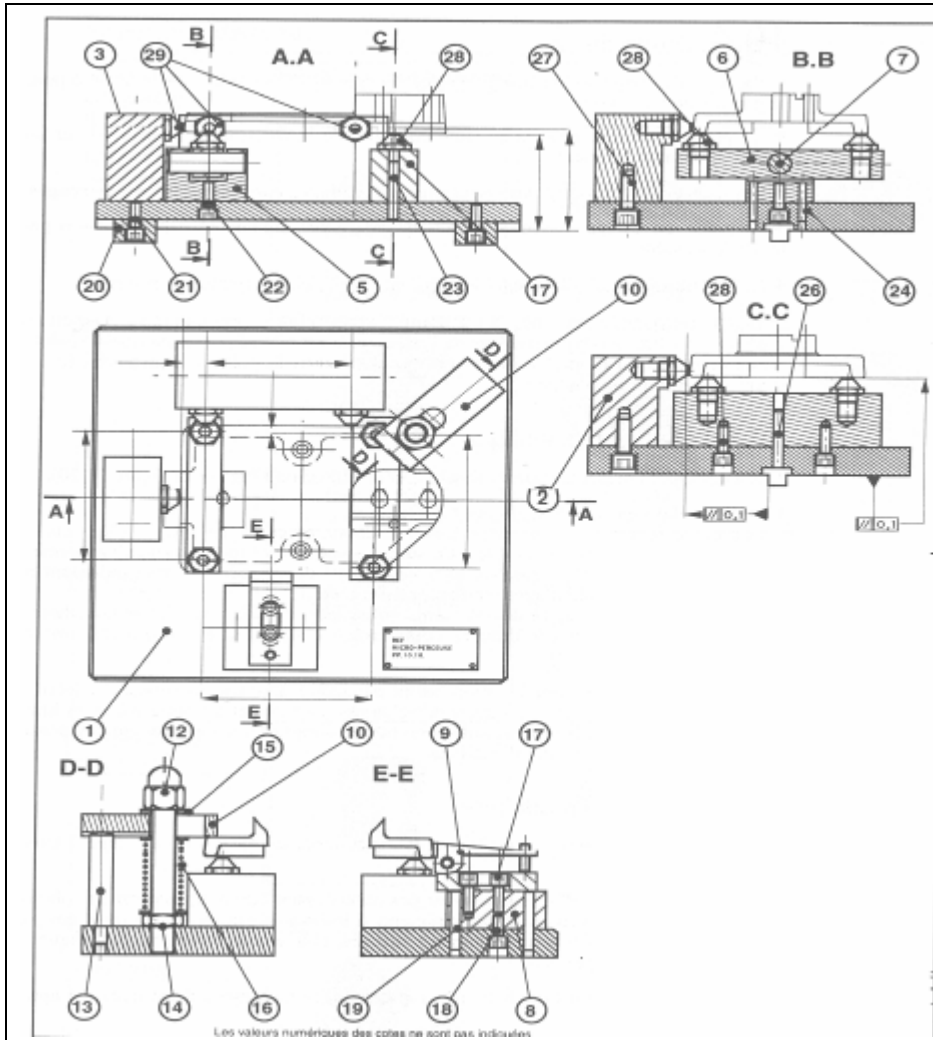
### 6.2. SOLUTION MODULAIRE

L'exemple présenté utilise des éléments modulaires de base d'un système à trous (Norelem).

Dans ce cas, le dessin d'ensemble n'est pas utile. Il peut être remplacé par des photographies du montage (ou des enregistrements d'images informatisées) complétées par une fiche donnant la liste des éléments utilisés, leur emplacement sur la plaque et l'organisation de l'assemblage.

Cette démarche permet de rebâtir très rapidement le montage s'il est démonté après utilisation.

Les figures des pages suivantes illustrent cette étude : la structure du porte- pièce assemblé montré en figure 6.21; la figure 6.22 présente l'arbre de montage permettant de reconstruire le porte-pièce rapidement.



Exemple de dessin d'étude d'outillage spécifique fabriqué

29	3	Tête d'appui NLM type 2 MI -		
28	4	Tête d'appui NLM type 1 MI -		
27	2	Vis CHc M8 50 -		
26	1	Goupille cylindrique d6, L40 -		
25	2	Vis CHc M6 20 -		
24	2	Goupille cylindrique d4, L30-		
23	1	Goupille cylindrique d6, L40 -		
22	1	Vis CHc M6 20 -		
21	2	Vis CHc M6 15-		
20	2	Lardon NLM 32416022-		
19	2	Goupille cylindrique d6, L40-		
18	1	Vis CHc M6 15-		
17	2	Vis CHc M6 20 -		
16	1	Ressort NLM 449-		
15	2	Rondelle L d 14 -		
14	1	Ecrou H m14 -		
13	1	Appui de bride NLM 213 160 -		
12	1	Ecrou borgne haut M14 -		
11	1	Tige filetée M 14		
10	1	Bride coulissante NLM401-12		
9	1	Plaqueur NLM 451 006 -		
8	1	Support de plaqueur		
7	1	Axe de palonnier		
6	1	Palonnier		
5	1	Chape de palonnier		
4	1	Support d'appui		
3	1	Support buté d'arrêt		
2	1	Support d'orientation		
1	1	Plaque de base		
<b>Pos.</b>	<b>Nb.</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matière</b>	

Fig. 6.20.

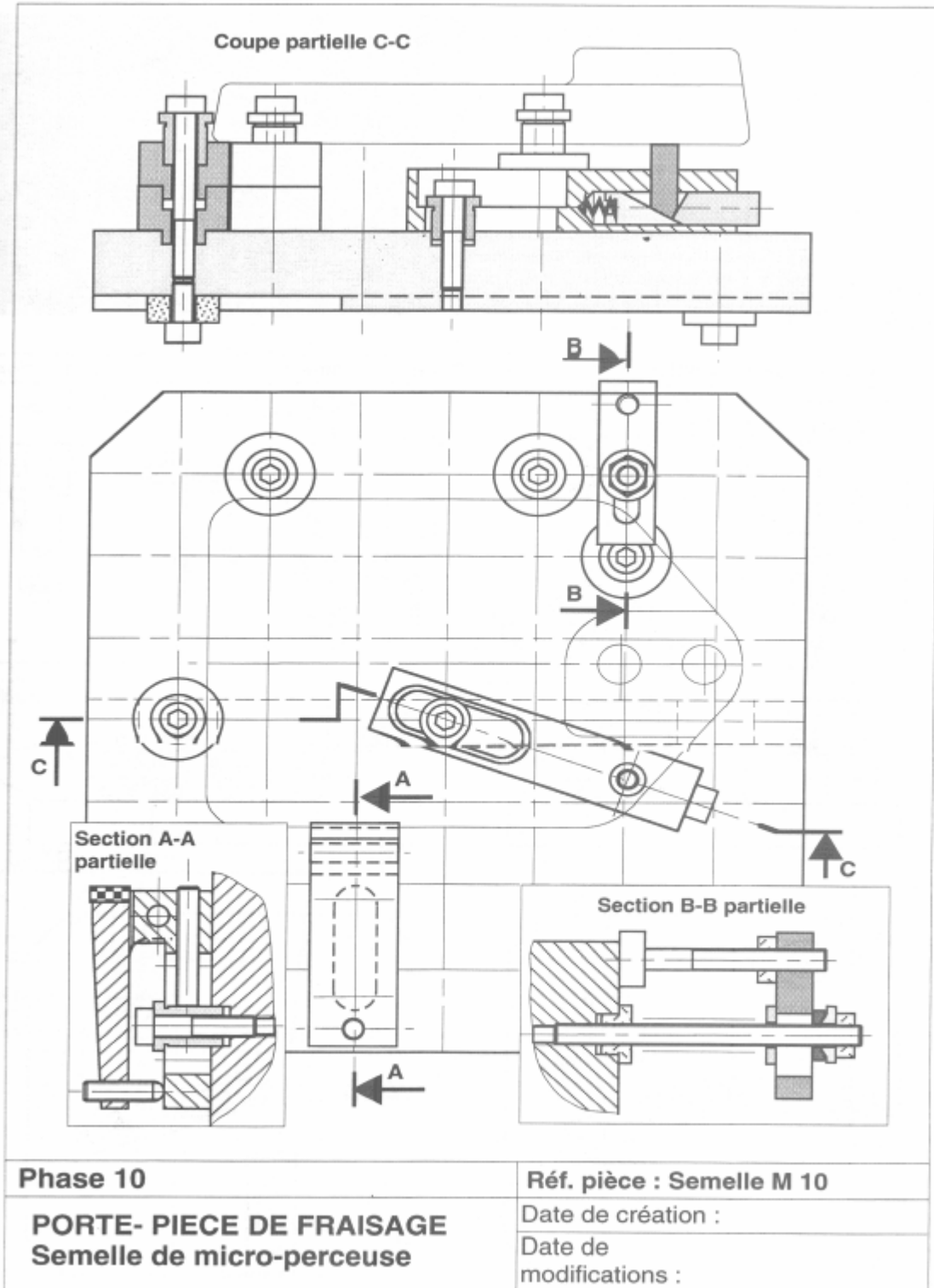


Fig. 6.21

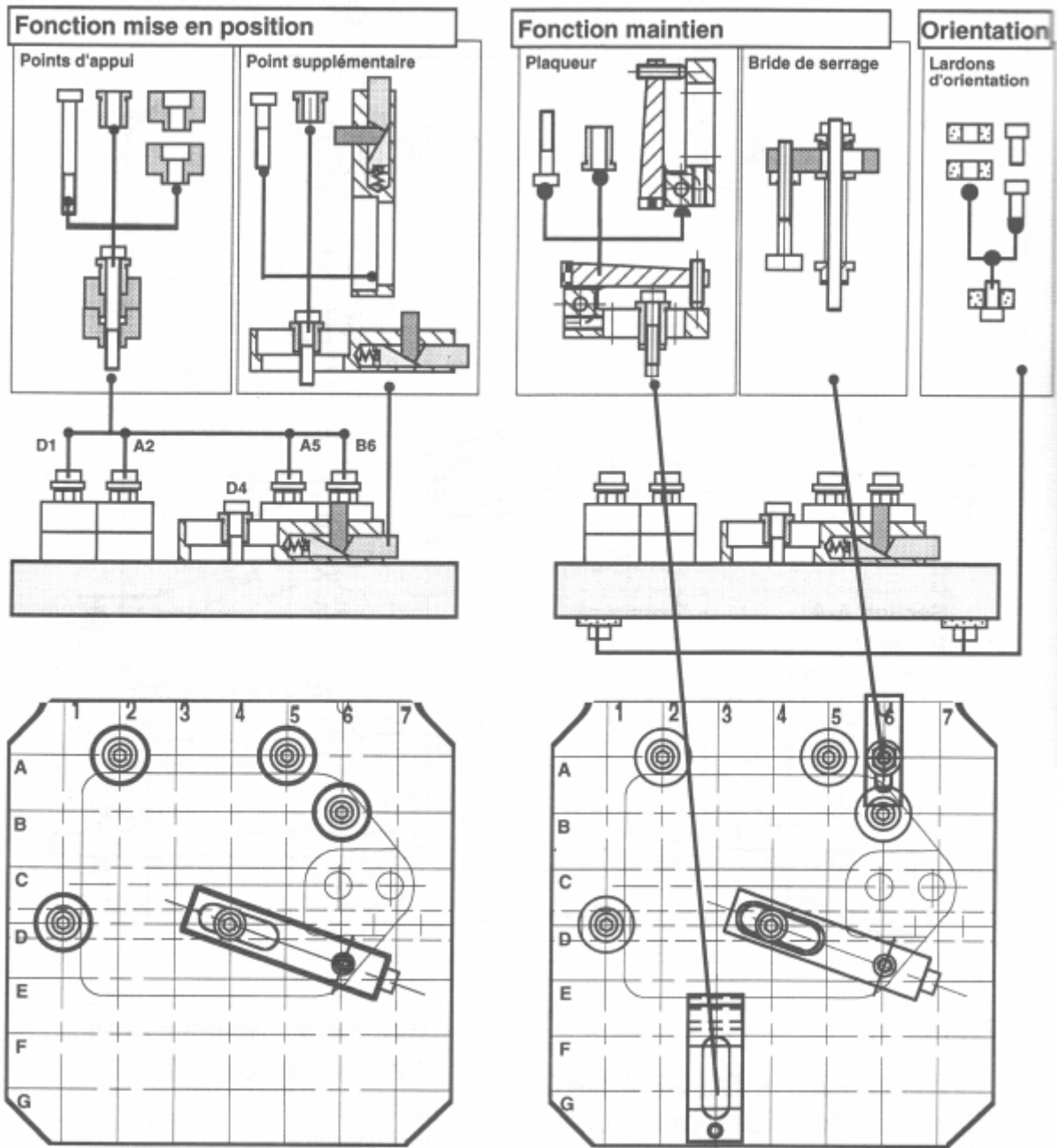


Fig.6.22. Arborescence d'assemblage du porte pièce modulaire

### 6.3. COMPARAISON DES SOLUTIONS CONSTRUCTIVES

Le choix d'un mode de construction dépend de nombreux facteurs qu'il est délicat de quantifier. On se contentera ici de mesurer l'importance de trois d'entre eux : les temps, les coûts et le niveau de flexibilité (voir figure 6.23).

### Aspect temporel

Il repose sur deux éléments importants:

- le délai de mise à disposition du porte-pièce. Ce délai comprend les temps d'étude, de fabrication et de mise au point. Plus il est court et plus l'entreprise pourra répondre rapidement à une demande et raccourcir ses délais de production;
- le taux d'utilisation du porte-pièce. C'est le rapport entre le temps d'utilisation et la durée de vie du porte-pièce. Si ce dernier n'est utilisé qu'occasionnellement, le taux d'utilisation est faible, il peut être démonté et ses éléments sont alors réutilisés. S'il est beaucoup utilisé, il doit être disponible. Il faut alors envisager une construction stockée et non démontée si la construction est modulaire.

### Aspect financier

Il s'agit, dans ce domaine, de rentabiliser au mieux un investissement. Les deux éléments prépondérants de choix sont le temps d'utilisation et le coût de production du porte-pièce.

### Aspect flexibilité

Si la forme de la pièce à usiner peut être légèrement modifiée en cours de production ou si elle appartient à une famille de dimensions variables et connues, il est intéressant de prévoir des possibilités de modification ou d'adaptation du porte-pièce. Les éléments prépondérants de choix sont donc le besoin d'adaptation et le taux d'utilisation. La technologie modulaire correspond particulièrement bien à ce type de situation.

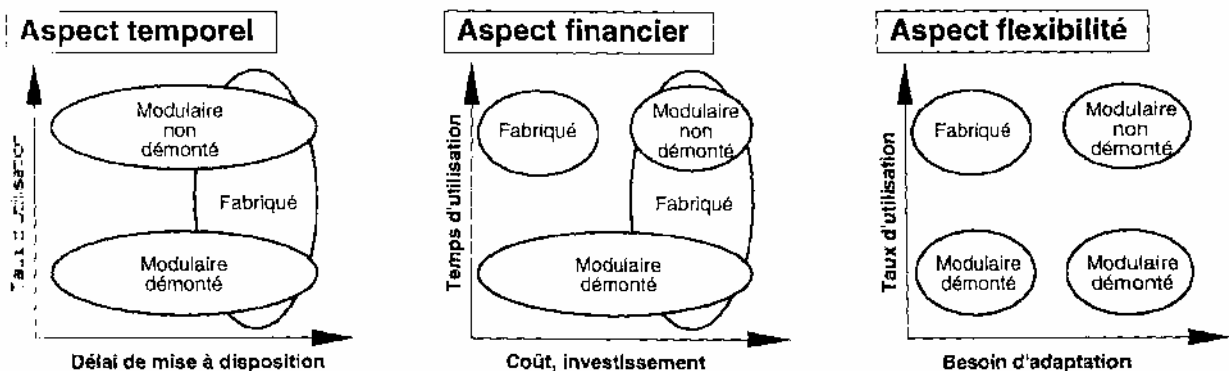


Figure 6.23: Les principaux éléments de choix d'une technologie de porte-pièce

### Exemple du porte-pièce de fraisage de la semelle de micro-perceuse

Compte tenu de la stratégie de l'entreprise dans le domaine des outillages et en fonction des contraintes précédentes, le technicien doit mener une analyse précise intégrant les aspects techniques et économiques avant de définir une solution.

La figure 6.24 montre le résultat d'une étude comparative des coûts et de délais de la mise à disposition de ce porte-pièce.



Le technicien doit alors tenir compte des éléments suivants:

- fréquence des lancements;
- délai de mise à disposition (dans ce cas, il y a au moins cinq jours de différence);
- existence d'éléments modulaires disponibles dans l'entreprise pouvant être utilisés.

L'analyse des coûts montre que l'économie de matière et de composants réalisés dans le cas d'une fabrication traditionnelle est annulée par des temps d'étude et de réalisation plus longs. De plus, la construction modulaire permet de diminuer de façon significative le temps total de fabrication du porte-pièce.

Dans ce cas particulier où le montage est simple, la solution modulaire semble la plus intéressante. En fonction de la fréquence de lancement de cette production on démontrera ou non le porte-pièce.

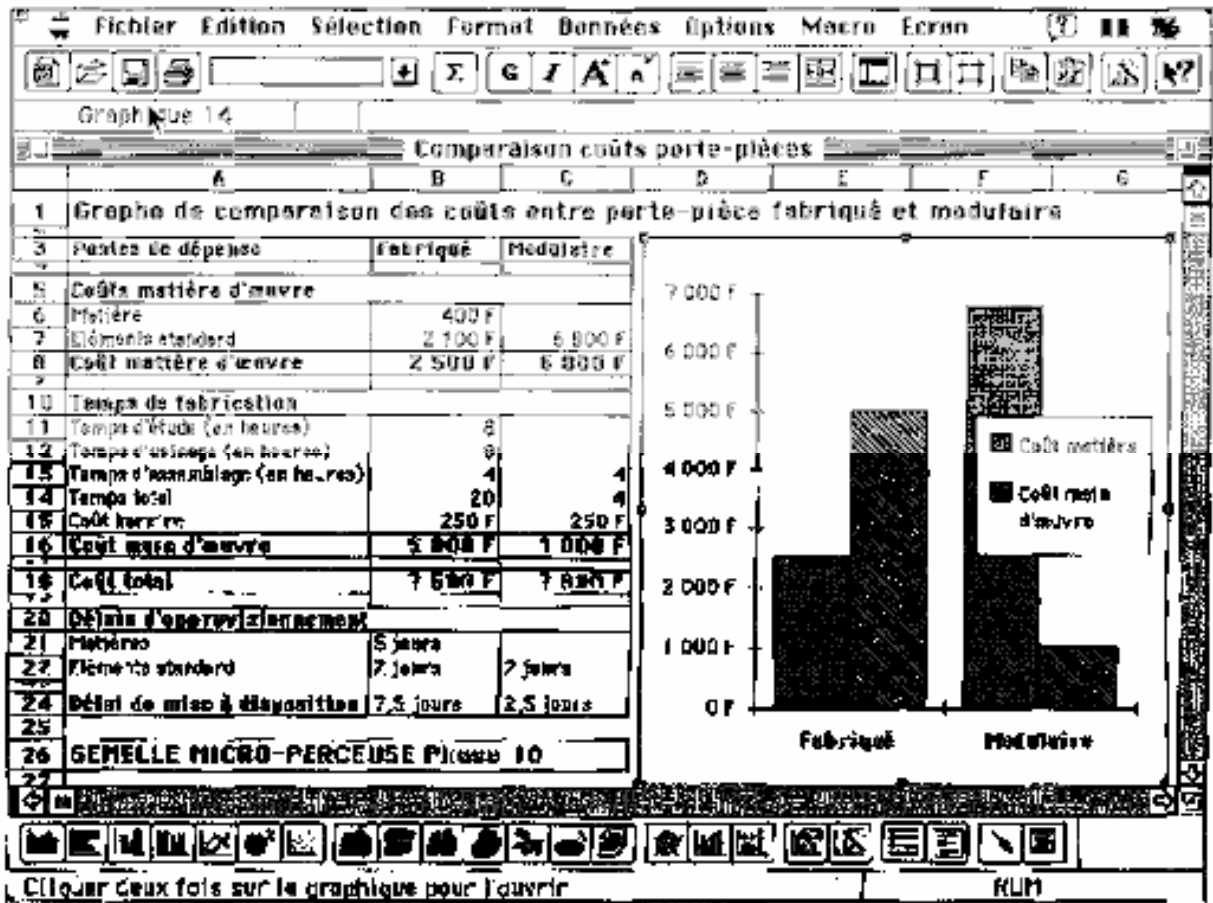


Figure 6.24: Etude comparative des deux solutions, modulaire et fabriquée.

## CHAPITRE 7: L' ORGANISATION DE LA PRODUCTION

### Maîtriser les temps de production

La qualité totale implique de tenir les délais annoncés et de maîtriser les coûts de la production. Ces deux aspects ne sont pas uniquement liés à des opérations techniques, mais dépendent fortement de l'organisation de la production. La figure 7.1 montre les deux voies, technique et économique, qui amènent toute production à être maîtrisée.

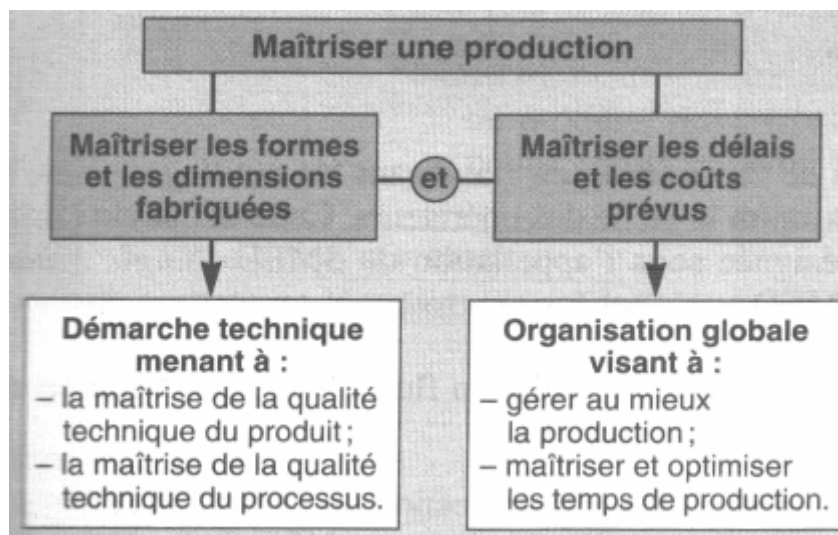


Figure 7.1 : Les composantes de la maîtrise d'une production

### 7.1. GESTION DES TEMPS

On comprend facilement que le respect des délais dépend des différents temps de production d'un produit. L'influence du facteur temps dans le respect des coûts est moins directe, mais tout aussi importante.

#### Influence du facteur temps

Elle se fait sentir à deux niveaux principaux :

- dans la fluidité du flux de pièces. Plus ce cheminement est haché, bloqué par de longues attentes en raisons de pannes, d'une mauvaise organisation, plus les pièces restent longtemps dans l'atelier ou au magasin. Ce stock coûte cher à l'entreprise et, par l'allongement des délais, risque de mécontenter le client
- dans la diminution des temps de changement de série. Les entreprises d'usinage travaillent par **lots**. Le temps passé entre la dernière pièce bonne d'une série et la première pièce bonne de la série suivante n'est pas un temps productif. Bien souvent, les activités de réglage, de mise au point et de test sont longues et peuvent engendrer des retards.

## Outils de gestion du temps

On en distingue deux types :

- les outils d'organisation (planification de la production, approvisionnements,ancements). Ces outils ne sont pas propres à la productique mécanique et peuvent être utilisés dans tous les cas de gestion d'une production;
- les outils et démarches de réduction des temps non productifs.

Ce deuxième type d'outils comprend:

- la diminution des temps de changement de série, en prévoyant un maximum

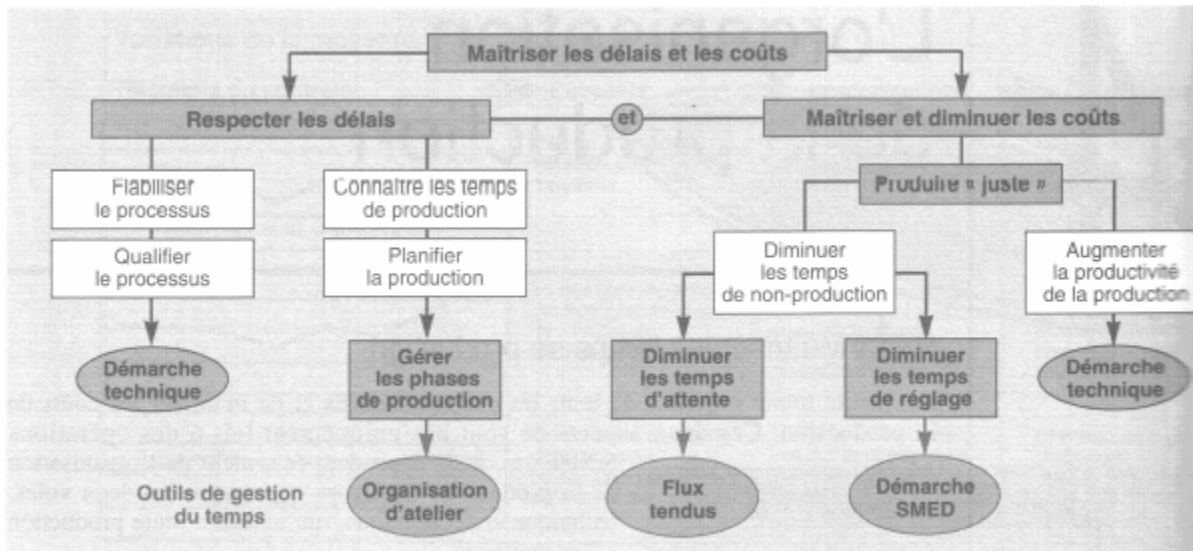


Figure 7.2: Les outils de gestion du temps

d'opérations en dehors du temps de fabrication, en fiabilisant les outillages et en les adaptant afin de simplifier au maximum la tâche des opérateurs. Cette démarche, originaire du Japon, est en général désignée sous l'appellation de SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Les actions SMED sont menées en groupe et permettent des gains rapides de temps et d'argent;

- la diminution des temps d'attente pour une circulation fluide et de courte durée des produits entre les différents postes de transformation.

La figure 7.2 dresse un bilan des outils utilisés pour la gestion du temps dans un atelier se situant dans une démarche de production qualitative.

## Temps de production

C'est le temps total écoulé entre la demande explicite du client (commande) et la date effective de livraison des produits. Comme l'indique la figure 7.3 le de temps se décompose en:

- un temps de prise en compte et de transmission de la commande entre le service commercial et le service de production;
- un temps d'approvisionnement: période de détermination des commandes des composants et des matières premières dont il aura besoin pour répondre à la demande;
- un temps de livraison de ces composants et matières d'oeuvre; ce qui, dans le monde industriel, peut être très long car l'entreprise fournisseur a exactement les mêmes problèmes à résoudre que l'entreprise demandeuse;
- un temps de fabrication, correspondant au temps passé dans l'atelier en opérations d'usinage,

d'assemblage mais aussi en attentes;

- un temps de livraison du produit fini, correspondant au délai entre le départ de l'entreprise et l'arrivée chez le client- (voir figure 7.3.).

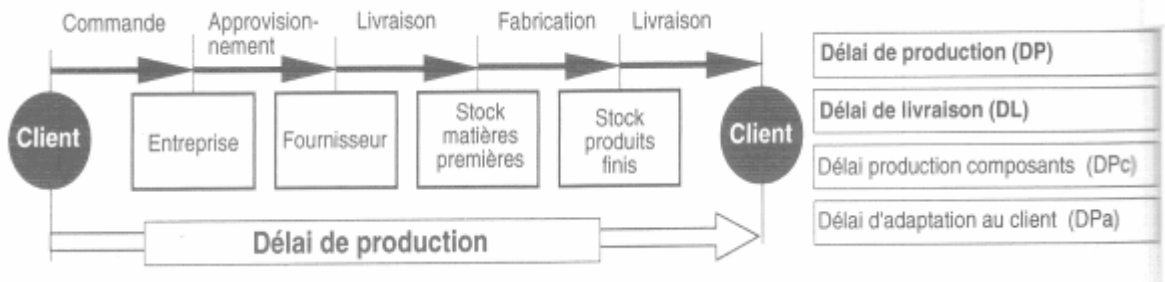


Figure 7.3: Composition du temps de production

Les différents types d'organisation de production dépendent en partie de l'analyse de ces temps de production.

Si le délai de production (DP) est court, plus petit que le délai de livraison (DL) accepté par le client, on peut attendre la commande pour produire, c'est la production à la demande (voir figure 7.4).

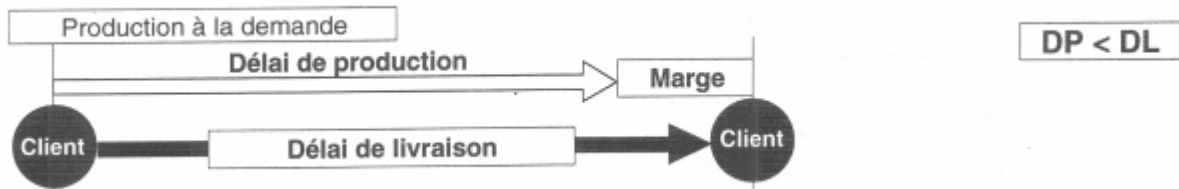


Figure 7.4: Temps de production dans la production à la demande

Si le délai de production est plus long que le délai de livraison accepté par le client on ne peut attendre la commande pour produire, et on doit alors constituer un stock de produits finis. C'est la production de stock, rapide pour le client mais coûteuse pour l'entreprise (voir figure 7.5).

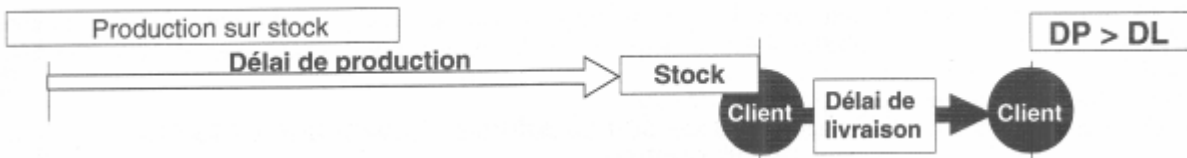


Figure 7.5: Temps production dans la production de stock

Si le délai de production est plus long que le délai de livraison accepté par le client mais que l'on veut éviter des stocks coûteux et parfois inadaptés aux demandes, on procède alors en deux étapes la production de stocks de composants stables et la production (souvent l'assemblage ou l'adaptation) sur

demande de produits finis. C'est la méthode mixte très couramment pratiquée dans le milieu industriel (voir figure 7.6).

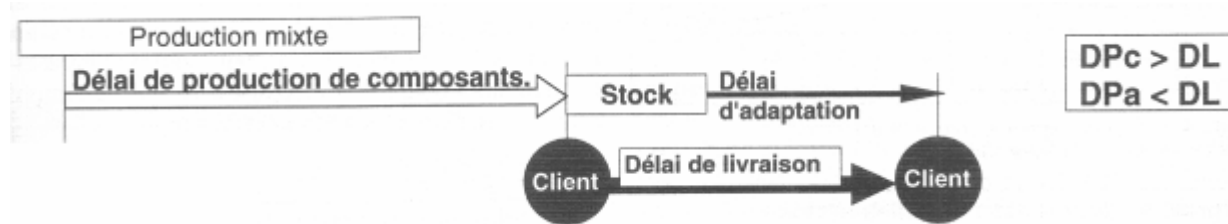


Fig.7.6: Temps de production dans la production mixte

Enfin, il ne faut pas oublier le cas, relativement fréquent, où le client accepte comme délai de livraison le délai de production de l'entreprise. Il s'agit alors de production à la commande, la date de livraison étant négociée, acceptée et compatible avec les possibilités de production de l'atelier (voir figure 7.7).

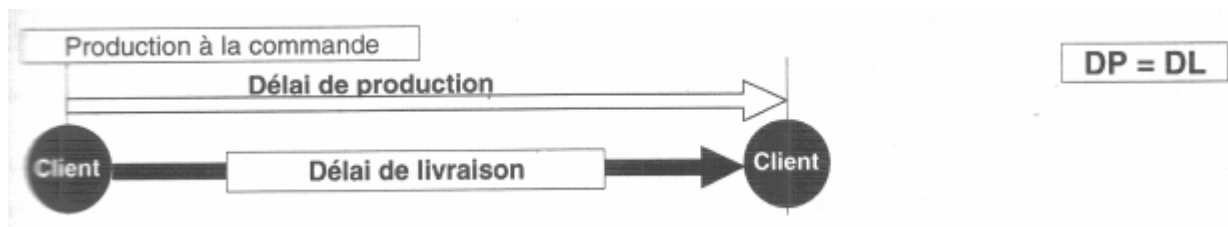


Fig. 7.7: Temps de production dans la production à la commande

### Temps de fabrication

C'est la composante technique du temps de production qui regroupe toutes les phases de transformation physique du produit. Ce temps, qui dépend directement de l'organisation mise en place, peut être décomposé en:

- un temps productif, lorsque le processus produit des pièces « bonnes ». C'est le seul temps financièrement rentable. Il est constitué des temps de transformation (usinage), de transfert et de contrôle;
- des temps non productifs, que l'on peut classer en deux catégories :

- les temps d'arrêts dus aux aléas du système de production (pannes, rupture d'approvisionnement des matières, etc.). Chercher à agir sur ce temps correspond à la notion de « zéro panne » de la qualité,
- les temps de réglage, de changements de série, déjà évoqués, que l'on peut diminuer notablement par l'application de méthodes de type SMED.

Pour augmenter la part de temps de fabrication de pièces bonnes, on cherchera donc à réduire au maximum les temps d'aléa et les temps de changement de série (figure 7.8)

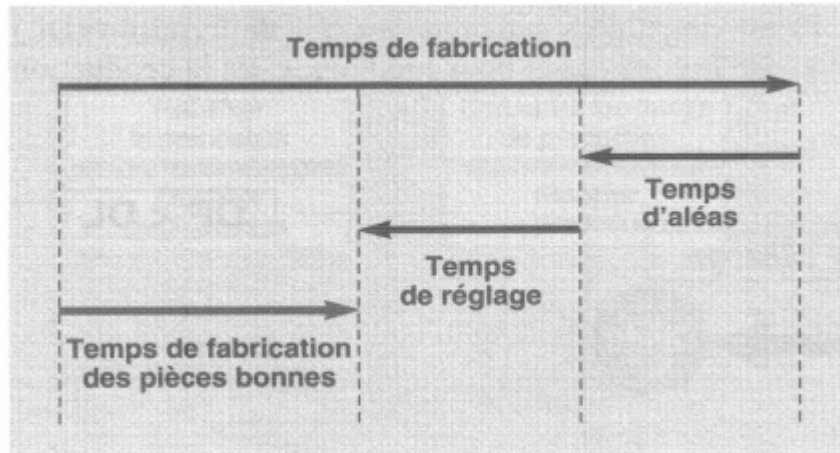


Figure 7.8: Les composantes du temps de fabrication

### Influence des structures d'atelier sur les temps de production

La structure de l'atelier influe directement sur la circulation des pièces et sur la vitesse d'avancement du flux de matières, donc sur les temps de fabrication.

Examinons les flux de circulation des pièces d'un produit dans trois structures types.

#### Atelier en sections homogènes (figure 7.9.)

Il permet une grande polyvalence et correspond aux ateliers de sous-traitance. S'il est composé de machines traditionnelles, les phases d'usinage sont nombreuses et les parcours compliqués et croisés, ce qui ne simplifie pas l'organisation et ralentit la production.

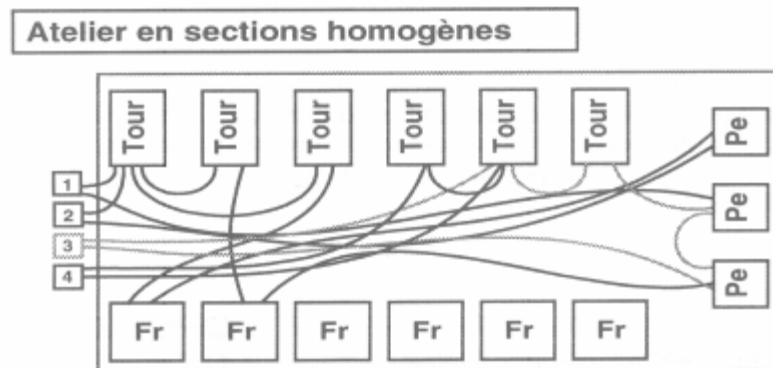


Figure 7.9: Flux de matières, complexe et dense, dans un atelier en secteurs homogènes

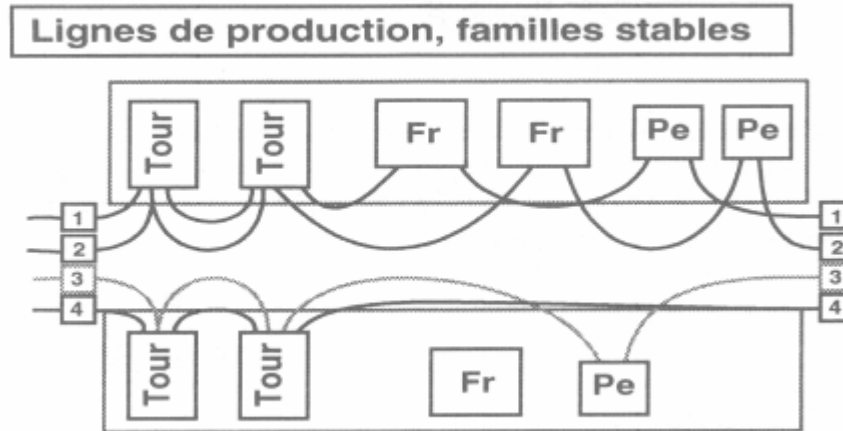


Figure 7.10 : Flux de matières, linéaire et rapide, dans un atelier en lignes de production

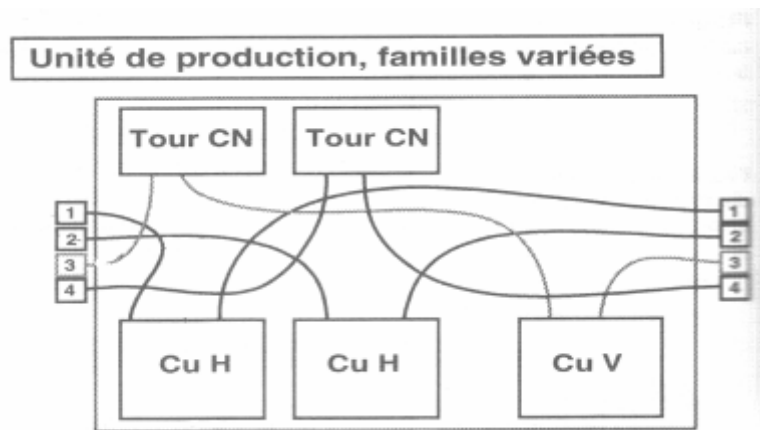


Figure 7.11 : Flux de matières très réduit dans un atelier en cellule flexible

### Atelier en unités de production

On peut alors considérer deux cas classiques :

- l'atelier dédié à une famille de pièces connue, composé de machines traditionnelles et spéciales (figure 7.10). La circulation des pièces est directe, simple et fluide, chaque ligne acceptant des produits de processus similaires. Lorsque l'entreprise fabrique de nouveaux produits, elle peut être amenée à modifier la structure de l'atelier;
- l'atelier dédié à des familles de pièces variées, composé de machines à commande numérique (figure 7.11). Il permet de traiter une grande diversité de produits. L'utilisation de machines à commande numérique permet de limiter au maximum les démontages et de simplifier les parcours des pièces.

### Influence des fréquences de lancements sur les temps de production

Le « lancement » d'une série correspond à la mise en oeuvre des moyens techniques de fabrication, à un moment donné, en vue de produire une quantité demandée. Selon les cas, l'entreprise procède à des lancements réguliers, occasionnels ou saisonniers. Le tableau de la figure 7.12 montre quels types de produits peuvent être associés aux différentes fréquences des lancements. Plus la fréquence de lancement

est élevée, plus il faudra réduire les temps de changement de série. Cette capacité améliore directement la flexibilité et la compétitivité des entreprises.

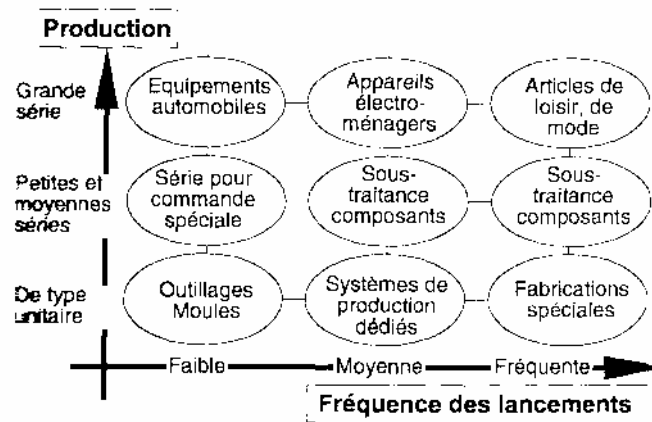


Fig.7.12 : Relations entre les types de produits, leur fréquence de lancement et la taille de production

## 7.2. ORGANISER UNE PRODUCTION

Il s'agit de traiter de manière globale tous les aspects nécessaires à une bonne organisation de la production. C'est donc la phase qui permet de garantir la qualité totale du produit en liant les aspects techniques aux aspects temporels et financiers qui en découlent.

### Buts de la gestion de production

On peut résumer très simplement ce problème en répondant aux questions suivantes:

- qu'est-ce qui doit être fabriqué, quels produits, quelles pièces, quelles références, avec quels matériaux? Ce qui permet de savoir exactement ce que l'on doit livrer;
- combien de pièces doit-on livrer, combien de variantes, avec quelles options? Ceci permet, compte tenu de l'état des stocks possédés, de savoir quelles quantités fabriquer;
- quand doit-on livrer ces produits, sous quelles conditions d'étalement, à quel rythme? Ceci permet, à partir de la connaissance de tous les temps de production et de fabrication, d'étudier un planning prévisionnel, de vérifier si l'atelier pourra répondre à la demande et de prévoir les investissements et les approvisionnements nécessaires;
- comment doit-on organiser la production, quelle est l'organisation d'atelier pour intégrer cette demande dans le programme de production déjà connu tout en respectant les délais?
- qui, quelle équipe associée à quel système devra traiter la commande?



Gérer une production		
Questions auxquelles il faut répondre		Moyens à mettre en œuvre
<b>Quoi ?</b>	Quels produits, quelles pièces ? Quels composants ?	→ Nomenclatures produits
<b>Combien ?</b>	Combien de produits ? Valeur des stocks et des besoins.	→ Calcul des besoins
<b>Quand ?</b>	Dates de livraisons, approvisionnements. Temps de production.	→ Planning de production
<b>Comment ?</b>	Organisation des postes, planning.	→ Occupation des machines
<b>Qui ?</b>	Quelle équipe, sur quel système de production ?	→ Ordres de fabrication

Fig. 7.13 : Les composantes de la maîtrise d'une production

Pour répondre à toutes ces questions on dispose de moyens spécifiques. Le tableau 7.13 montre l'outil utilisé habituellement par les techniciens:

- la nomenclature des produits dresse un bilan de tous les composants d'un produit, ce qui permet de ne rien oublier et de trouver des antériorités dans les ordres de fabrication des différents constituants;
- le calcul des besoins permet de déterminer les quantités de pièces à fabriquer compte tenu de l'état des stocks;
- la planification consiste à prévoir le plan de charge des machines et de tenir les délais;
- les ordres de fabrication résultent du plan de charge et indiquent à chaque atelier, secteur ou machine, quelles pièces fabriquer, leur nombre, les délais, les outillages ainsi que tout ce qui est nécessaire à la fabrication. Ces documents circulent dans l'atelier et déclenchent les actions concrètes du personnel de production.

Toutes les informations et les décisions qui permettent d'organiser une production de niveau. A partir des commandes, des prévisions, les responsables de l'entreprise définissent les produits et les pièces à produire, les dates de livraison et les besoins réels à fabriquer compte tenu des stocks. Par rapport aux charges de travail des différents ateliers, ils peuvent aussi répartir les demandes, solliciter des sous-traitances ou augmenter les durées de travail (heures supplémentaires, travail en équipes, etc.).

Suite à cette analyse globale, l'atelier reçoit des demandes précises qui permettent d'organiser l'approvisionnement, les parcours des pièces entre les postes de travail afin de respecter les délais et les quantités prévues. La figure 7.14. illustre cette répartition des démarches amenant à organiser au mieux la production.

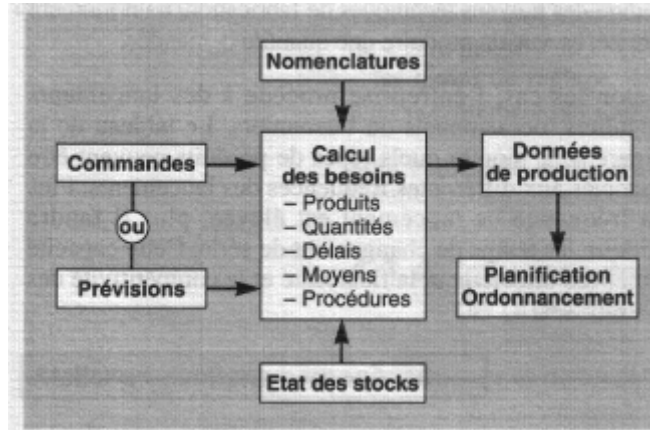


Figure 7.14: Le principe général de la gestion de production

### Données de production

C'est l'ensemble des informations nécessaires à la gestion d'un atelier.

Ces données peuvent se répartir en deux groupes : les données techniques et les données économiques (voir figure 7.15).

Les données techniques regroupent:

- les dossiers de fabrication des produits qu'ils soient fabriqués, assemblés ou sous-traités;
- l'état de la structure de production, l'occupation des: machines, la disponibilité des personnes.

Les données économiques font apparaître:

- les quantités à livrer,
- l'état des stocks des différentes pièces à leurs différents états d'avancement;
- les dates de livraisons prévues;
- les délais et conditions d'approvisionnement des matières et des composants des produits.

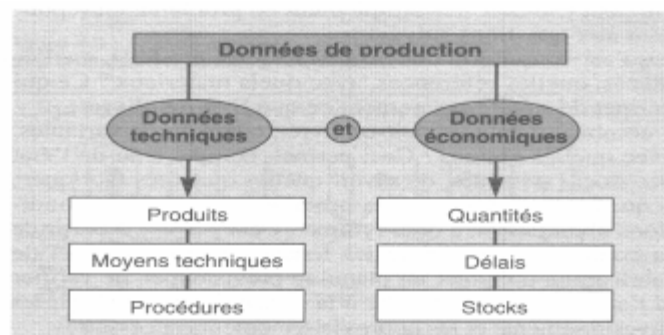


Figure 7.15: Les données de production utiles à l'ordonnancement.

Le technicien d'ordonnancement est donc amené à maîtriser un grand nombre d'informations et ne pourra être efficace que si elles sont exactes et actualisées en permanence.

### **Nomenclature des produits**

La première étape conduisant à la définition des données économiques est l'analyse du produit à fabriquer, appelée «nomenclature produit ». Elle permet de décomposer les produits en éléments à usiner, à acheter, à sous-traiter, à assembler. Toutes ces opérations étant liées par un ordre chronologique, on déduit, de la nomenclature des produits, des niveaux d'antériorité permettant de définir les ordres d'approvisionnement, de transformation et d'assemblages. (La figure 7.16 illustre la structure d'un produit B composé d'une pièce 4 associée à un sous-ensemble A, lui-même composé de trois pièces 1, 2 et 3.) Si cette phase n'est pas fiable, c'est toute l'organisation prévisionnelle de la production qui ne pourra pas être respectée.

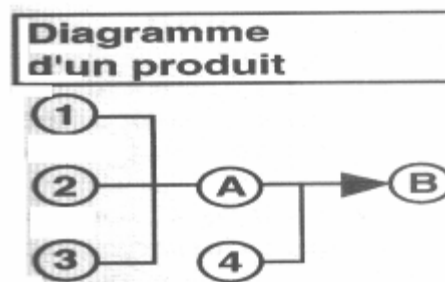


Fig. 7. 16: Diagramme associé à la nomenclature du produit à la nomenclature

### **Calcul des besoins**

Il reste alors à comparer les besoins exprimés par l'analyse du produit à l'état des stocks de l'entreprise pour en déduire les quantités à fabriquer, c'est le calcul des besoins. Le besoin net est le nombre de pièces à fabriquer réellement pour satisfaire une demande. Il se déduit par différence entre le besoin brut (nombre de pièces à livrer) et l'état des stocks de l'entreprise. Les différents modes de gestion des stocks ne seront pas abordés dans cet ouvrage.

### **Planification, ordonnancement**

La figure 7.17 montre le principe global basé sur:

- la récupération des données de production, techniques, économiques, qui sont indispensables à l'établissement de toute planification;
- la planification en elle-même, aboutissant à répartir dans le temps et dans l'espace de l'atelier les différentes phases de fabrication;
- l'édition et la ventilation des ordres de fabrication, cadencant le fonctionnement réel de l'atelier;
- le suivi de la production, permettant de vérifier, à tout moment, si le planning prévisionnel est respecté;
- la régulation qui, à partir des écarts entre les prévisions et le réel, permet au responsable d'ordonnancement de modifier chaque jour son planning et d'adapter les ordres de fabrication aux contraintes techniques et commerciales rencontrées.

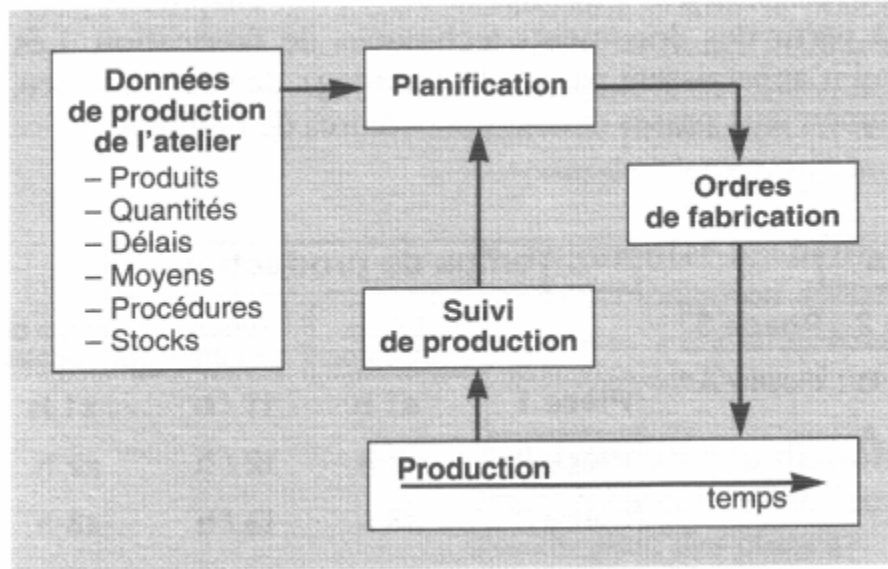


Fig. 7.17 : Le principe de l'ordonnancement

### Planification

La planification consiste à répartir les phases de la production dans le temps et sur les différents postes disponibles (voir figure 7.18). Généralement, les techniciens utilisent un graphe mettant en relation les postes de travail, les phases dans leur ordre chronologique et les temps de production. Il en résulte la détermination d'une date de livraison compatible, ou non, avec le cahier des charges. Le modèle utilisé est appelé « diagramme de Gantt », du nom d'un ingénieur américain spécialiste de l'organisation.

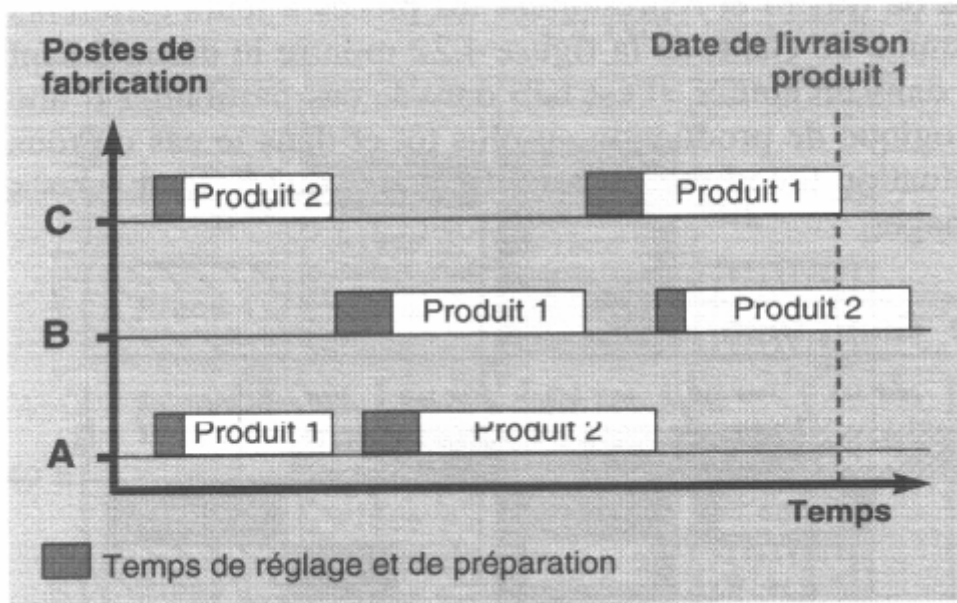


Fig. 7.17. Le principe du plan de charge d'un atelier

### Construction d'un diagramme de Gantt

On peut distinguer deux modes de planification:

- celle correspondant à une livraison au plus tôt d'une commande, lorsque l'on veut finir le plus vite possible la production demandée, appelée « planification au plus tôt »;
- celle du principe de « livraison au plus tard », lorsque l'on part de la date de livraison attendue, pour organiser la production en « remontant le temps », ce qui permet de retarder le plus tard possible la production demandée tout en respectant les délais.

La figure 7.19 illustre ces deux démarches en présentant la progression d'une pièce sur trois postes de travail. Le principe étant choisi, il faut traiter toutes les données techniques de départ qui sont:

- l'organisation des phases, établie pour chaque transformée, en fonction des postes de travail utilisés. Cette recherche s'appuie sur les documents techniques de fabrication (nomenclature des phases, gammes) et permet de déterminer sur quelles machines les transformations pourraient être effectuées (voir figure 7.20);
- la détermination des temps de production (voir figure 7.21), calculés pour chaque pièce transformée. Les temps de fabrication et les temps de série sont déterminés à partir des documents techniques de fabrication.

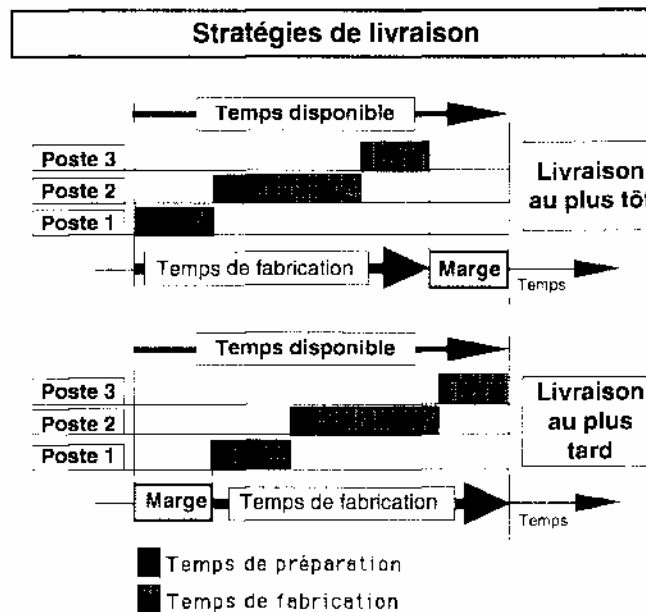


Figure 7.19: Livraisons au plus tôt et au plus tard

Organisation des phases			
	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Pièce 1	Poste A	Poste B	Poste A
Pièce 2	Poste A	Poste A	
Pièce 3	Poste C		

Figure 7.20: Organisation des phases de fabrication d'un produit

Temps de production			
	Délais d'appro.	Temps usinage	Temps de préparation
Pièce 1	a1 h	t1 / h	z1 h
Pièce 2	a2 h	t2 / h	z2 h
Pièce 3	a3 h	t3 / h	z3 h

Figure 7.21 : Temps de production d'un produit

### Planning de production

On peut alors placer sur un planning des zones de longueurs proportionnelles au temps d'occupation des postes de travail et représentant les pièces à leurs différents états d'avancement. Le diagramme de Gantt de la figure 7.22 montre le déroulement de la production d'un produit dans un atelier. Il est bâti dans le cas particulier d'une production unique, dans une logique de production au plus tôt et dans le cas où tous les postes sont disponibles (situation théorique et simplificatrice) qui s'étend sur six jours à partir des premiers usinages:

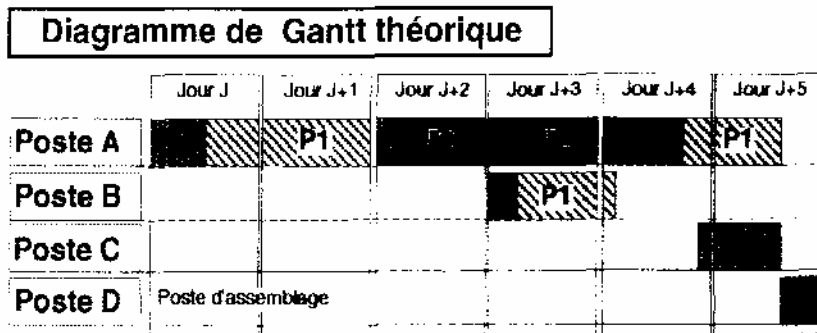


Figure 7.22: Les composants de la maîtrise d'une production

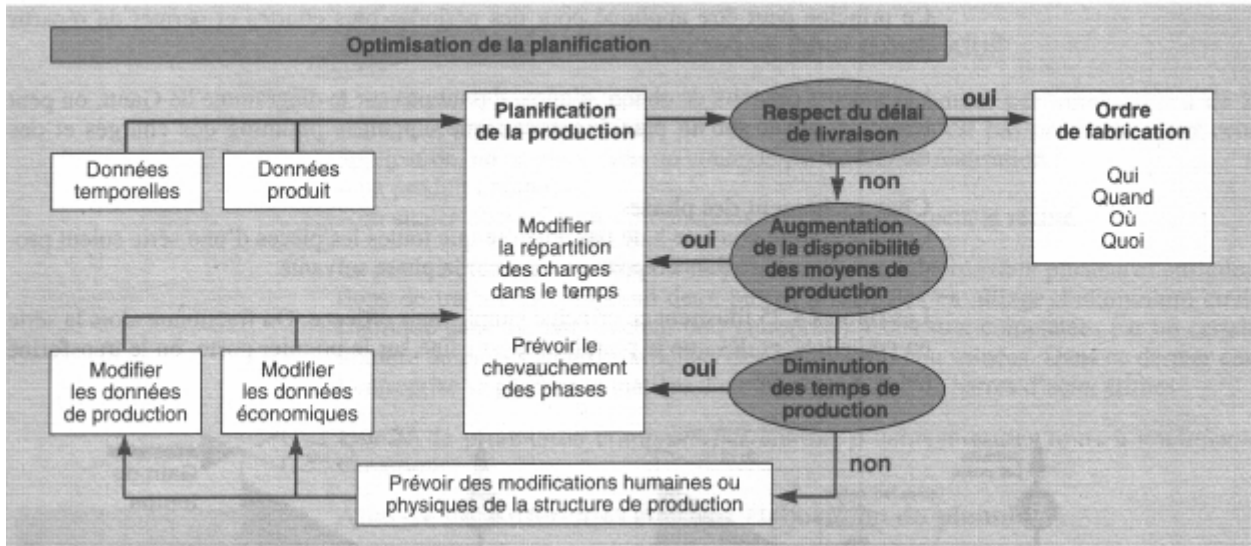


Figure 7.23: Optimisation du planning de production

### Optimisation du planning de production

C'est certainement la tâche la plus difficile du technicien d'ordonnancement. Elle consiste à établir le planning prévisionnel. Lorsqu'une nouvelle commande arrive à l'atelier, il faut l'insérer dans le programme de production déjà établi. Si les taux d'occupation des machines ne sont pas importants, on arrive, en général, à intégrer la nouvelle production en respectant les délais de livraison. Si ce n'est pas possible, on dispose des deux solutions suivantes (voir figure 7.23).

- **Augmenter les heures de production**

Par la prolongation du temps de travail (heures supplémentaires, embauches, travail en postes...), ou en utilisant de nouvelles machines. Ces deux voies ne s'improvisent pas et exigent l'accord préalable des décideurs et du personnel de l'entreprise.

- **Augmenter la disponibilité des moyens techniques de production**

Pour ce faire, il existe deux méthodes privilégiées, la répartition des charges et le chevauchement des phases.

#### Répartition des charges dans le temps

Elle consiste à répartir les usinages d'une fabrication de façon à occuper au mieux les postes de travail qui ne seraient pas chargés au maximum. Le technicien d'ordonnancement (voir paragraphe 7.23) doit donc connaître à tout moment l'état de charge des machines pour savoir s'il peut, ou non, récupérer du « temps machine ». Ce bilan est exprimé par la notion de taux de charge qui exprime le niveau de travail d'un poste. Pour une période donnée, c'est le quotient des heures de besoin sur les heures disponibles. Si ce taux est inférieur à 1, la machine est encore disponible, s'il est supérieur, la machine ne peut pas répondre à la demande. Il faut alors envisager de mettre en oeuvre un autre poste de travail ou de recourir aux heures supplémentaires.

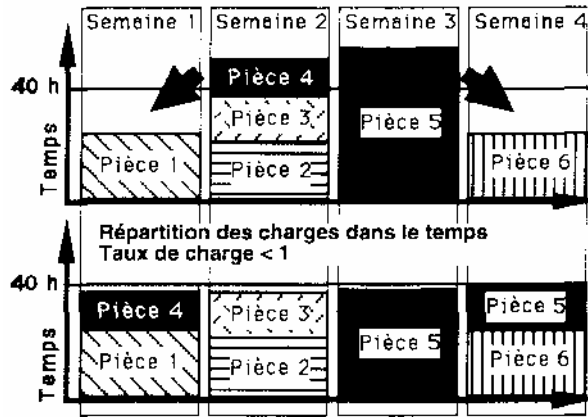


Figure 7.24: Exemples de taux de charge de machines.

La figure 7.24 illustre cette démarche et fait apparaître différents cas de taux de charge. Les semaines 2 et 3, les prévisions dépassent les capacités normales du poste de travail. Il faut donc choisir de reporter des opérations sur des périodes moins chargées comme les semaines 1 et 4. Ce principe peut être appliqué pour des périodes plus courtes et permet de répartir dans le temps les productions de l'atelier.

Les valeurs des taux de charge n'apparaissant pas sur le diagramme de Gantt, on peut les matérialiser sur un planning spécifique, appelé « planning des charges et des ressources ».

### Chevauchement des phases

Cette opération consiste à ne pas attendre que toutes les pièces d'une série soient produites à une phase donnée pour commencer la phase suivante.

Les figures 7.25 illustrent ce principe simple mais efficace. On fractionne alors la série en petits lots, et dès que le premier lot est usiné sur le premier poste, on le transforme sur le second, etc.

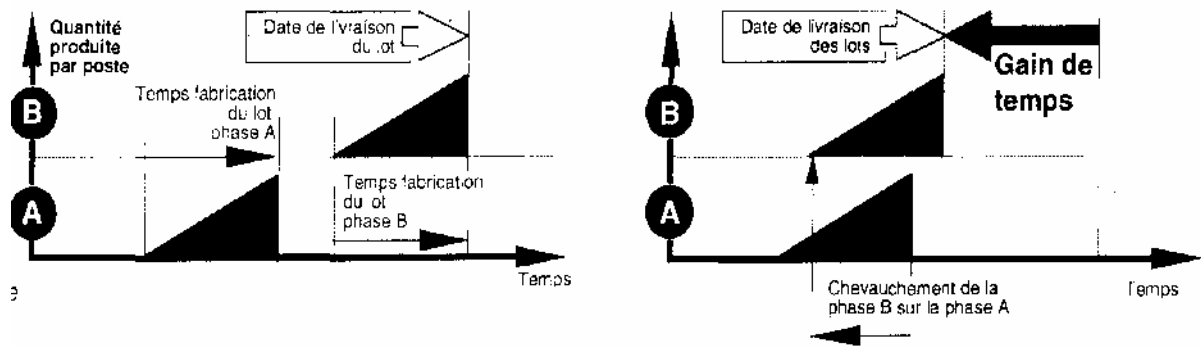


Figure 7.25: Principe du chevauchement des phases

### Lancement et suivi de fabrication

Ils consistent à organiser pratiquement la distribution des ordres de fabrication ainsi que le retour des informations en cours et en fin de production.

- **Lancement**

Il consiste à délivrer, au bon moment, les ordres de fabrication. Ceux-ci sont affectés des opérateurs



capables d'organiser leur environnement de travail (voir figure 7.26).

**• Suivi de production**

Il permet de récupérer les informations au cours et en fin de fabrication. L'analyse des aléas par le service de maintenance facilite l'organisation d'une politique de maintenance préventive par la recherche des causes de défaillance (figure 7.27).

<b>Ordre de fabrication</b>		OF n° 153
Secteur <i>Atelier 1</i>		
Machine <i>Poste 1</i>		
Pièce <i>P 1</i>		
Nb pièces	<i>N1</i>	Temps de réglage <i>Z1</i>
Réf gamme	<i>P 142. 02</i>	Date début <i>J +2, 8 h</i>
		Date fin <i>J +2, 18 h</i>

Figure 7.26: Principe d'un ordre de fabrication

<b>Suivi de production</b>						
Secteur <i>Atelier 1</i>			Machine <i>Poste 2</i>			
Dates	Pièces	Dates		Nb		Aléas
		Début	Fin	Total	Partiel	
<i>12/1/93</i>	<i>WX2Z</i>	<i>8 h</i>	<i>9h30</i>	<i>20</i>	<i>14</i>	<i>Panne machine</i>

Figure 7.27 : Exemple de document de suivi de production

**Exemple de planification pour un produit**

L'exemple qui suit se propose d'illustrer concrètement certaines étapes de la démarche précédente. L'étape de calcul des besoins n'est pas présentée. Pour cette application, on se place dans un contexte particulier de réalisation:

- un produit unique;
- un atelier libéré d'autres productions, ce qui est rarement la réalité.

Le produit étudié est un support de perceuse portative permettant plusieurs configurations de travail. Il comprend deux pièces principales en alliage d'aluminium coulé (fabriqué dans un autre secteur de l'entreprise). Elles sont complétées par un certain nombre de pièces annexes achetées (les composants) ou usinées. Dans ce dernier cas, l'entreprise se procure la matière d'oeuvre sous forme de barres d'acier étirées.

L'unité de production comporte des centres d'usinage et des tours à commande numérique.

## CHAPITRE 8 : ANALYSE DES DIFFERENTES ETAPES D'ELABORATION DU PLANNING

- **Présentation du produit**

La figure 8.29 présentera le porte- perceuse en situation ainsi que les différentes étapes de sa fabrication.

- **Etape 1 : nomenclature du porte- perceuse** (figure 8.30)

Cette nomenclature permet de trouver, à chaque niveau d'antériorité, les actions à mener pour permettre la fabrication du produit.

- **Etape 2 : organisation des phases et bilan des temps de fabrication** (figure 8.31)

La production étant organisée sur machines à commande numérique, le nombre de phases est réduit. Le bilan fait apparaître, pour chaque phase, le temps de préparation et le temps d'usinage d'une pièce. Le temps de préparation correspond ici au temps d'immobilisation de la machine avant et après chaque phase de réalisation d'un lot.

- **Etape 3 : temps de production** (figure 8.32)

Après une étude technico-économique non développée ici, on peut définir la taille des lots. Ici on choisit de fabriquer les pièces par lots de douze. Le bilan des temps de production présente, pour chaque lot, les temps d'approvisionnement et les temps de fabrication.

- **Etape 4 : planning prévisionnel de production** (figure 8.33)

Ce diagramme permet de cadencer le fonctionnement de l'atelier poste par poste et à chaque instant.

- **Etape 5 : planning des charges et des ressources** (figure 8.34)

Il indique les taux de charge des postes de travail tout au long d'une semaine, par exemple. Il facilite la tâche du technicien d'ordonnancement lorsqu'il doit intégrer une nouvelle production dans l'atelier.

- **Etape 6 : gestion des approvisionnements**

Cette étape permet de savoir à quelles dates il faut envoyer les commandes de fournitures, de composants et de matières premières. Ces envois tiennent compte de la politique de gestion des stocks et des accords commerciaux passés avec les fournisseurs et sous-traitants.

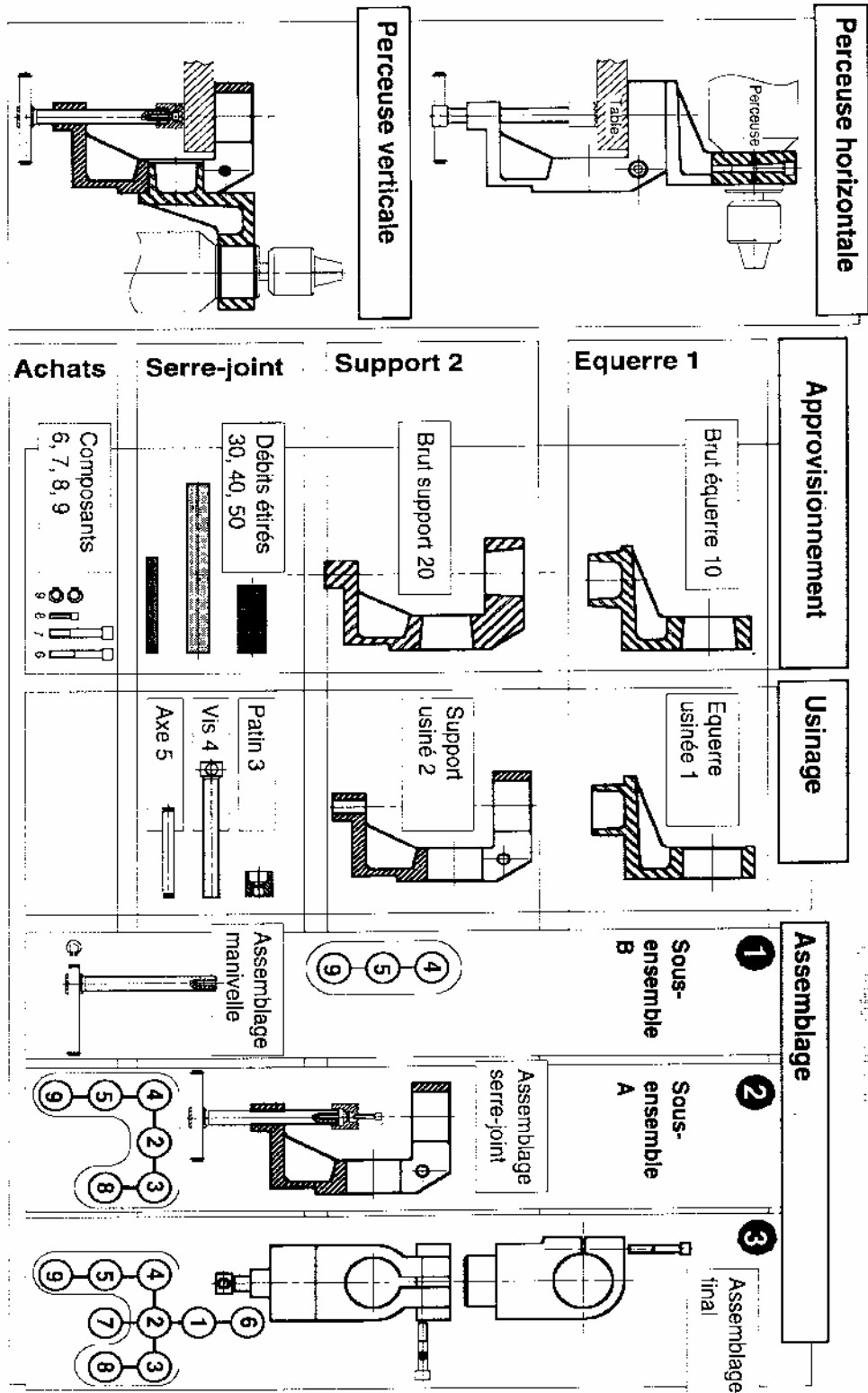


Fig.8.29.Porte-perceuse en situation et présentation des pièces et composantes associées

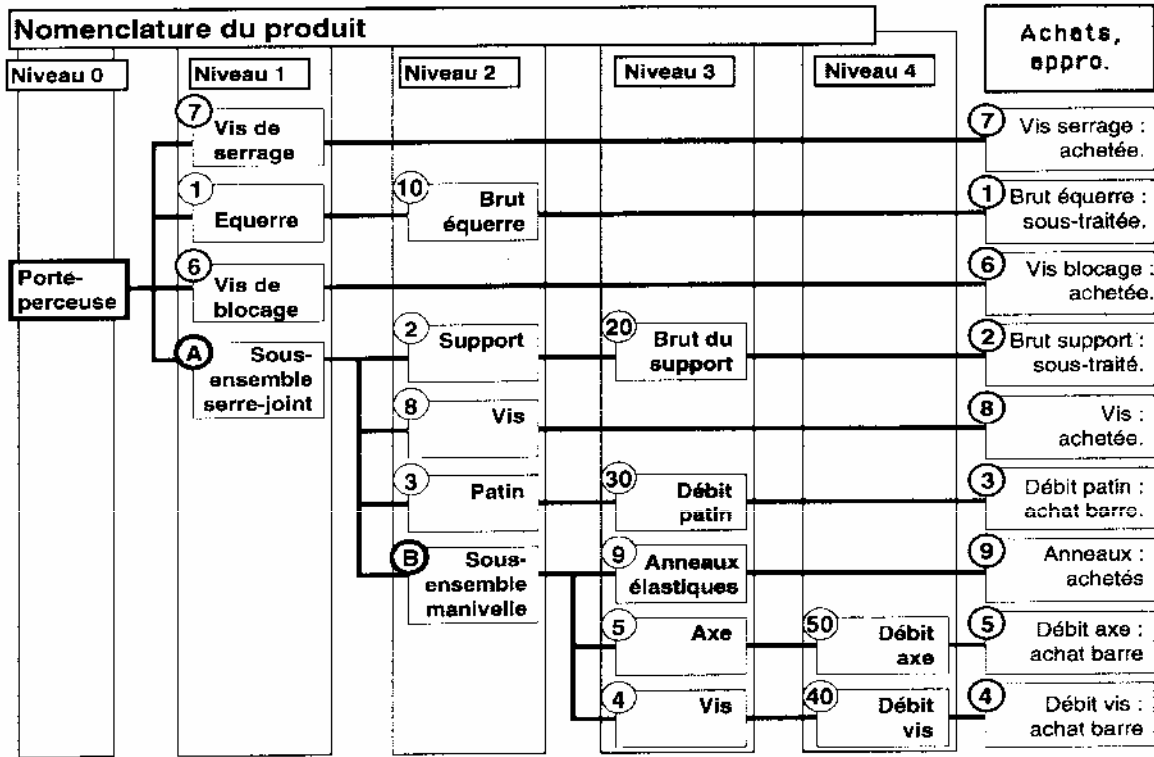


Fig. 8.30

**Temps de fabrication**

Pièces usinées	Phase 10		Phase 20		Phase 30	
	Prép.	Réal.	Prép.	Réal.	Prép.	Réal.
Equerre 1	Centre Horizontal					
	2 h	10'				
Support 2	Centre Horizontal					
	2 h	20'				
Patin 3	Scie		Tour CN		Tour CN	
	0,5 h	1'	1 h	3'	1 h	2'
Vis de serrage 4	Scie		Tour CN			
	0,5 h	1'	1 h	4'		
Axe 5	Scie		Tour CN			
	0,5 h	1'	1 h	4'		

**Délais d'obtention par lot**

Pièces, composants, sous-ensembles	Appro. bruts et débits	Usinage d'un lot		Assemblage, montage		Sous-traitance, traitements thermiques
		Lot	Pièce Lot	Pièce Lot	Lot	
Lot de 12	Lot					
Porte perceuse				5'	1 h	
Equerre	5 j	20'	4 h			
Serre-joint A				5'	1 h	
Support	5 j	10'	2 h			
Manivelle B				5'	1 h	
Patin 3	3 j	5'	1 h			
Vis 4	3 j	5'	1 h			
Axe 5	3 j	5'	1 h			
Vis 6,7,8	2 j					
Anneaux 9	20 j					

Fig. 8.31 : Organisation des phases par pièces

Fig. 8.32: Bilan des temps de production par pièce

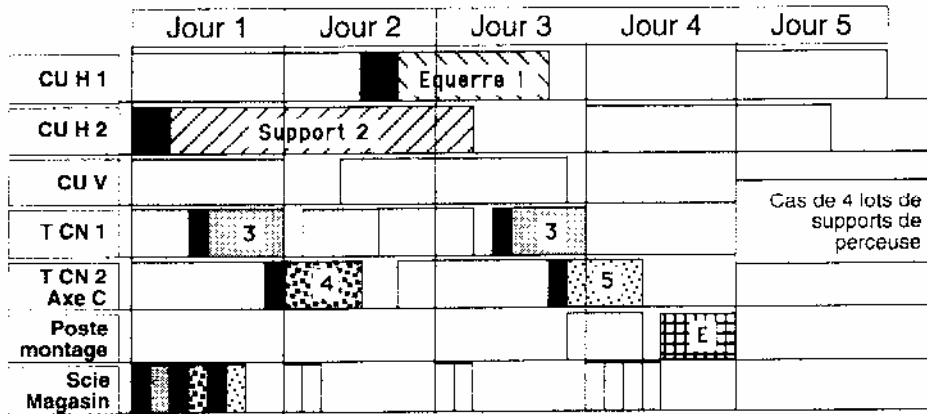


Figure 8.33: Planning prévisionnel intégrant la fabrication du porte-perceuse dans un atelier déjà chargé

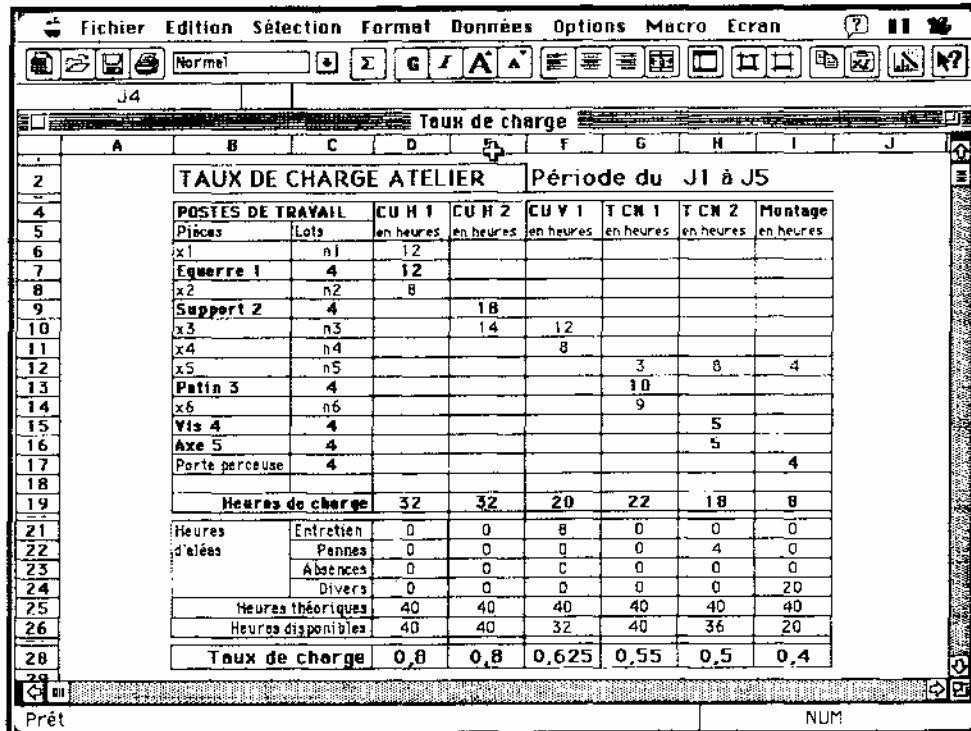


Figure 8.34: Planning des charges et des ressources de l'atelier sur une période de cinq jours

### Stratégies industrielles de gestion de production

On se limite, dans cet ouvrage, aux principes et spécificités des stratégies MRP et Kanban.

## 8.1. PRODUCTION SUR PREVISIONS: LA GESTION MRP

Ce type de mode de gestion a été mis au point aux Etats-Unis sous le nom de *Materials Requirements Planning* (MRP). Depuis, en France, on l'a aussi appelé Management des Ressources de Production. Il est utilisé dans les entreprises fabriquant des produits compliqués et à grande échelle.

Il s'agit d'anticiper les demandes réelles des clients et de produire avec les stocks les plus faibles possibles. Ce mode de gestion est basé sur les prévisions des services commerciaux. A partir d'analyses des ventes antérieures et d'études prospectives, ces services prévoient un calendrier des ventes des différents produits de l'entreprise.

A partir de ce calendrier, l'entreprise rédige un plan directeur de production, prévoyant sur le long terme ses objectifs de production. Ce plan directeur se traduit, au niveau du site de production, en un programme directeur de production. Ce programme explicite sur le moyen terme (il est réactualisé plusieurs fois par an) les objectifs du plan directeur, il tient compte des possibilités de production du site et des stocks en cours.

Enfin, à très court terme, l'organisation locale de l'atelier permet d'atteindre les objectifs du programme -directeur. On retrouve alors un mode de fonctionnement classique de type planification d'atelier. Lorsque les produits sont compliqués, l'informatique aide grandement à actualiser les données, à modifier les plannings de production et à éditer les ordres de fabrication.

La figure 8.35 illustre les principales étapes d'une gestion de type MRP et indique les actions à long, moyen et court terme. Ce mode de gestion peut paraître lourd et complexe mais en pratique il évolue avec chaque nouvelle analyse commerciale.

Un système de contrôle d'exécution et de suivi sur le terrain permet de réguler en faisant remonter les informations au niveau des programmes de production et du plan directeur. Comme dans le cas de l'ordonnancement d'atelier, un système de type MRP ne sera efficace que si les informations collectées sont fiables, ce qui n'est possible que si le personnel concerné est compétent et conscient de ses responsabilités.

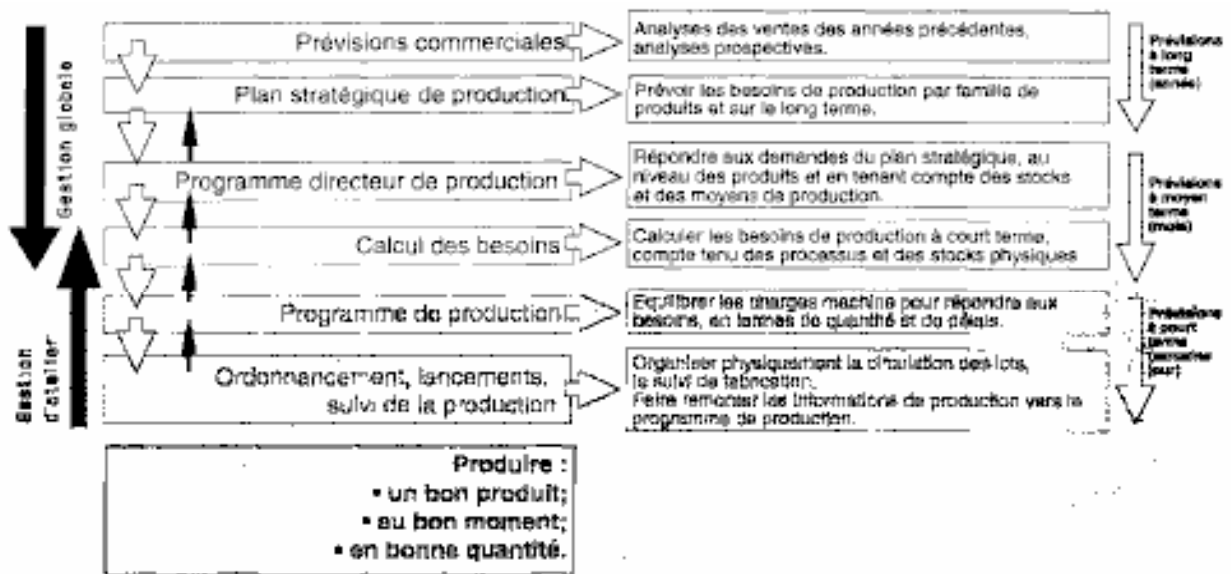


Figure 8.35: Principe du système de gestion MRP

## 8.2. PRODUCTION PAR LA DEMANDE : LE SYSTEME KANBAN

Cette méthode, apparue au Japon après la Seconde Guerre mondiale, tire son nom du mot « étiquette », qui se dit **kanban** en japonais. Elle est basée sur une logique inverse à celle de la gestion prévisionnelle. C'est à partir de la demande du client que l'on déclenche et que l'on régule le processus de fabrication.

### Principes et objectifs du Kanban

La figure 8.36 présente le principe de circulation des flux de pièces et d'informations entre deux postes successifs d'un processus. Après avoir défini la taille des lots de produits à fabriquer (en fonction de critères technico - économiques non présentés dans cet ouvrage), le responsable de fabrication met en service des containers recevant ces lots aux différentes étapes de leur production. En fonction de la quantité de pièces à produire, il définit le nombre de ces containers qui vont circuler d'un poste à l'autre. Il n'y a donc production que s'il y a besoin, au moment où ce besoin apparaît. Ceci évite les surproductions lorsqu'une machine est en panne et que les postes amont, prisonniers de leurs prévisions de productions, continuent de l'alimenter. Ce mode de gestion est fondamentalement différent du mode prévisionnel présenté auparavant. Il s'applique facilement aux produits simples, composés de phases de fabrication stables et courtes, lorsque ces produits ont un délai de fabrication court.

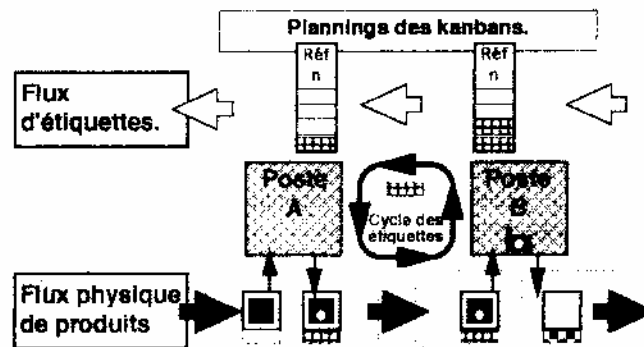


Figure 8.36: Le principe du système Kanban

### Mise en oeuvre du Kanban

C'est le dernier poste d'un processus qui reçoit les commandes de produits. Il commence alors sa production et demande au poste qui le précède de lui livrer la quantité nécessaire pour fabriquer. L'avant-dernier poste répond à cette demande et s'adresse à son tour au poste qui l'alimente pour recevoir sa matière d'oeuvre. Et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les postes aient produit les quantités nécessaires à la livraison attendue et, si cela est prévu, à la constitution d'une réserve minimale.

On ne produit donc que la quantité demandée, au moment demandé, sans surplus et sans stocks intermédiaires importants.

De plus, la mise en oeuvre de cette méthode fait apparaître tous les points faibles de l'atelier (maintenance, capacité des machines, maîtrise des processus, etc.), ce qui permet de les améliorer et d'augmenter l'efficacité et la productivité.

Sa souplesse et sa simplicité d'utilisation (plus d'ordres de fabrication, par exemple) permet d'envisager de produire de manière rentable des petites séries; ce qui est souvent incompatible, au niveau économique, avec les modes de gestion prévisionnels.

Enfin, le dernier avantage concerne les hommes qui vivent dans cette logique de production. Ils deviennent acteurs et responsables de ce qu'ils demandent, de ce qu'ils fabriquent et livrent; ce qui influe directement sur le niveau de qualité totale de l'entreprise.

Cette méthode présente donc des avantages, d'autant qu'elle est très simple à mettre en oeuvre. Enfin, elle est bien « connectable » à un système de type MRR. Le cas le plus fréquent est la production des composants de base gérée par système de type MRP et l'assemblage de ces composants en produits adaptés aux clients géré avec un système Kanban (voir figure 8.37).

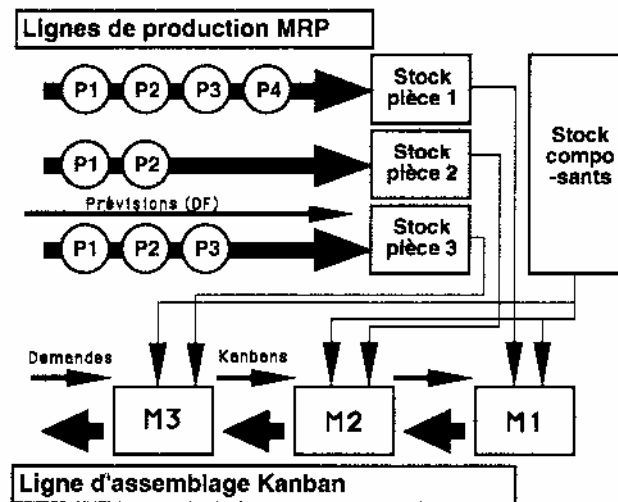
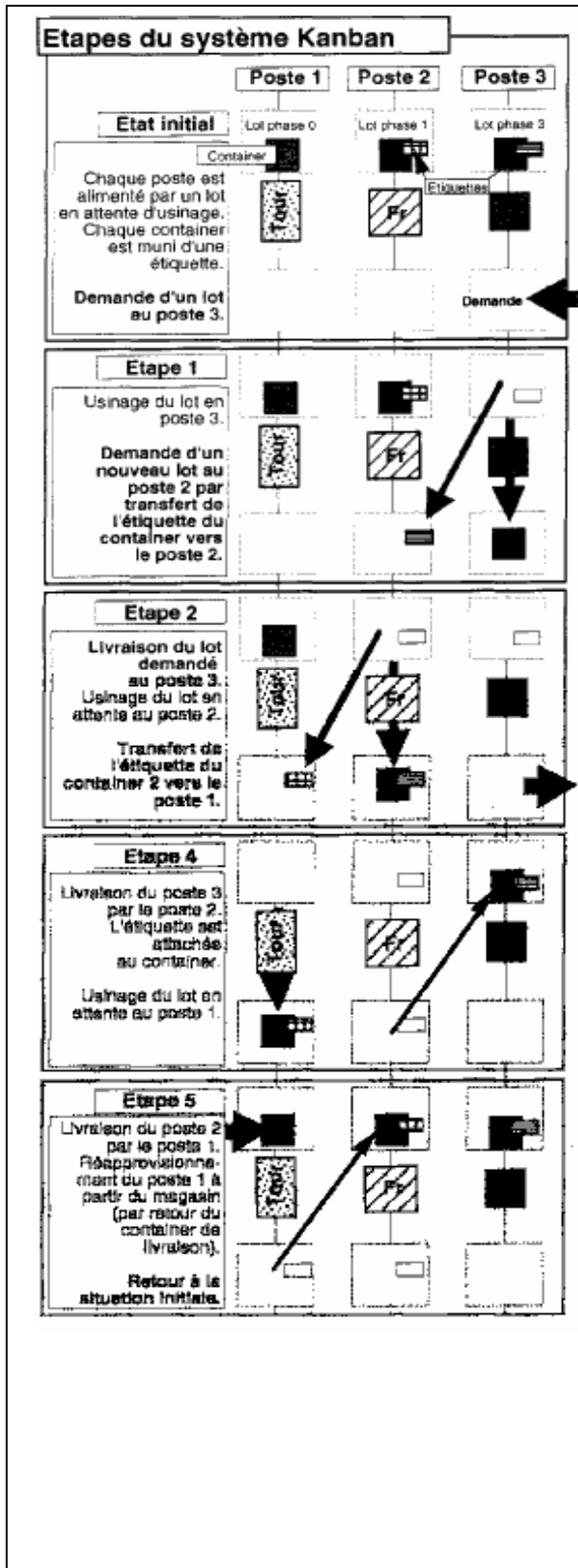


Figure 8.37: La convivialité MRP – Kanban





### Fonctionnement du système Kanban

La figure ci-contre illustre le principe du fonctionnement, étape après étape, de ce mode d'organisation. Afin de faciliter la compréhension du principe, on ne tient pas compte des valeurs de stocks minimum. On se place dans une configuration où chaque poste est en attente de travail avec un lot de pièces en attente d'usinage.

Une étiquette (le **kanban**) est attachée à chaque container. Lorsqu'un poste reçoit un container plein et son étiquette, s'il sait qu'il a besoin d'un autre container pour continuer son travail, il détache l'étiquette et la renvoie au poste précédent. Lorsque le technicien de ce poste reçoit cette étiquette, il la considère comme une commande et se met à produire de quoi livrer un nouveau container. Au moment de cette livraison, il attachera l'étiquette au container, l'ensemble étant amené au poste qui l'attend. Tant que le container n'est pas utilisé, son étiquette n'est pas renvoyée au poste amont. La figure ci-dessous montre un exemple d'étiquette attachée à un lot.

Si le poste suivant est trop éloigné, il faut passer par un moyen de transport. L'échange d'étiquettes se fait alors entre le poste d'usinage et un poste intermédiaire, incluant le stockage et le déplacement des containers. On parle alors de Kanban de transfert.

La difficulté de ce principe réside dans le calcul de la taille des lots par container et du nombre de containers à prévoir. Des formules empiriques existent, mais seule l'expérience permet d'ajuster ces quantités. Dans certains cas, les containers portent la demande en eux – même (couleur correspondant à une pièce, formes internes définissant la taille du lot, empilages de containers matérialisant directement les états de stocks et de demandes, etc.).

**Etiquette Kanban**

<b>Dates et délais de livraison</b>	<b>Référence du lieu de stockage</b>	<b>Références destinataire</b>
<b>Nb de livraisons par jour</b>	<b>Nb de pièces dans le container</b>	<b>Code étiquette</b>
<b>Références fournisseur</b>	<b>Référence pièce, code</b>	<b>Références et code lieu de livraison</b>

