

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*

*RÉSUMÉ THÉORIQUE*  
&  
*GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES*

<b>MODULE</b> N° 13	<b>ORGANISATION ET</b> <b>PLANIFICATION DES TACHES</b>
------------------------	---

*Secteur : CONSTRUCTION METALLIQUE*

*Spécialité : TCM*

*Niveau : TECHNICIEN*

**ORGANISATION ET PLANIFICATION DES TACHES**

**Document élaboré par :**

*L'Equipe du CDC GM –Pôle CM*

**Révision linguistique**

- 
- 
- 

**Validation**

- 
- 
- 

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme

DRIF

## MODULE 9 : ORGANISATION ET PLANIFICATION DES TACHES

Code : Théorie : 37 % 22 h

Durée : 60 heures Travaux pratiques : 58 % 35 h

Responsabilité : D'établissement Évaluation : 5 % 3 h

### OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

#### COMPETENCE

- **Maîtriser les méthodes d'organisation et planification des tâches**

#### PRESENTATION

Ce module de compétence générale est situé tout au long du parcours de formation. En parallèle de ce module les stagiaires suivront les modules suivants : « élaboration des gammes de fabrication et de montage », « préparation, fabrication et assemblage d'éléments de construction métallique ».

Ce module est préalable aux opérations de fabrication...

#### DESCRIPTION

L'objectif du module est de faire acquérir les connaissances nécessaires à l'organisation et planification des tâches liées à la production et fabrication d'éléments de construction métallique

## CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT

Favoriser des exercices pratiques basés sur des dossiers de fabrication, des consignes et directives.

La documentation doit être disponible et il est important de faire le lien entre les dossiers de fabrication et la production.

## CONDITIONS D'ÉVALUATION

~~Travail individuel ou en groupe.~~

### **A partir de :**

planning de fabrication (d'atelier)  
un cahier des charges (délais, plans...)  
Documents et ressources disponibles

### **A l'aide de :**

Documents standardisés (doc. Interne)  
Diagrammes, abaques et formulaires  
Outils informatiques

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
1 Définir les modes de planification 2 Interpréter un planning 3 Décrire l'importance de la planification A. Mettre au point et gérer des plannings de charges d'atelier	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les outils de planification (manuel et informatique)</li> <li>- les différentes phases</li> <li>- suivi des différentes étapes (indicateur)</li> </ul>
4 Définir l'importance des stocks 5 Utiliser les indicateurs de niveau des stocks 6 Déterminer les coûts liés à la possession et au réapprovisionnement 7 Définir le délai et la quantité de réapprovisionnement B. Gestion des stocks	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coûts, délai...</li> <li>- méthode de suivi des stocks</li> <li>- connaissance des prix marché</li> <li>- suivi des plannings de production (gestion des stocks...)</li> </ul>
8 Maîtriser la terminologie 9 Calculer des coûts et définir les délais 10 Maîtriser les différentes méthodes de planification C. Ordonnancer, calculer et optimiser les coûts et délais d'un projet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vocabulaire et termes techniques</li> <li>- devis, préparation...</li> <li>- kanban, juste à temps, flux tendu...</li> </ul>
11 Définir les critères de gestion de production 12 Connaître les documents de suivi de production 13 Identifier les différents modes de gestion de production (principe) D. Établir et gérer un planning de production	<ul style="list-style-type: none"> <li>- capacité de production (machine outils)</li> <li>- temps appartit</li> <li>- main d'œuvre</li> <li>- procédures internes et clients</li> <li>- kanban, flux vendu...</li> </ul>

# L'« Ordonnancement »

## 1.1 ORDONNANCEMENT D'ATELIER

### 1.1.1 Objectifs de l'ordonnancement

L'ordonnancement d'atelier couvre un ensemble d'actions qui transforment les décisions de fabrication définies par le programme directeur de production en instructions d'exécution détaillées destinées à piloter et contrôler à court terme l'activité des postes : travail dans l'atelier.

La fonction ordonnancement d'atelier peut être décomposée en trois sous-fonctions :

une sous-fonction « Élaboration des OF » : cette tâche consiste à transformer les informations du programme directeur de production (suggestions de fabrication) en OF (Ordres de Fabrication) ;

une sous-fonction « Élaboration du planning d'atelier » : cette tâche consiste, en fonction de ces ordres de fabrication et de la disponibilité des ressources consommables (matières premières, composants) et partageables (postes de travail), à déterminer le calendrier prévisionnel de fabrication (cela revient à transformer les prévisions de fabrication à court terme en ordres d'exécution à très court terme); une sous-fonction « Lancement-Suivi » : cette tâche consiste à :

- distribuer aux postes de travail les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications (lancement en fabrication);

- suivre l'exécution des fabrications (suivi de production).

Ces trois sous-fonctions s'enchaînent de la manière suivante :

Remarque : Dans ce chapitre, plusieurs affirmations pourront paraître être des évidences mais fort est de constater que dans bon nombre de PME, ces évidences sont loin d'être mises en place.

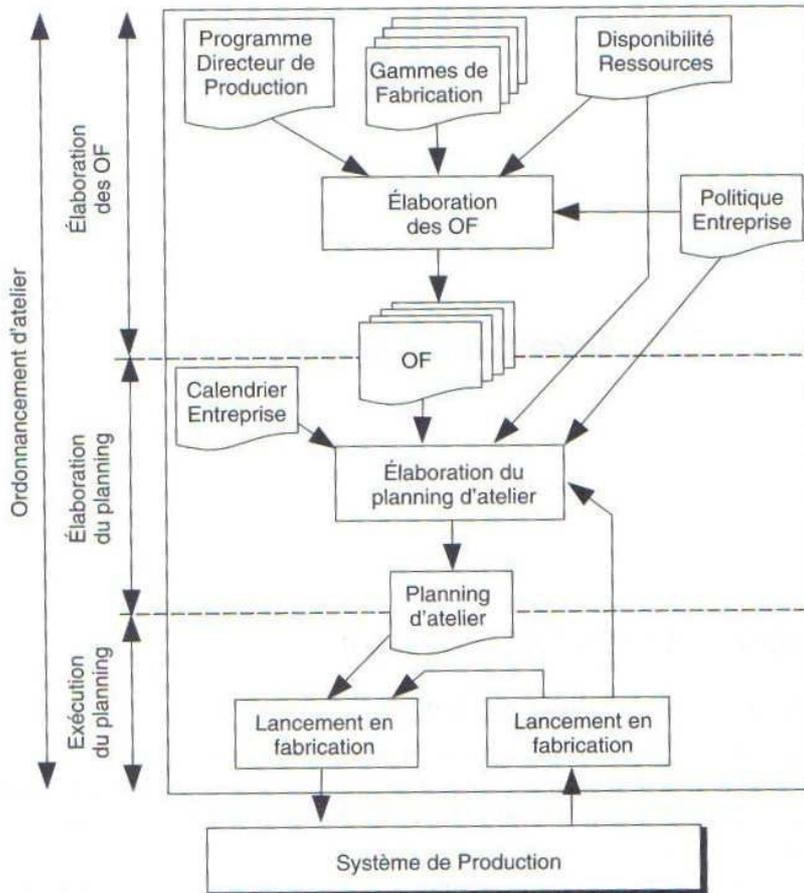


Figure 7.1 La fonction Ordonnancement.

### 1.1.2 Types d'ordonnancement

#### a) Pilotage de la production

L'objectif final de l'ordonnancement est avant tout de piloter la production de l'entreprise. Ce pilotage peut être :

- **Centralisé**, dans ce cas, il est réalisé par la fonction ordonnancement de l'entreprise, j
- **Décentralisé**, dans ce cas, il est réalisé au pied de chaque poste de travail.

#### b) Ordonnancement centralisé

Dans le cas d'un ordonnancement centralisé, qui correspond au type le plus répandu I dans les entreprises, la structure de fonctionnement correspond à la figure précédente. Cette solution a l'avantage de proposer un planning d'atelier très complet mais a l'inconvénient de centraliser la prise de décision.

#### c) Ordonnancement décentralisé

Dans un ordonnancement décentralisé, ou local, la décision est prise en fonction d'informations sur les lots en attente devant un poste de charge sans avoir à considérer la situation des autres files d'attente. Cette solution a l'avantage de réduire, quelquefois, les délais de réalisation mais a l'inconvénient de ne pas régler le problème de la gestion des capacités des postes et de ne pas fournir un planning d'atelier de synthèse.

## 1.2 ÉLABORATION DES ORDRES DE FABRICATION (OF)

Définition. Un OF est un document, ou ensemble de documents, qui donne ordre de fabriquer des pièces, ou produits, spécifiés dans des quantités données pour une date donnée. Dans certains cas, cet OF est matérialisé par le Dossier de Fabrication.

**Remarque :** Il est important de noter qu'un OF n'est pas une gamme opératoire mais un OF est élaboré à partir de ces gammes. Nous pouvons constater de nombreux dysfonctionnements en ordonnancement lorsque cette confusion est faite dans l'entreprise.

### 1.2.1 Élaboration des OF

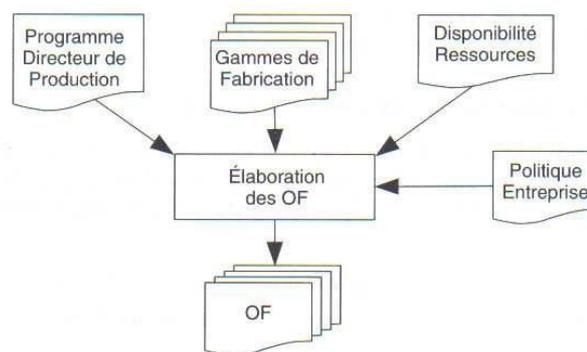


Figure 7.2 Élaboration des OF.

Chaque suggestion d'OF du Programme Directeur de Production est transformé en OF. En fonction de la politique de l'entreprise (priorité au délai, priorité aux coûts, priorité à l'utilisation de certains moyens...), des quantités à fabriquer, des dates de mise à disposition prévisionnelles et des ressources disponibles il est indispensable de définir deux informations importantes :

- la taille des lots de fabrication et de transfert;
- le processus de réalisation à adopter.

### 1.2.2 Détermination du lot de fabrication

Le lot de fabrication représente la quantité de pièces lancées en fabrication en une : fois. Compte tenu de la valeur des suggestions d'OF, il est possible :

- d'éclater un lot suggéré en plusieurs lots de fabrication lorsque celui-ci est important;
- de regrouper plusieurs petits lots suggérés d'une même pièce afin de minimiser ] effets de lancement en fabrication.

Le lot de transfert représente la quantité de pièces transportées d'un poste de charaj à un autre au cours de la fabrication des produits. Ce lot peut être :

- égal au lot de fabrication ;
- plus petit que le lot de fabrication. Dans ce cas, on dit qu'il y a recouvrement opérations de fabrication.

La notion de petit ou de grand lot varie suivant l'entreprise. Un lot de 10 pièces rxu une entreprise fabriquant des produits à la commande avec un cycle de production 6 mois à un an sera considéré comme un lot important, alors que pour une entreprise travaillant à la commande avec un cycle de production de 15 jours, ce même lot considéré comme très petit. Pour avoir un ordre de grandeur, très discutable compte tenu de ce qu'il vient d'être dit, nous

considérons que, pour la plupart des entreprises travaillant sur stock, un lot :

- de 1 à 500 sera un petit lot;
- de 500 à 5 000 sera un lot moyen ;
- au delà de 5 000 sera un lot important.

### 1.2.3 Détermination du processus de réalisation

C'est à ce stade que l'on choisit le processus de réalisation à adopter pour cet OF en fonction des gammes opératoires possibles (principales et de substitution), de la disponibilité des ressources et du lot de fabrication. Ce choix s'effectue grâce à un graphe de ce I

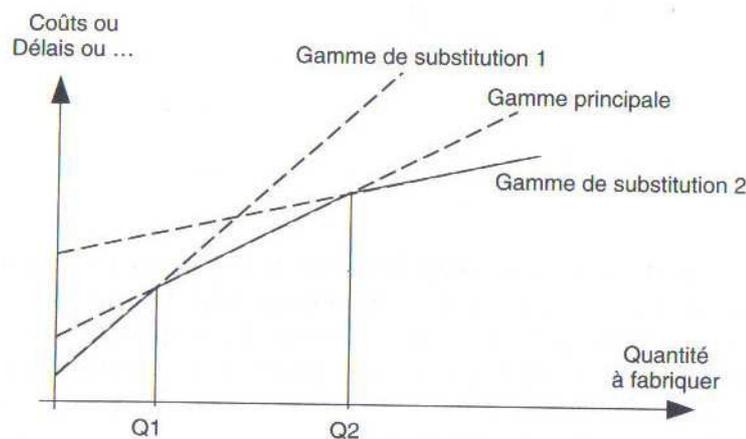


Figure 7.3 Graphe de choix de gamme.

Dans l'exemple ci-dessus, la fonction méthodes a défini trois gammes opératoires pour réaliser le même produit :

- une gamme principale pour les quantités couramment réalisées dans l'entreprise;
- une gamme de substitution 1 pour les petites quantités à fabriquer;
- une gamme de substitution 2 pour les grandes quantités.

Une analyse du critère, induit de la politique de l'entreprise (coût, délai...), nous montre que l'on doit choisir la gamme principale pour le domaine des quantités qui est compris entre  $Q_1$  et  $Q_2$ , la gamme de substitution 1 pour les quantités inférieures à  $Q_1$  et la gamme de substitution 2 pour les quantités supérieures à  $Q_2$ . En fonction de la quantité qui sera à réaliser pour cet OF, nous choisirons donc le processus le mieux adapté à la politique de l'entreprise.

### 1.2.4 Autres informations

A ce stade sont également déterminés :

- la liste des produits à servir sous forme de Bons de Sortie Matière (BSM) qui permettra de sortir les matières premières et composants du magasin;
- le compte d'imputation qui permettra de calculer le coût de revient de l'OF.

## 1.3 REPRÉSENTATION GANTT

### 1.3.1 Règles de représentation

Un planning GANTT se représente dans un plan orthonormé dans lequel : Les moyens sont représentés sur l'axe des ordonnées :

- soit par ordre alphabétique des moyens ;
- soit regroupés par section, centre de charge ou atelier. Le temps est représenté en abscisse : l- soit à partir de 0;
- soit suivant le calendrier d'ouverture de l'entreprise.

Chaque phase d'OF est représentée par un segment de longueur proportionnelle à la durée.

### 1.3.2 Le planning est un vecteur de communication

Un planning GANTT est un vecteur de communication :

- vis-à-vis des cadres de l'entreprise (responsables de production, chefs d'équipe...) pour montrer la véritable activité des ateliers;
- vis-à-vis des opérateurs pour donner les informations sur la réalisation des produits.

**Le planning doit donc être propre, clair et porter toutes les informations utiles à sa compréhension**

Pour cela, il est recommandé de noter au-dessus de chaque segment la référence de j phase concernée [ex : OFx (cpI0) ou OFx-10] et au dessous de chaque segment unités de temps de début et de fin de réalisation de la phase.

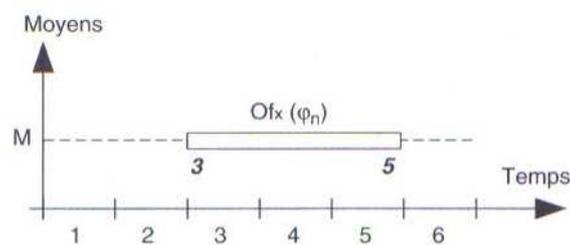


Figure 7.4 Principe de représentation GANTT.

Dans le planning ci-dessus est représenté la phase n de l'OFx de durée trois unités < temps et placé dans l'axe des temps entre les unités 3 et 5 pour le moyen M.

## 1.4 ÉLABORATION D'UN PLANNING

### 1.4.1 Jalonnement

#### a) Définition

Le jalonnement des fabrications consiste à élaborer le planning général d'atelier en plaçant chronologiquement dans le temps, pour chaque moyen concerné, les phases d'une ' gamme de fabrication.

À ce stade, nous ne tenons compte que des délais sans prendre en compte les capacités (nous réalisons un ordonnancement à capacité infinie).

Toutefois il est déjà possible de lancer dans cette fonction des sous-traitances en cas d'absence de moyens ou de saturation déjà connue.

#### b) Exemple de jalonnements

De façon à mieux comprendre

le problème du jalonnement, raisonnons sur un exemple.

Soit 1 OF défini comme ci-joint (la machine M3 sera considérée comme machine goulot).

Le temps inter-opérateur peut être estimé à 1 heure.

OFx		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	M1	3,0
20	M3	1,5
30	M2	2,0

#### Jalonnement au plus tôt

Dans un placement au plus tôt, nous plaçons les fabrications dans l'ordre chronologique des phases de chaque gamme à partir de la date du jour, ou de référence.

Cette technique permet de vérifier s'il est possible de tenir les délais de fabrication annoncés, en supposant qu'il n'y ait pas de problème de fabrication.

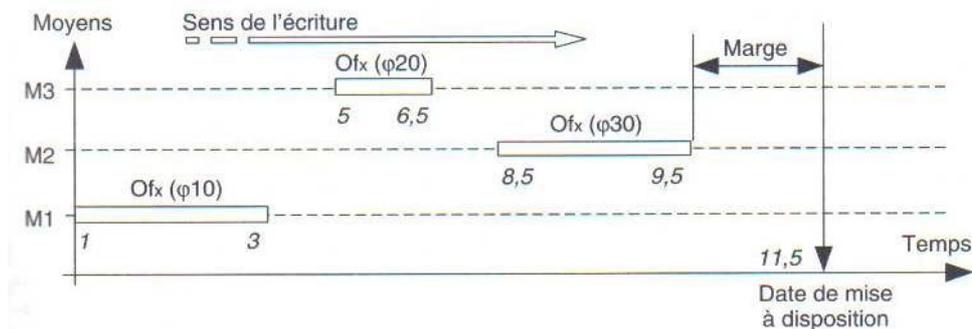
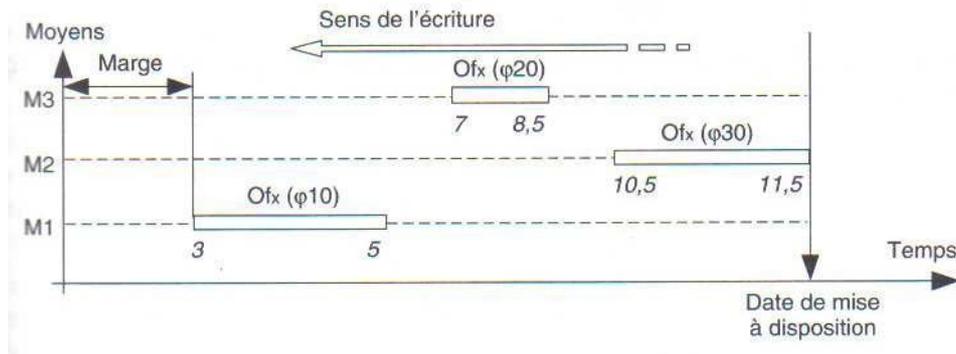


Figure 7.5 Exemple de jalonnement au plus tôt.

#### Jalonnement au plus tard

Dans un placement au plus tard, nous plaçons les fabrications dans l'ordre décroissant > phases à partir de leur date de mise à disposition.



**Figure 7.6** Exemple de jalonnement au plus tard.

**Si les délais ont été sous-dimensionnés, il est possible de remonter au-delà de la date du jour et dans ce cas, pour cette fabrication, nous sommes obligés de refaire un placement au plus tôt et de négocier une nouvelle date de livraison.**

Jalonnement à partir des machines goulots

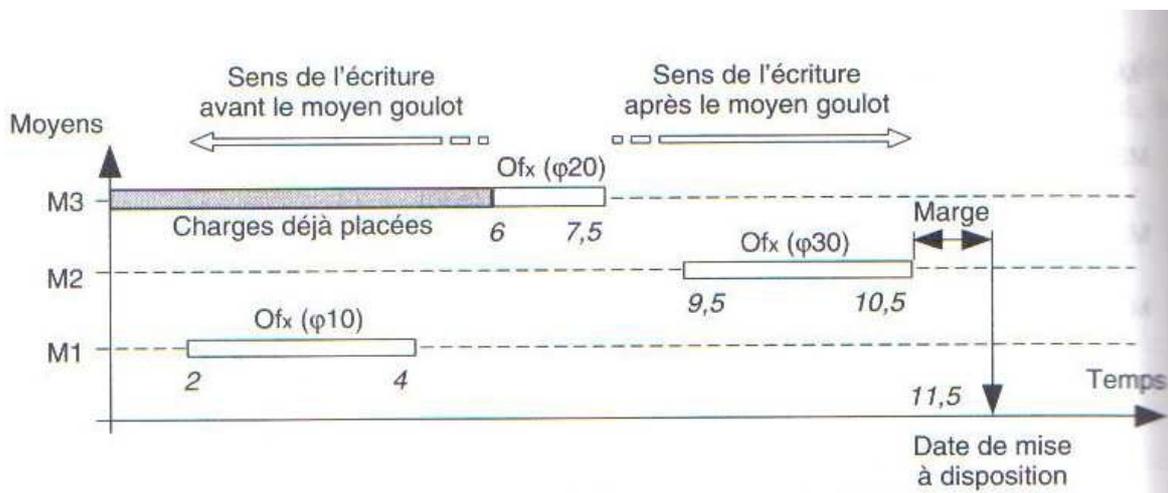
Lorsque quelques moyens de l'entreprise sont considérés comme goulot :

moyen économiquement onéreux : complexe d'usinage, machine spéciale, moyen à • iux d'amortissement élevé;

moyen de capacité inférieure ou égale à la charge moyenne habituelle;

moyen n'existant qu'en un seul exemplaire. Il est nécessaire de leur porter une attention toute particulière dans l'élaboration du planning.

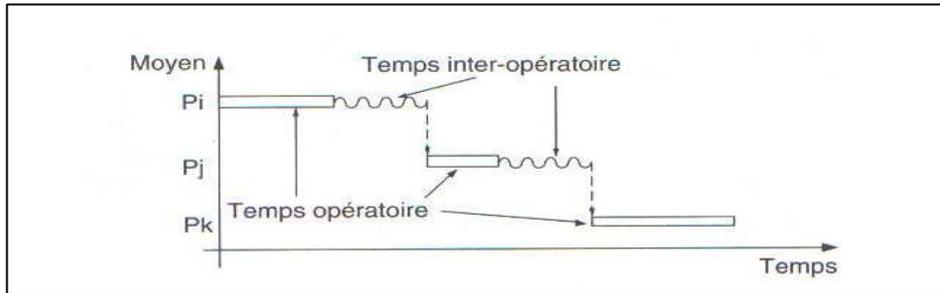
Dans ce cas, on place en priorité, au plus tôt ou au plus tard, les phases qui sont réalisées sur ces moyens (dans notre exemple, la machine M3) et on place ensuite, les phases en amont au plus tard et celles en aval au plus tôt.



### C) Prise en compte des temps inter-opérateur

Temps inter-opérateurs dans un planning « GANTT »

On ajoute, artificiellement, la valeur du temps opératoire à la fin de la phase qui pr pour déterminer le début de la



phase suivante.

**Figure 7.8 Temps inter-opérateurs dans un planning « GANTT ».**

**Remarque :** Ces temps ne doivent pas être matérialisés sur le planning, c'est le décalage des phases qui les matérialise.

Temps inter-opérateurs dans un planning en « T »

Ce type de planning est utilisé le plus souvent pour des lancements par phase en début de période.

Prise en compte dans l'élaboration du planning

pour placer une phase i dans le planning, on calcul sa date de lancement possible Modulo l'unité de temps d'ordonnement.

Soit une entreprise planifiant ses fabrications sur un planning en « T » dont l'unité de planification est la semaine (35 h) et dont le temps inter-opérateur est de 3 jours (soit 24 heures). Établir la planification de la gamme X :

Gamme X		
Phase	Moyen	Temps (h)
10	P1	25
20	P2	10

Si le temps inter-opérateur correspond à 3 jours, soit 24 heures, le temps réel d'exécution de la phase 10 sera de 49 heures. L'unité de planification étant la semaine, on ne pourra lancer la phase 20 que 2 unités de temps après le lancement de la phase 10.

	...	$T_1$	$t_{1+1}$	$T_{1+2}$	
P1		X-10-25h			
P2				X-20-10h	

Problèmes liés au temps inter-opérateur

Dans ce type de planning, le temps minimum d'exécution d'une fabrication de n phases de n unités de temps d'ordonnement à condition que la durée opératoire de chaque phase soit inférieure à l'unité de planification moins la durée des temps inter-opérateurs. Dans notre exemple, la gamme X aurait pu être exécutée en 2 semaines si le temps d'exécution de chaque phase avait été inférieur à 11 heures (35 - 24),

Il est important d'estimer de façon réaliste ces temps inter-opérateurs car :

si ce temps est surévalué, on remarque une augmentation importante des délais entraînant de fait une augmentation des immobilisations financières;

si ce temps est sous-évalué, on risque de générer des retards de disponibilité intermédiaire des fabrications entraînant une désorganisation de l'ordonnement.

Le cercle vicieux d'un temps inter-opérateur trop long

Pour une bonne utilisation des moyens, nous serons conduits à planifier d'autre fabrication dans une unité de temps d'ordonnement, c'est-à-dire augmenter les encours. Ayant à traiter plus de phases, les temps administratifs risquent d'augmentant ainsi les temps inter-opérateurs. Il faut donc être très vigilant sur ces temps car cela pourrait se traduire par l'adage suivant :

Plus on est mauvais, plus on tend à l'être encore plus. Il est donc nécessaire de chercher sans cesse à s'améliorer.

#### 1.4.2 Élaboration d'un planning pour atelier à débit de produit

Cette élaboration correspond à l'ordonnement de fabrication de N phases mettant en jeu M moyen utilisés en séquentiel.

Algorithme de Johnson

Cette technique ne s'applique uniquement que lorsque  $N = M = 2$ .

Selon les ouvrages traitant de ce problème, plusieurs algorithmes différents portent le nom d'algorithme de Johnson. Nous allons les étudier en s'aidant d'un exemple :

Étant donné quatre OF (P1, P2, P3, P4) réalisés en passant successivement sur les postes de charge M1 et M2.

P1			P2			P3			P4		
Phase	Moyen	Temps									
10	M1	2	10	M1	9	10	M1	10	10	M1	5
20	M2	7	20	M2	3	20	M2	12	20	M2	4

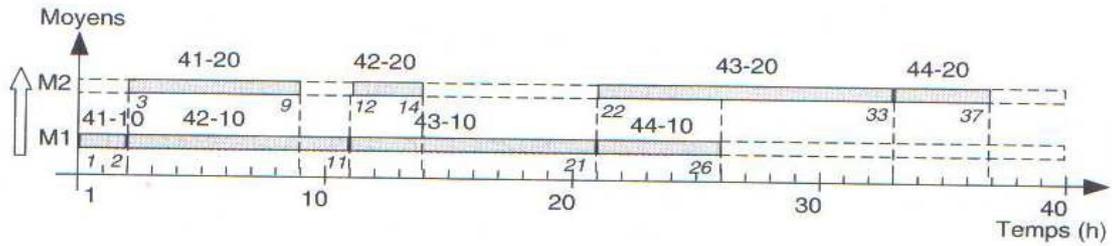


Figure 7.9 Placement des OF dans l'ordre de leur numéro de référence.

On peut constater, que dans ce cas, le moyen M1 est bien occupé mais que le moyen M2 est inoccupé pendant 11 heures. De plus, le temps total de réalisation est de 37 heures

Algorithme « classique »

Tant qu'il y a une fabrication :

- recherche du temps le plus faible de passage sur les deux machines ;
- si le temps concerne la première phase nous commençons par elle ;
- si le temps concerne la deuxième phase nous terminons par cette fabrication.

Appliqué à l'exemple, nous trouvons l'ordre : P1, P3, P4, P2

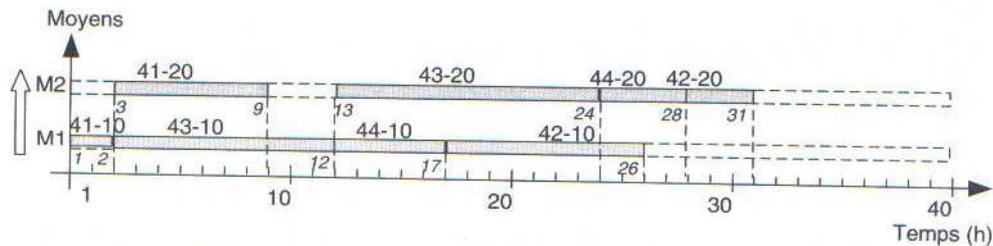


Figure 7.10 Placement des OF dans l'ordre de l'algorithme de Johnson.

Avec l'algorithme de Johnson, le temps d'inoccupation du moyen M2 n'est plus que de 5 heures, ce qui permet de réaliser l'ensemble de ces fabrications en 31 heures.

Autre algorithme

- Établir l'ensemble E1 des fabrications dont le temps opératoire sur le premier poste est inférieur ou égal au temps opératoire sur le deuxième poste.
- Établir l'ensemble E2 des fabrications dont le temps opératoire sur le premier poste est supérieur au temps opératoire sur le deuxième poste.
- Trier l'ensemble E1 dans l'ordre croissant des temps opératoires sur le premier poste.
- Trier l'ensemble E2 dans l'ordre décroissant des temps opératoires sur le deuxième poste.
- L'ordre des fabrications est déterminé par l'ordre de E1 trié puis de E2 trié.

Appliqué à l'exemple, nous trouvons : Ensemble E1 trié en ordre croissant de  $T_{m1} = (P1, P3)$  Ensemble E2 trié en ordre décroissant de  $T_{m2} = (P4, P2)$  Ce qui donne l'ordre : P1, P3, P4, P2

» Algorithme de Johnson généralisé

Cette méthode s'applique sur toutes les fabrications dont le processus de production est séquentiel et composé de plus de deux postes de fabrication. Elle peut s'appliquer pour toutes les fabrications en ligne, même si tous les postes de charge ne sont pas utilisés.

Algorithme de Johnson généralisé

Pour chaque fabrication :

- Faire la somme des phases (N).
- Calculer  $x = N - \text{dernière phase}$  (c'est la somme des n-1 premières phases).
- Calculer  $y = N - \text{première phase}$  (c'est la somme des n-1 dernières phases).
- Calculer le rapport  $k = x/y$ .
- L'ordre des fabrications est défini par l'ordre croissant de ce rapport k.

Étant donné quatre OF (P1, P2, P3, P4) réalisés en passant successivement sur les postes de charge M1, M2 et M3.

P1			P2			P3			P4		
Phase	Moyen	Temps									
10	M1	15	10	M1	18	10	M1	10	10	M1	11
20	M2	12	20	M2	9	20	M2	15	20	M2	15
30	M3	8	30	M3	14	30	M3	12	30	M3	14

En application l'algorithme sous forme de tableau, nous trouvons l'ordre ces fabrication: P4, IM, l'2, PI.

	PI	P2	PI	M
M1	15	18	10	11
M2	12	9	15	15
M3	8	14	12	14
Total	35	41	37	40
X	27	27	25	26
Y	20	23	27	29
X/Y	1,35	1,17	0,92	0,89

### 1.4.3 Élaboration d'un planning pour atelier en processus

Planification de fabrications de //phases mettant en jeu M moyens utilisés aléatoirement , ! Chaque fabrication doit être terminée pour une date de mise à disposition qui nous permet de déterminer la marge de temps :

marge de temps = (date mise à disposition - durée fabrication) - date courante

Règles de priorité de prise en compte des commandes Critère d'ordonnancement

Il n'y a pas de règles établies dans ce domaine. Il est courant de constater qu'une entreprise utilise une, ou un combinatoire des règles ci-après. Certaines règles ne sont applicables que pour un ordonnancement centralisé, d'autres que pour un ordonnancement j décentralisé. Quelques-unes sont applicables dans les deux cas.

Priorité aléatoire

- Priorité calculée par un générateur de nombres aléatoires.

Priorité au temps

- Ordonnement centralisé :

- Les lots passent dans l'ordre croissant de leur marge de temps :  $S = t_n - 3j - t_0$

$t_n$  = date demandée de fin d'opération du lot;

$t_0$  = date courante ;

$a_i$  = somme des durées des opérations restant à exécuter.

(Cette règle est peu applicable lorsque les délais inter-opérateurs sont conséquents ou il est alors possible de les intégrer dans  $a_i$ .)

- Ordre croissant du ratio : \_\_\_\_\_ S \_\_\_\_\_

Nombre d'opérations restant à effectuer dans le lot

Ce qui signifie que si plusieurs lots ont la même marge, les lots ayant le plus d'opérations restantes passeront en premier.

Ordre croissant du ratio critique  $RC = \frac{\text{Durée de fabrication}}{t_n - t_0}$

$t_n - t_0$

Les fabrications sont à prendre dans l'ordre décroissant du ratio critique. Lorsque ce ratio est  $> 1$ , la fabrication ne peut se terminer à la date prévue.

- Faire passer les lots dont la durée de l'ensemble des opérations restantes est la plus grande.
- Ordonnement décentralisé :
- Faire passer les lots ayant la plus petite durée opératoire sur la machine concernée. Rappelons que, sur une seule file d'attente cette règle minimise en moyenne les temps de passage des lots dans l'atelier ainsi que les retards. Pour plus d'une file d'attente cette tendance est confirmée par Conway et Maxwell.
- On ajoute à la règle précédente, une limite de temps d'attente dans la file. On fait passer en priorité les lots qui ont dépassé cette limite.
- L'inverse de la précédente (plus grande durée opératoire).

### Priorité aux dates

- Ordonnement centralisé ou décentralisé :

Priorité aux lots dont la date de mise à disposition est la plus proche.

Priorité aux lots dont la date de début de l'opération est la plus proche.

Cette date de début prévue est calculée à partir de la date de fin des opérations du lot :

$$x_i = t_n - \sum (a_i + r_i) \quad (\text{avec } r_i = \text{temps d'attente associé})$$

Pour des lots ayant des  $x_i$  égaux, la règle est remplacée par FIFO

Priorité à l'ordre

**Ordonnancement centralisé :**

- Premier arrivé dans l'atelier, premier servi.
- Priorité au lot dont le nombre d'opérations à exécuter est le plus petit.
- Priorité au lot dont le nombre d'opérations à exécuter est le plus grand.

**Ordonnancement décentralisé :**

- Premier arrivé dans la file d'attente, premier servi.
- Priorité au lot qui ira dans la file d'attente suivante la plus courte. L'objectif est de minimiser les temps morts.

**Priorité à l'argent**

**Ordonnancement centralisé :**

Faire passer les lots ayant la plus grande valeur dans le but de réduire la valeur des en-cours.

Ordre décroissant des marges.

Cout d'attente

Ordre décroissant du ratio: ----- .

Durée de l'opération à exécuter

### 1.4.4 Chargement, équilibrage des charges

#### a) Capacité

##### Capacité théorique

**C'est ce que l'on peut faire au maximum sur un poste de charge par période de référence. Elle est exprimée en nombre d'unités de temps ou en quantité de pièces à réaliser,**

**Exemple : La capacité théorique d'un poste de tournage pour la semaine S est de 35**

##### Capacité réelle

**C'est la capacité qui est prise en compte lors de l'élaboration du planning. Elle correspond à ce que l'on peut faire réellement sur un poste de charge par période de référence j compte tenu des aléas possibles (rebuts, pannes, absentéisme, compétence des opérateurs. . .). Elle est exprimée dans les mêmes unités que la capacité théorique.**

*Exemple :* La capacité réelle d'un poste de tournage pour la semaine S, avec une capacité théorique de 35 et un taux d'arrêts et d'aléa de 10 %, est de 31,5 heures.

#### b) Charge

##### Définition

C'est la quantité de travail à effectuer sur un poste de charge. Elle est exprimée dans la mêmes unités que les capacités (unités de temps ou quantité de pièces à réaliser) et est obtenue par sommation des charges élémentaires de toutes les fabrications qui doivent être exécutées sur ce poste pour la période considérée.

**Exemple : La charge prévue pour la semaine S pour un poste de tournage est de 27 heu**

### c) Comparaison Charge/Capacité

#### Notion de sous-charge et de surcharge

Lorsque l'on détermine la charge d'un poste de travail, celle-ci est rarement, voire jamais, égale à la capacité de ce poste. Si elle est inférieure à la capacité, nous dirons que le poste est en sous-charge, alors que dans le cas contraire, nous dirons qu'il est en surcharge.

#### Représentation graphique

La représentation la plus courante est faite sous forme d'histogramme (voir figure 7.1 1)J Sur l'axe vertical, on porte les capacités et charges; alors que sur l'axe horizontal, onl porte les périodes.

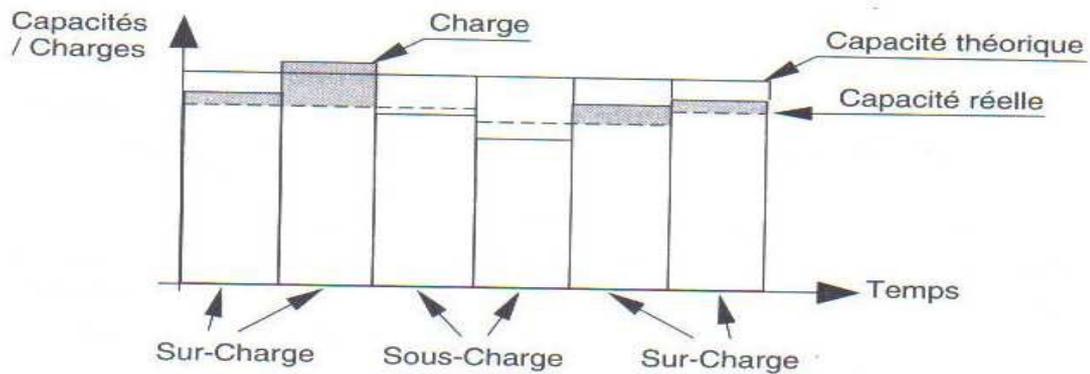
#### Lissage des charges

Le calcul de la charge d'un poste s'arrête lorsque celui-ci est chargé pour une période de référence à 100 % de la capacité réelle. Si certains travaux restent à charger dans cette période, une répartition sur d'autres postes de charges ou une répartition des travaux dans le temps est alors recherchée.

#### Capacité finie, infinie

Cette notion n'a de sens que dans la phase de lissage des charges de la fonction<<chargement>> de l'ordonnancement (cf. ci-après).

Si aucun lissage n'est effectué, nous considérons que la capacité des postes de charge est infinie (ou illimitée) ; dans le cas contraire, nous considérons que la capacité des postes de charge est infinie(ou limitée).



**Figure 7.11** Représentation Capacité/Charge.

#### Niveau d'utilisation des moyens

Il est possible d'étudier l'utilisation des moyens à travers trois taux :

$$\begin{aligned} \text{Taux de charge d'un moyen : } & T_c = \frac{\sum \text{charges}}{\text{Capacité réelle}} \\ \text{Taux d'utilisation d'un moyen : } & T_u = \frac{\sum \text{charges}}{\text{Capacité théorique}} \\ \text{Taux de disponibilité d'un moyen : } & T_d = \frac{\text{Capacité réelle}}{\text{Capacité théorique}} \end{aligned}$$

Ces trois taux s'enchaînent de la manière suivante :  $T_u = T_c \times T_d$ .

Le taux de charge d'un moyen permet de porter jugement sur son niveau d'activité.

Le coefficient idéal est de 1 ; si ce coefficient est inférieur à 1, le moyen est en sous charge alors que s'il est supérieur à 1, le moyen est en surcharge. Attention, un moyen peut être en surcharge alors que le taux d'utilisation peut être nettement inférieur à 1 ; dans ce cas, le taux de disponibilité est trop faible (il faut chercher à diminuer les temps d'arrêt)

#### Exemple d'application

Pour un poste de tournage dont il est prévu une charge de 27 heures pour une capacité réelle de 31,5 heures et une capacité théorique de 35 heures :

$$\begin{aligned} \text{Taux de charge : } & T_c = \frac{27}{31,5} = 0,858 \quad \text{soit } 85,8 \% \\ \text{Taux d'utilisation : } & T_u = \frac{27}{35} = 0,772 \quad \text{soit } 77,2 \% \\ \text{Taux de disponibilité : } & T_d = \frac{31,5}{35} = 0,90 \quad \text{soit } 90 \% \\ & T_u = T_c \times T_d = 0,858 \times 0,9 = 0,772 \end{aligned}$$

#### Exemple récapitulatif

Une petite entreprise de sous-traitance possède 1 tour et une fraiseuse. Spécialisée dans la mécanique de précision, elle exécute des pièces qui passent successivement sur le tour et la fraiseuse. L'horaire hebdomadaire de travail est de 35 heures réparties en j 5 jours de 7 heures.

Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un nettoyage journalier qui représente 12 minutes pour le tour et 15 minutes pour la fraiseuse. Il faut compter également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour pour différentes causes.

Le fraiseur assure, chaque jour, des fonctions d'encadrement qui représentent 30' de l'horaire de travail théorique.

Cette entreprise vient de recevoir une commande de 200 pièces P1 et 100 pièces P2 qui sont fabriquées conformément aux gammes de fabrication suivantes [pour les temps en centiheures (1 ch = 1/100 d'heure)] :

Gamme Fabrication P1			
Phase	Moyen	Temps	
		Régal	Opér
10	Tour	1 h	8ch
20	Frais	2h	6ch

Gamme Fabrication P2			
Phase	Moyen	Temps	
		Régal	Opér
10	Tour	1 h	8ch
20	Frais	2h	7ch

Quels sont les postes de charge ?

Nous avons, ici, un poste de tournage et un poste de fraisage. La fonction d'agent de maîtrise n'est pas un poste de charge car elle fait partie des tâches d'encadrement.

Calculer les capacités, charge et les taux de chaque poste et de l'entreprise

**Remarque 1 :** Pour obtenir les résultats de l'entreprise, il suffit d'additionner ion résultats de chaque poste de charge.

**Remarque 2:** Il est à noter que le Directeur d'une entreprise raisonne sur des résultats globaux, alors que le chef d'équipe raisonne sur des résultats par poste de charge dans cet exemple, le Directeur peut Conclure que son entreprise est en sous charge, alors qu'en fait est en sur charge au niveau du fraisage.

	Tournage	Fraisage	Entreprise
Capacité Théorique	35,0 h	35,0 h	70,0 h
Nettoyage	1,0 h	1,5 h	2,5 h
Perte de temps	2,5 h	2,5 h	5,0 h
Fonction maîtrise		10,5 h	10,5 h
Capacité Réelle	31,5 h	20,5 h	52,0 h
OF : 200 P1	17,0 h	14,0 h	31,0 h
OF- 120 P2	9,0 h	9,0 h	18,0 h
Z Charges	26,0 h	23,0 h	49,0 h
Taux de disponibilité	90,0 %	58,6 %	70,0 %
Taux de charge	82,6 %	112,2%	94,3 %
Taux d'utilisation	74,3 %	65,8 %	70,0 %

#### d) Répartition des charges sur plusieurs unités de temps

##### Objectif

Lorsqu'une fabrication doit être réalisée sur plusieurs unités de temps, il est nécessaire de répartir, de manière régulière, les charges induites par cette fabrication sur l'ensemble totale de la fabrication avant d'effectuer un lissage des charges.

OF x			
phase	Moyen	Temps (h)	Libellé
10	M1	10	xxx
20	M2	12	xxx
30	M3	5	xxx

OF à faire en 4 unités de temps

Temps inter-opérateur estimés à 3h

### Méthode

- Calcul de la durée du cycle de fabrication.
- Calcul du cycle maximum par unité de temps = ~~Calcul de la durée du cycle de fabrication.~~  
Délai prévu pour cette fabrication
- Répartition des charges par unité de temps.

### Application

- Cycle de fabrication :  $10 + 3 + 12 + 3 + 5 = 36$  heures.

Taux d'utilisation :  $T_u = \frac{27}{35} = 0.772$  soit 77.2 %

Taux de disponibilité :  $T_d = \frac{31.5}{35} = 0.90$  soit 90 %

$T_u = T_c \times T_d = 0,858 \times 0,9 = 0,772$

### Exemple récapitulatif

Une petite entreprise de sous-traitance possède 1 tour et une fraiseuse. Spécialisée la mécanique de précision, elle exécute des pièces qui passent successivement sur le tour et la fraiseuse. L'horaire hebdomadaire de travail est de 35 heures répartir en 5 jours de 7 heures.

Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un n journalier qui représente 12 minutes pour le tour et 15 minutes pour la fraiseuse compter également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour pour différentes cause •

Le fraiseur assure, chaque jour, des fonctions d'encadrement qui représenta de l'horaire de travail théorique.

Cette entreprise vient de recevoir une commande de 200 pièces PI et 100 l> qui sont fabriquées conformément aux gammes de fabrication suivantes [pour les temps en centiheures (1 ch = 1/100 d'heure)] :

Gamme Fabrication P1				Gamme Fabrication P2			
Phase	Moyen	Temps		Phase	Moyen	Temps	
		Régal	Opér			Régal	Opér
10	Tour	1 h	8 ch	10	Tour	1 h	8 ch
20	Frais	2 h	6 ch	20	Frais	2 h	6 ch

Quels sont les postes de charge ?

Nous avons, ici, un poste de tournage et un poste de fraisage. La fonction d'agent de maîtrise n'est pas un poste de charge car elle fait partie des tâches d'encadrement,

Calculer les capacités, charge et les taux de chaque poste et de l'entreprise

**Remarque 1 :** Pour obtenir les résultats de l'entreprise, il suffit d'additionner les résultats de chaque poste de charge.

**Remarque 2 :** Il est à noter que le Directeur d'une entreprise raisonne, sur des résultats globaux, alors que le chef d'équipe raisonne sur des résultats par poste de charge. Dans cet exemple, le Directeur peut conclure que son entreprise est en sous charge, alors qu'en fait elle est en surcharge au niveau du fraisage.

	Tournage	Fraisage	Entreprise
Capacité Théorique	35,0 h	35,0 h	70,0 h
Nettoyage	1,0 h	1,5 h	2,5 h
Perte de temps	2,5 h	2,5 h	5,0 h
Fonction maîtrise		10,5 h	10,5 h
Capacité Réelle	31,5 h	20,5 h	52,0 h
OF : 200 P1 OF : 120P2	17,0 h 9,0 h	14,0 h 9,0 h	31,0 h 18,0 h ri
I Charges	26,0 h	23,0 h	49,0 h
Taux de disponibilité	90,0 %	58,6 %	70,0 %
Taux de charge	82,6 %	112,2 %	94,3 %
Taux d'utilisation	74,3 %	65,8 %	70,0 %

#### d) Répartition des charges sur plusieurs unités de temps

Lorsqu'une fabrication doit être réalisée sur plusieurs unités de temps, il est nécessaire de répartition, de manière régulière, les charges induites par cette fabrication sur la durée totale de fabrication avant d'effectuer un lissage des charges.

OF x			
Phase	Moyen	Temps (h)	Libellé
10	M1	10	XXX
20	M2	12	XXX
30	M3	8	XXX

OF à faire en 4 unités de temps

Temps inter-opérateurs

estimés à 3 heures

## Méthode

- Calcul de la durée du cycle de fabrication.
- Calcul du cycle maximum par unité de temps =  $\frac{\text{Durée du cycle de fabrication}}{\text{Délai prévu pour cette fabrication}}$
- Répartition des charges par unité de temps.

## Application

- Cycle de fabrication :  $10 + 3 + 12 + 3 + 8 = 36$

	Unité 1	Unité 2	Unité 3	Unité 4	Total
M1	9	1			10
M2		5	7		12
M3				8	8
Tiop		3	2	1	6
Total	9	9	9	9	36

**Remarque** : Les lignes Tiop et total ne sont à considérer que pour le calcul répartition des charges.

## e) Chargement - Lissage des charges

Le chargement consiste à adapter la charge prévisionnelle de fabrication préparée par le jalonnement à la capacité de l'atelier de production (on parle alors d'ordonnancement à capacité finie).

Nous avons vu précédemment que le calcul de la charge d'un poste s'arrête lors celui-ci est chargé pour une période de référence à 100 %. Lorsqu'un poste est en sous charge, il n'y a pas de problème de planning. Par contre, si un poste est en surcharge pour une période, il n'est pas possible de réaliser la totalité des fabrications durant cette période,

Le lissage des charges consiste à trouver une solution qui permet de réaliser, malgré tout, les fabrications concernées par la surcharge. Il est possible :

- d'augmenter la capacité :
  - d'avoir recours aux heures supplémentaires, si les employés l'acceptent;
  - passage en travail posté ;
  - diminution des temps d'arrêt (viser à faire tendre la capacité réelle vers la capacité théorique) ;
- de diminuer les charges :
  - de répartir les fabrications sur d'autres postes de charges pouvant effectuer le travail et qui sont, eux, en sous-charge ;
  - de répartir les fabrications dans le temps en tenant compte de l'élasticité du PERT (marge libre, marge totale). Le déplacement vers la droite, ou vers la gauche, est fonction du mode de jalonnement (au plus tôt, au plus tard);
  - diminuer les temps de réalisation ;
  - de faire appel à la sous-traitance ;
  - de renégocier les délais du contrat ou refuser la commande (à éviter).

Cette comparaison s'effectue par rapport à la capacité réelle de chaque poste et la solution est souvent arbitraire.

#### Analyse de la possibilité de lissage

Avant d'entamer une recherche de lissage par décalage (solution à envisager en tout premier lieu), il est préférable de vérifier s'il existe une solution potentielle avec cette technique. Pour cela, nous traçons la courbe cumulée des capacités et des charges :

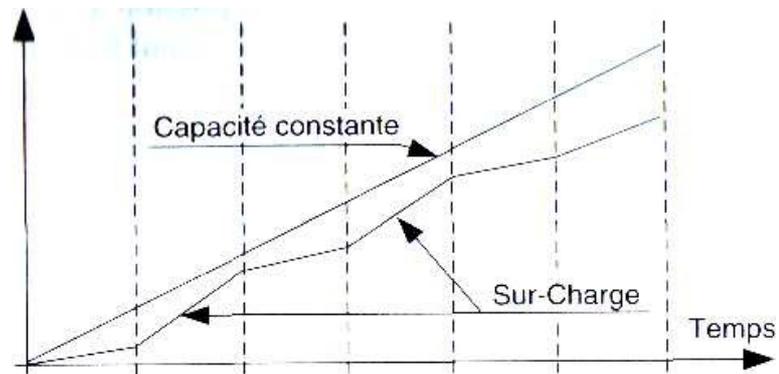


Figure 7.12 Courbe cumulée des capacités et charges (chargement au plus tôt).

Si la courbe cumulée des charges est sous la courbe cumulée de la capacité réelle, il existe une solution potentielle par décalage (sous réserve du respect des dates de fin de fabrication). Par contre, si la courbe des charges passe au-dessus de la courbe des capacités il est inutile d'entamer une recherche de solution par décalage.

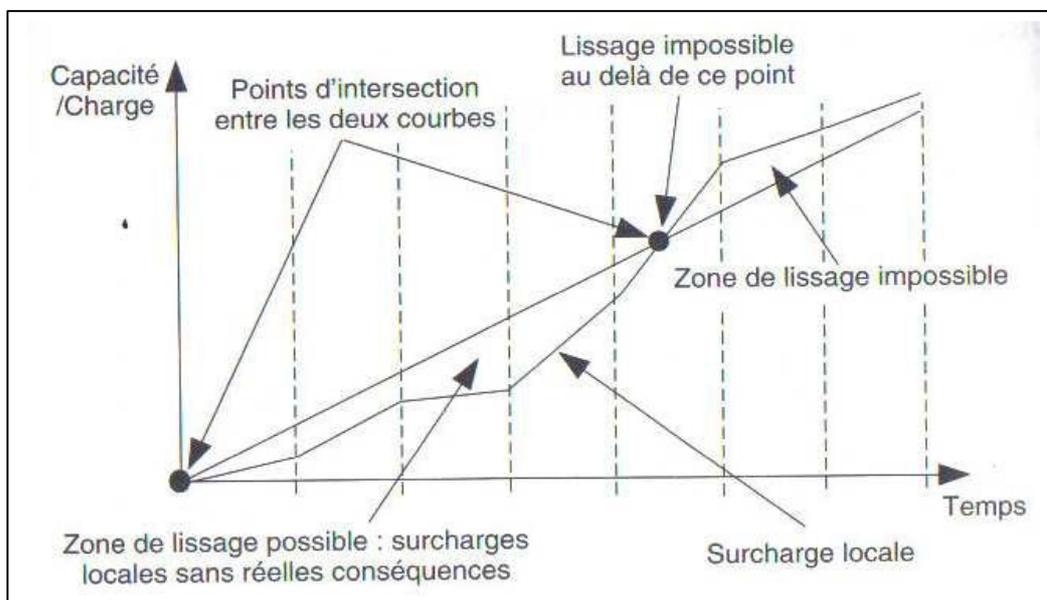


Figure 7.13 Courbe cumulée des capacités et charges (cas d'impossibilité de décalage).

#### f) Prise en compte de la compétence des opérateurs

Pour adapter le planning aux capacités de l'atelier, il faut tout d'abord comparer la charge prévue pour un poste avec sa capacité réelle.

La charge prévisionnelle d'un poste a été établie à partir des temps opératoires spécifiés par la gamme de fabrication. Ceux-ci ont été calculés à partir d'abaques sans tenir compte du niveau de qualification de l'opérateur

qui exécutera le travail. Pourtant, il est possible qu'un poste soit conduit par un opérateur hautement qualifié (dans ce cas les temps seront tous surévalués) ou par un opérateur débutant (dans ce cas les temps seront tous sous-évalués). Il est possible alors de se rendre compte que des surcharges de poste peuvent être acceptables et que des sous-charges de poste peuvent s'avérer être des surcharges réelles.

Afin d'éviter des erreurs d'interprétation, il est possible d'utiliser un taux correcteur de chargement, qui permettra de modifier artificiellement les valeurs de la charge, ou la capacité d'un poste. Ce taux est défini comme le rapport entre le temps réel passé pour effectuer une tâche et le temps prévu pour effectuer cette même tâche.

Dans l'entreprise de l'exemple récapitulatif précédent, nous considérons que le tourneur est nouvellement embauché et son savoir-faire ne lui permet pas d'effectuer les pièces dans les temps indiqués par le bureau des méthodes.

*Que deviennent les résultats trouvés si nous estimons que cet opérateur va 20 % moins*

Le taux correcteur de chargement est, pour le poste de tournage, de 1,2.

Pour tenir compte de la compétence de l'opérateur, il suffira de multiplier le temps élémentaire par ce taux, ou de diviser la capacité du poste par ce taux. Pour des raisons de simplicité, il est plus courant d'appliquer la seconde méthode. De plus, il est possible d'utiliser cet artifice pour intégrer, au niveau de la planification sans modifier les gammes de fabrication, la période d'apprentissage d'une fabrication en grande série.

En conséquence, les résultats précédents deviennent :

	Tournage	Fraisage	Entreprise
Capacité Théorique	35,0 h	35,0 h	70,0 h
Nettoyage	1,0 h	1,5 h	2,5 h
Perte de temps	2,5 h	2,5 h	5,0 h
Fonction maîtrise		10,5 h	10,5 h
Capacité Réelle	31,5 h	20,5 h	52,0 h
OF : 200 P1	17,0 h	14,0 h	31,0h
OF: 120 P2	9,0 h	9,0 h	18,0 h
Somme de Charges	26,0 h (31,2 h)	23,0 h	49,0h (54,2 h)
Taux de disponibilité	90,0 %	58,6 %	70,0 %
Taux de charge	99,1 %	112,2%	104,3 %
Taux d'utilisation	89,2 %	65,8 %	77,5 %

g) **Élaboration d'un planning pour atelier en position fixe**

Planification de fabrications de 1 ou N phase(s) mettant en jeu 1 moyen

Généralement, les fabrications concernent des produits dont l'investissement est fait avec une très forte valeur ajoutée due aux salaires.

Nous avons recours, dans ce cas à la technique PERT pour déterminer les dates et délais caractéristiques de la fabrication.

Par contre, le problème consiste souvent à déterminer le nombre d'employés nécessaires à la réalisation de la fabrication dans les délais. En effet, nous pouvons remarquer que la superposition des tâches dans le temps nous permet de déterminer la courbe des yens nécessaires. Celle-ci est rarement régulière et nécessite un lissage afin d'obtenir une charge la plus régulière possible, c'est-à-dire une dispersion la plus faible autour de charge moyenne. Celle-ci est obtenue comme le rapport entre la charge totale et la durée totale.

Un raisonnement mathématique, qui n'est pas notre propos ici, nous montre que la somme des carrés d'une suite de n nombres est minimale lorsque tous les nombres de la suite sont égaux à la moyenne.

Exemple: Soit les trois suites: (1,3,5), (2,3,4), (3,3,3) ayant toutes les trois une moyenne de 3. Les sommes des carrés sont :

$$1^2 + 3^2 + 5^2 = 35$$

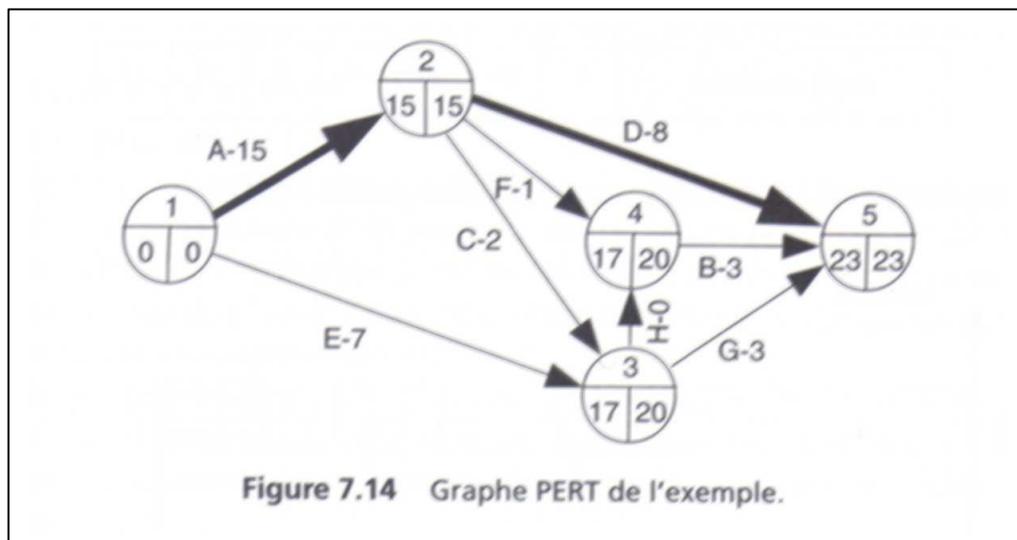
$$2^2 + 3^2 + 4^2 = 29$$

$$3^2 + 3^2 + 3^2 = 27$$

Exemple d'application

Dans l'exemple étudié au chapitre précédent, nous affectons un nombre d'opérateurs lires à la réalisation de chaque tâche.

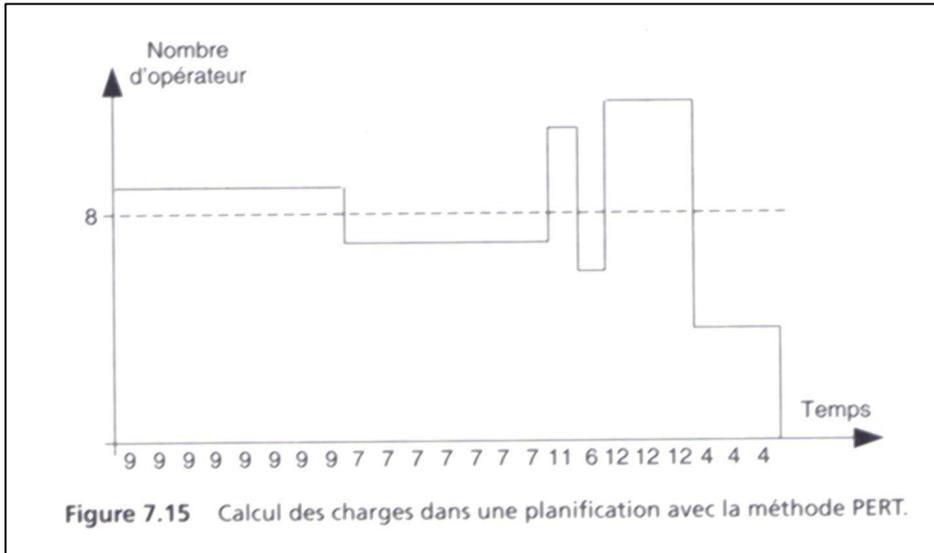
Tâche	A	B	C	D	E	F	G
Nombre d'opérateurs	7	5	2	4	2	5	3



Nous positionnons toutes les tâches au plus tôt afin de calculer les charges induites et par unité de temps. Ensuite, nous calculons la moyenne et la somme des carrés des de charge

Moyen de charge =  $\frac{168}{8} = 21$  La somme des carrés des charges = 1 628.

23



Nous déplaçons les tâches d'une unité de temps vers la droite en prenant en priorité les tâches qui ont le plus de marge libre et en déplaçant, en dernier les tâches qui ont une marge totale en s'assurant que les dépendances sont respectées.

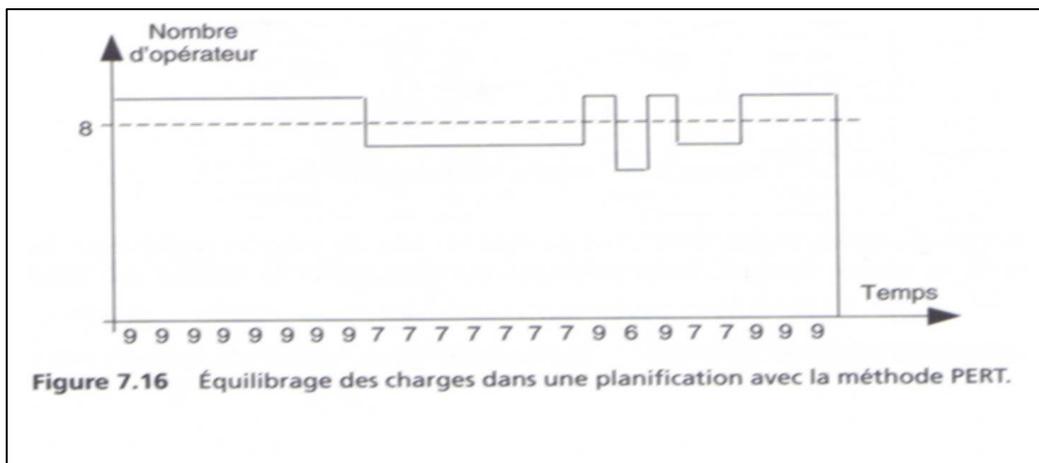
Lors du déplacement d'une tâche, nous recalculons la somme des carrés des charges. Si celle-ci a diminué, nous continuons de déplacer cette tâche. Lorsque cette somme augmente, nous revenons à l'état précédent et nous choisissons une autre tâche.

Lorsque nous sommes arrivés à un minimum général, nous avons la courbe de charge la plus régulière.

Nous obtenons, après équilibrage, cette nouvelle répartition :

Tâche	A	B	C	D	E	F	G
Nombre d'opérateurs	0	20	16	15	0	15	17

qui correspond à une somme des carrés des charges de 1 530.



## 1.5 EXÉCUTION D'UN

L'exécution du planning des procédures permettant de faire travailler le système de production conformément aux prévisions établies. Ces procédures correspondent aux opérations de « suivi » de la fabrication suivantes :

### 1.5.1 Lancement en fabrication

#### a) Définition

Suite aux indications fournies par le suivi, le lancement consiste, comme son nom l'indique, à distribuer les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications conformément aux prévisions établies sur le planning de façon à synchroniser la circulation des pièces entre les postes et d'assurer ainsi, la continuité du flux physique. Il est possible de prévoir l'indisponibilité de celles prévues et de spécifier des machines de substitution.

De même, cette fonction permet de gérer les retards. Si les retards ne peuvent être absorbés dans des limites qui ont été prévues lors de la planification des fabrications. Il est possible d'accorder 2 unités de marge avant la fin de la fabrication prévue, au-delà on recharge.

#### b) Techniques de lancement

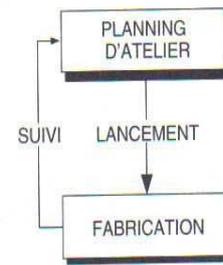
Ce lancement peut se faire :

- **par plan** : Il n'existe pas vraiment de consignes de travail. Le début d'exécution est déclenché lors de la remise d'un plan de réalisation à un poste susceptible de réaliser le produit. Dans ce cas il n'est guère possible de faire des prévisions et il n'existe généralement pas de planning, ou, s'il en existe un, nous pouvons émettre beaucoup de doutes quant à sa représentativité;
- **par ordre de fabrication** : les consignes de fabrication sont transmises au premier poste de transformation sous forme d'une fiche suiveuse accompagnée de tous les documents nécessaires à la réalisation (plan, Bon de sortie matière, fiche de description de phase...).

Dès que l'opérateur du poste a terminé le travail, décrit sur la fiche suiveuse, qui lui était demandé, il transmet cette fiche au poste suivant en même temps qu'il transfère le produit à fabriquer. Ce type de lancement diminue les contrôles administratifs mais demande une compétence et une attention soutenue de l'agent de maîtrise. Cette technique est acceptable dans une PMI ou dans une entreprise ayant peu d'en-cours et dont les cycles de réalisation sont courts.

## 7.5 EXÉCUTION D'UN PLANNING D'ATELIER

L'exécution du planning consiste à mettre en œuvre les procédures permettant de faire travailler le système de production conformément aux prévisions établies. Ces procédures correspondent aux opérations de « lancement » en fabrication et de « suivi » de la fabrication suivant l'enchaînement simplifié ci-contre :



### 7.5.1 Lancement en fabrication

#### a) Définition

Suite aux indications fournies par le suivi, le lancement consiste, comme son nom l'indique, à distribuer les documents nécessaires à la bonne exécution des fabrications conformément aux prévisions établies sur le planning de façon à synchroniser la circulation des pièces entre les postes et d'assurer ainsi, la continuité du flux physique.

Il est possible, à ce stade, d'envisager le changement éventuel de machine en cas d'indisponibilité de celles prévues initialement, ou pour anticiper le début de fabrication, à condition d'avoir spécifié des machines de substitution dans la gamme de fabrication et que celles-ci soient en sous-charge.

De même, cette fonction effectue un dialogue permanent avec la fabrication dans le cas de rattrapage de retards. Si les retards ne peuvent être résolus dans l'atelier, le lancement étudiera toutes les possibilités d'absorption dans des limites qui ne remettent pas en cause le chargement. Au-delà de ces limites, il faudra revoir la planification des fabrications. Le lancement se fait entre 1 et 3 unités. Pour une unité de lancement, il est possible d'accorder 2 unités de marge avant la fin de la fabrication prévue, au-delà on recharge.

#### b) Techniques de lancement

Ce lancement peut se faire :

- **par plan** : Il n'existe pas vraiment de consignes de travail. Le début d'exécution est déclenché lors de la remise d'un plan de réalisation à un poste susceptible de réaliser le produit. Dans ce cas il n'est guère possible de faire des prévisions et il n'existe généralement pas de planning, ou, s'il en existe un, nous pouvons émettre beaucoup de doutes quant à sa représentativité;
- **par ordre de fabrication** : les consignes de fabrication sont transmises au premier poste de transformation sous forme d'une fiche suiveuse accompagnée de tous les documents nécessaires à la réalisation (plan, Bon de sortie matière, fiche de description de phase...).

Dès que l'opérateur du poste a terminé le travail, décrit sur la fiche suiveuse, qui lui était demandé, il transmet cette fiche au poste suivant en même temps qu'il transfère le produit à fabriquer. Ce type de lancement diminue les contrôles administratifs mais demande une compétence et une attention soutenue de l'agent de maîtrise. Cette technique est acceptable dans une PMI ou dans une entreprise ayant peu d'en-cours et dont les cycles de réalisation sont courts.



Bon de travail												
Produit fini :						OF N° :						
						Date de mise à disposition :						
Pièce de l'OF :						Lot de fabrication :						
						Lot de transfert :						
N° Plan + Repère pièce :						N° Commande / N° Client :						
Date & Nom préparateur :						N° Compte d'imputation :						
Phase	Poste charge	Prévision										
		Temps			BSM	Date début	Libellé					
		Série	Unit	Total								
		Réalisation										
		matri	Date début	Date fin	Temps passé	Pièces bonne	Cause écart/Observations					

Figure 7.19 Exemple de bon de travail

Cette technique peut se modéliser de la manière suivante :

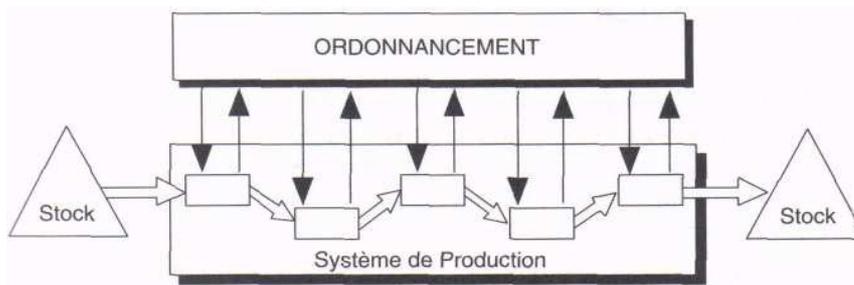


Figure 7.20 Lancement par phase d'OF.

### C) Quand effectuer le lancement

Que le lancement soit effectué par phase d'OF ou par OF, il est possible de le faire par •ce de temps ou à tout moment. Cela dépend des choix, mais surtout des contraintes de l'entreprise.

#### **tout moment**

Dans le cas d'un lancement à tout moment, le lancement s'effectue en temps réel dès l'apparition d'un événement déclencheur (demande d'un opérateur, date de déclenchement d'un OF, lancement d'un bon de travail à la fin d'exécution de son prédécesseur...).

#### **Par unité de temps**

Dans ce cas, les lancements s'effectuent suivant une fréquence prédéfinie (le jour, la semaine...). Tous les événements déclencheurs sont mis en attente pour définir la liasse de documents à fournir.

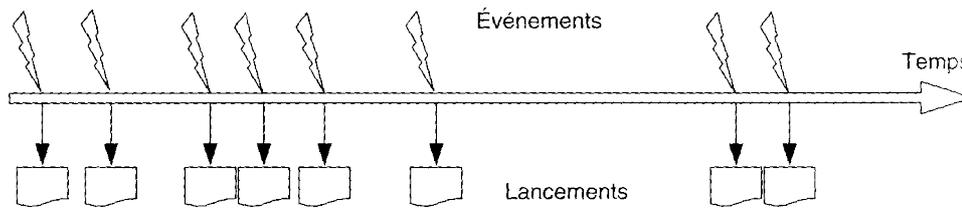


Figure 7.21 Lancement en fabrication à tout moment.

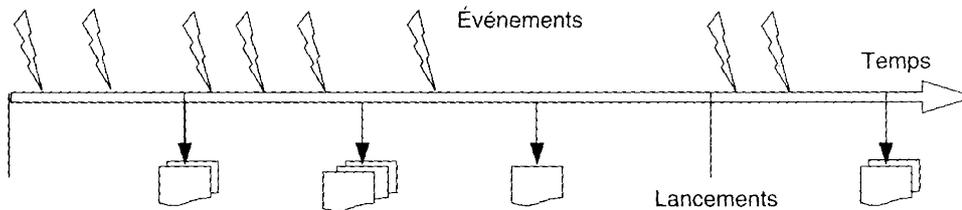


Figure 7.22 Lancement en fabrication à tout moment.

## 1.5.2 Suivi de production

### a) Définition

Toujours lié à la fonction lancement, le suivi de production a pour but d'informer le-responsables de l'entreprise de l'état d'avancement des travaux. Il est nécessaire c-suivre avec beaucoup de soins les fabrications qui nécessitent une attention toute particulière du fait de leur importance (urgence, chemin critique). Le suivi de production peut avoir trois objectifs :

- Le suivi technique. Les indications fournies par ce suivi doivent permettre :
  - de définir les ordres suivants à lancer en fabrication ;
  - de mesurer l'efficacité de l'outil de production;
  - de pouvoir renseigner les clients sur l'état d'avancement de la réalisation de leur? commandes ;
- Le suivi comptable. Les indications fournies par ce suivi doivent permettre :
  - de déterminer les coûts de production;
- Le suivi de la main d'œuvre. Les indications fournies par ce suivi doivent permettre
  - d'établir les informations nécessaires à l'établissement des salaires des employés.

### b) Suivi technique

Il consiste à rassembler les indications concernant l'état d'avancement des travaux. Le-types de suivi différent suivant les types de lancement en fabrication.

Lancement par Ordre de fabrication

Suivi par fiche suiveuse

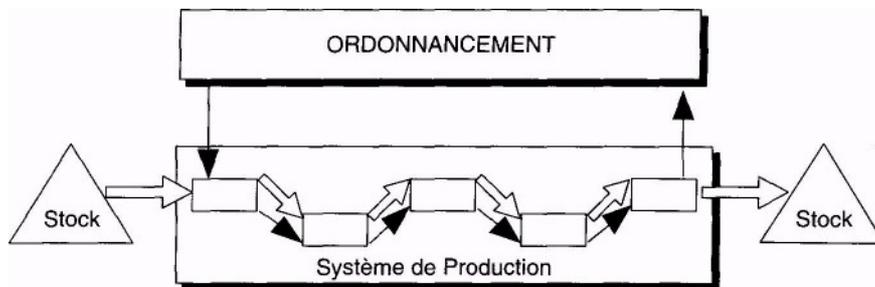
Les opérateurs remplissent, à chaque début de phase, la date de début effective des travaux et en fin de phase la fin et la durée effectives des travaux sur la fiche suiveuse. À

cette occasion, il renseigne, également, le nombre de pièces bonnes qu'il a réalisé et les éventuels aléas qu'il a rencontrés pouvant justifier les écarts par rapport aux prévisions annoncées.

A1	Mauvais approvisionnement
A2	Retard d'approvisionnement
A3	Pièces non disponibles au poste
F1	Problème de machine
F2	Outil cassé
P1	Outillage non disponible
P2	Anticipation de préparation
Q1	Problème de qualité
Q2	Reprise de fabrication
V	Visiteurs
Z	Autre (à préciser sur fiche)

**Figure 7.23** Exemple de codes aléas utilisables en suivi de production.

Cette technique a l'inconvénient de ne pas fournir une connaissance de l'avancement des travaux avant la fin d'exécution de l'OF. On peut donc être amené à avoir recours à des « Chasseurs de pièces » pour connaître, à un moment donné, l'état d'avancement précis d'une réalisation.



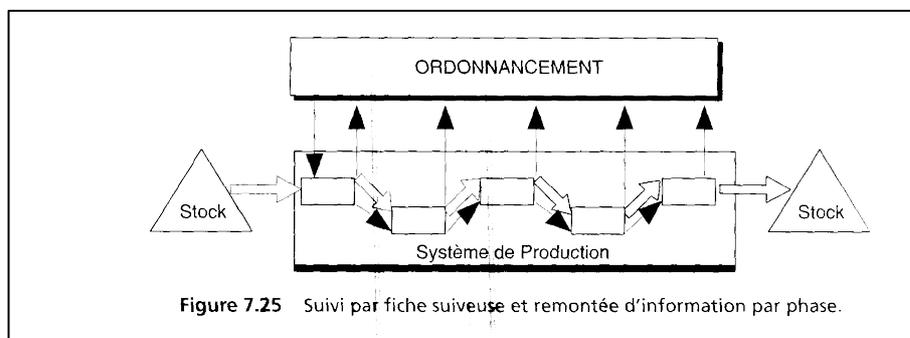
**Figure 7.24** Suivi par fiche suiveuse.

Suivi par fiche suiveuse et remontée d'information par phase

Pour pallier à l'inconvénient précédent, il est possible de faire une remontée d'information à chaque fin de phase tout en gardant un suivi par fiche suiveuse tout au long de la réalisation. Cette remontée d'information n'ayant pour seul objectif de connaître, à un moment donné, l'état d'avancement précis d'une réalisation.

Suivi par « bornage »

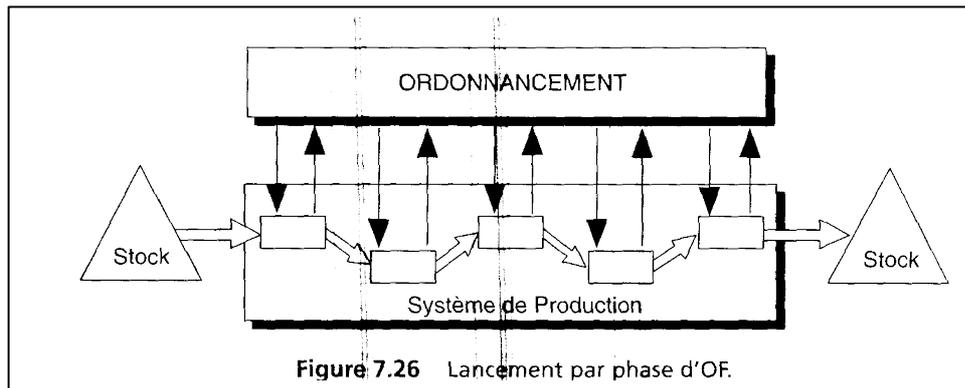
Cette technique est surtout utilisée pour les productions qui ne nécessitent pas un suivi très détaillé. Ce suivi consiste à définir des stades d'avancement technique très précis de la réalisation (appelés « bornes ») et de noter les dates d'avancement de la production par rapport à ces bornes.



**Figure 7.25** Suivi par fiche suiveuse et remontée d'information par phase.

Lancement par phase de travail

Dans ce type de lancement, l'avancement technique est fait à chaque remontée des données de travail à l'ordonnancement,



**Remarque de l'auteur ;**

Attention de ne pas déduire ,l'avancement technique d'un produit par comparaison d\_ nombre d'heures déjà effectuées et du nombre d'heures prévues.

c) Suivi comptable

Ce suivi consiste à rassembler les indications concernant les temps de réalisation des travaux afin de pouvoir déterminer les coûts de revient des produits. La connaissance immédiate de l'information étant moins impérative, ce suivi est souvent un résultat du suivi technique.

Pour les lancements à l'OF, les informations seront portées sur la fiche suiveuse alors que pour les lancements par phase de travail, on recopiera les informations notées sur les bons de travail sur une fiche suiveuse récapitulative.

Cette fiche suiveuse sera ensuite envoyé à la comptabilité pour déterminer les coûts de revient des produits.

d) Suivi de la main d'œuvre

Il consiste à rassembler les indications concernant les temps de présence des opérateurs afin d'établir les informations nécessaires à l'établissement des salaires des employés.

Ce suivi peut être réalisé grâce aux informations portées sur la fiche suiveuse ou à partir de fiches de pointage. Celui-ci est souvent confondu avec le suivi comptable, ce qui n'est pas sans créer de nombreux problèmes au sein de l'entreprise. En effet :

- le suivi par fiche suiveuse, ayant comme objectif la détermination des coûts de revient doit avoir des temps de réalisation les plus proches de la réalité. Pour cela, ce type de suivi doit être mis en place qu' après une concertation avec les opérateurs et généralement, dans ce cas, les temps notés sur les fiches suiveuses ou les bons de travail reflètent vraiment la réalité ;
- le suivi par fiche de pointage, ayant pour objectif la détermination du salaire des ouvriers, doit refléter les temps de présence des opérateurs. Or, l'entreprise profite, souvent, de cette fiche de pointage pour connaître le temps passé sur chaque OF. Il ne faut pas se leurrer, l'employé devant justifier un temps de présence journalier ne mettra jamais les temps d'inactivité sur sa fiche et augmentera, naturellement et artificiellement, les temps de réalisation des OF (les coûts de revient seront donc tous faux).

En conclusion, il ne faut pas mélanger les genres et ne faire dire à chaque suivi que ce qu'il a à dire.

Feuille de Pointage						
Matricule				Nom		
Semaine				Poste de charge		
OF	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
Total						

Figure 7.27 Exemple de fiche de pointage.

## 1.6 KANBAN

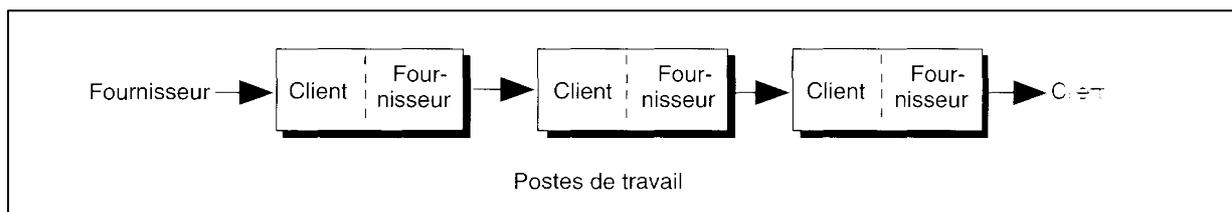
### 1.6.1 Remarque préliminaire

H ne faut pas confondre **Kanban** et **Juste-A-Temps**. Le concept Juste-À-Temps consiste - livrer, fabriquer, approvisionner juste au moment du besoin (ne pas fabriquer ni trop vite ni trop tard). Il existe plusieurs outils pour atteindre le Juste-À-Temps et Kanban n'est qu'un de ces outils.

### 1.6.2 Fonctionnement de base

#### a) Modélisation du système industriel

Tout système industriel peut être considéré comme une succession de postes de travail qui s'enchaînent de façon à élaborer progressivement un produit.



Postes de travail Figure 7.28

Modélisation du système industriel.

Chaque poste fabrique un composant, ou une partie du produit, qui sera utilisé ultérieurement par un poste suivant. Chaque poste joue donc simultanément un rôle de fournisseur pour le, ou les, poste(s) suivant(s) et un rôle de client pour le, ou les, poste (s) précédent(s).

#### b) Relations Client/Fournisseur

Le client passe commande à un fournisseur par l'intermédiaire d'un bon de commande et le fournisseur livre le client en joignant à la marchandise un bon de livraison.

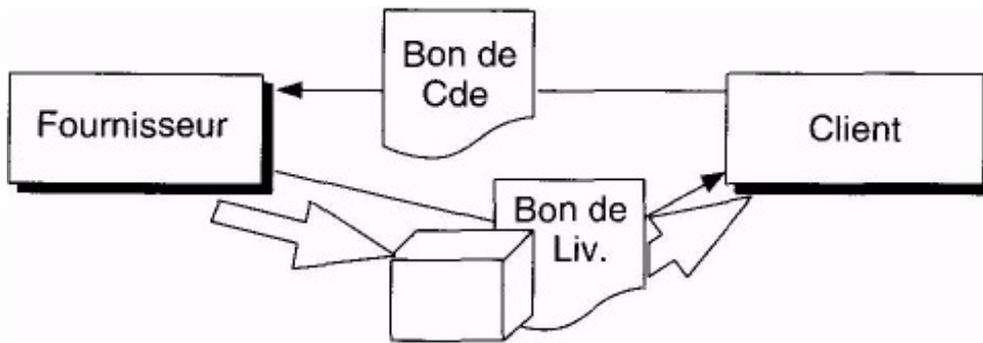


Figure 7.29 Relation Client/Fournisseur.

c) Application au système Kanban

Le système Kanban est une méthode basée sur le réapprovisionnement sur point de commande. Le client passe une commande au fournisseur grâce à un Kanban (fonction « Bon de commande ») et le fournisseur livre les produits avec un Kanban (fonction « Bon de Livraison »).

d) Composition d'un Kanban

Le Kanban doit assurer, comme on vient de le voir, une fonction « Bon de Commande » et une fonction « Bon de Livraison ». Un Kanban se présente donc simplement sous la forme d'un document de ce type :

La méthode Kanban tient son nom de ce document puisque Kanban signifie « carte », « fiche », « enseigne » ou « étiquette » en japonais.

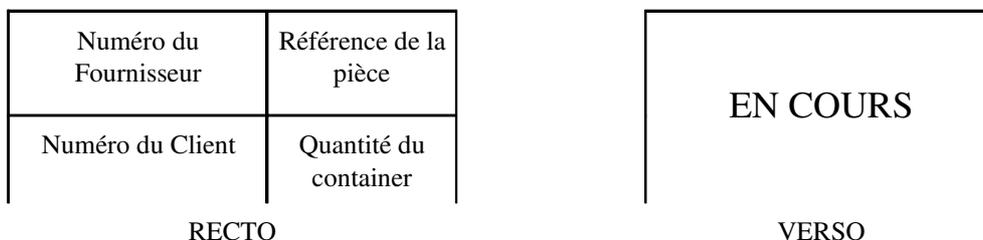


Figure 7.30 Composition d'un Kanban.

e) Fonctionnement élémentaire

- Le client passe commande à un fournisseur avec un Kanban.
- Lorsqu'il est prêt à travailler, le fournisseur analyse son carnet de commande (ensemble des Kanbans reçus) et exécute une des commandes qui lui a été passée.
- Quand le travail est terminé, le fournisseur envoie les pièces demandées dans un container accompagnées d'un bon de livraison (Kanban).

f) Le TOP (Tableau d'Ordonnement de la Production ou tableau des Kanbans)

Chaque poste fournisseur possède un TOP, Tableau d'Ordonnement de la Production ou Planning des Kanbans, qui lui sert de carnet de commande. C'est un espace comprenant des emplacements prévus pour recevoir les Kanbans correspondants aux amandes de production. La présentation d'un TOP peut se présenter suivant un planning de fiches en « T » ou, planning GANTT.

Tableau d'Ordonnancement de la Production du poste de travail M			
Pièce Référence 1	Pièce Référence 2	Pièce Référence 3	Pièce Référence n

**Figure 7.31 Description d'un TOP en « T ».**

Dans ce TOP, nous remarquons que le poste de travail M peut fabriquer les pièces de références 1, 2, 3, n.

Le plus, nous voyons qu'il y a deux emplacements de prévus pour recevoir des Kanban correspondant à la pièce de référence 1. Par similitude, il y en 4 par les pièces Référence 2, 3 pour les pièces Référence 3 et Référence n (pour plus de précisions, voir ci après le paragraphe : Dimensionnement du TOP).

Tableau d'Ordonnancement de la Production du poste de travail M					
Pièce Référence 1					
Pièce Référence 2					
Pièce Référence 3					
Pièce Référence n					

**Figure 7.32 Description d'un TOP en « GANTT ».**

### 1.6.3 Fonctionnement détaillé

#### a) Hypothèses

Ce système ne fonctionne qu'après avoir admis plusieurs hypothèses :

- les pièces circulent entre les postes dans des containers (boîtes) ;
- tous les containers contiennent le même nombre de pièces ;
- il n'y a pas de mélange de pièces dans un container;
- toutes les pièces d'un container sont bonnes ;
- lorsque l'on fabrique un type de pièces à un poste, on fabrique des multiples de container:
- on associe à un container une et une seule étiquette (Kanban) qui contient des informations de fabrication;
- il y a autant de Kanbans qu'il y a de containers en circulation.

#### b) Simple Kanban

Un poste « Client » entame un container de pièce « n ». Il décroche le Kanban qui > était accroché et l'accroche

dans un des emplacements prévus pour cette pièce du TOP du poste « Fournisseur ». Ensuite, il travaille à son rythme.

Le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail. L'opérateur analyse le TOP et choisit la référence qu'il va fabriquer. Pour signaler la référence choisie, il retourne le, ou les, Kanban(s) concerné(s) et on voit apparaître « En Cours » dans les emplacements correspondants.

Lorsque le fournisseur a terminé sa fabrication, il décroche les Kanbans « En Cours » du TOP et les accroche aux containers de pièces. Ensuite, il envoie les containers au poste « Client » correspondant.

#### c) Double Kanban

Cette méthode est identique, dans son principe, à la précédente mais on a personnalisé les Kanbans en faisant ressortir la phase de manutention entre deux postes de fabrication. C'est ainsi que l'on a maintenant :

- **des Kanbans de production (KBp)**, correspondant à des ordres de fabrication ;
- **des Kanbans de manutention (KBm)**, ou Kanbans de prélèvement.

Le poste « Client » entame un container de pièce « n ». Il décroche le Kanban de manutention (KBm) attaché au container et le place dans une boîte.

Avec une périodicité très courte, les Kanbans en attente sont relevés par le manutentionnaire qui, selon les indications des cartes, va au poste « fournisseur » concerné.

Arrivé au poste « Fournisseur », il enlève le kanban de production (KBp) d'un container plein qui est terminé, il l'accroche dans un des emplacements prévus pour cette pièce du TOP du poste « Fournisseur » et lui substitue le KBm. Ensuite, il ramène le (ou les) container(s) plein(s) avec leur KBm au poste « Client ».

Le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail. L'opérateur analyse le TOP et choisit la référence qu'il va fabriquer (KBp). Pour signaler la référence choisie, il retourne le, ou les, Kanban(s) concerné(s) et on voit apparaître « En Cours » dans les emplacements correspondants.

Lorsque le fournisseur a terminé sa fabrication, il décroche les Kanbans (KBp) « En Cours » du TOP et les accroche aux containers de pièces. Ensuite, il met les containers en attente à son poste.

### 1.6.4 Dimensionnement du TOP

#### a) Démarche

Le dimensionnement d'un TOP s'effectue en trois étapes :

- analyse de tous les flux par type de pièces entre chaque poste fournisseur et tous les clients potentiels de cette pièce ;
- déterminer la taille d'un container;
- déterminer le nombre de containers à faire circuler pour cette pièce.

#### b) Flux de production

Il faut penser flux et non capacité. Le flux s'exprime en nombre de pièces par unité de temps (unité de planification : heure, jour, semaine...). Il faut déterminer tous les flux de pièces à chaque poste.

#### c) Calcul du nombre de Kanbans

$$n = \frac{(D \times L) + G}{C}$$

- D : demande moyenne par unité de temps.
- L : délai de mise à disposition d'un container de pièces.
- C : capacité d'un container.
- G : facteur de gestion ou marge de sécurité permettant de pallier à l'irrégularité plus ou moins importante de la fabrication (souvent égal à 10 % de DL).

La formule la plus couramment référencée dans les ouvrages s'exprime de la manière suivante :

d) Dualité taille du container/Nombre de containers

Pour notre part, nous estimons que la formule précédente montre ses limites. En effet, dans la détermination du nombre de Kanbans, on fixe *a priori* la taille des containers

(souvent estimée à 10 % de la demande journalière). Pour notre part, nous pensons c -faut dimensionner le couple taille du container et nombre de containers

Remarque : Rappelons-nous que tous les containers contiennent le même nom: de pièces.

Cas d'un poste alimentant un autre poste

```

graph LR
    A[A] -- 100 --> B[B]
    
```

Si j'ai un flux de 100 pièces à réaliser, celles-ci peuvent se répartir en :

<b>NB Containers</b>	1	2	4	5	10	20	25	50	100
<b>NB pièces</b>	100	50	25	20	10	5	4	2	1

► Cas d'un poste alimentant plusieurs postes

```

graph LR
    A[A] -- 100 --> B[B]
    A -- 80 --> C[C]
    
```

Entre A et B

<b>NB Containers</b>	1	2	4	5	10	20	25	50	100
<b>NB pièces</b>	100	50	25	20	10	5	4	2	1

Entre A et C

<b>NB Containers</b>	1	2	4	5	8	10	16	20	40	80
<b>NB pièces</b>	80	40	20	16	10	8	5	4	2	1

Les containers doivent contenir le même nombre de pièces. Ils peuvent contenir : 20, 10, 5, 4, 2 ou 1 pièces

Dimensionnement de la taille du container

La détermination finale du couple Taille/Nombre des containers s'effectuera par :

- Élimination des gros containers en tenant compte de :
  - la limitation de l'emballage (poids, volume...);
  - la limitation des moyens de manutention
- Élimination des petits containers en tenant compte de :
  - la disponibilité des moyens de manutention ;
  - la taille des lots de fabrication.

Cette analyse nous permet maintenant de préciser sur le planning des kanbans d'une pièce d'un TOP trois indicateurs :

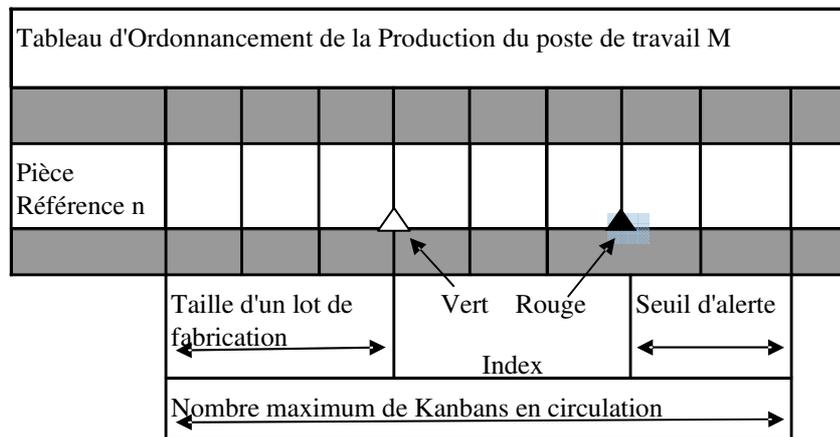


Figure 7.33 Structure d'un TOP.

**limite maximum** du nombre de kanbans en circulation pour cette pièce entre le poste fournisseur et tous les postes clients ;

un nombre de kanbans, repéré par un index vert indiquant le lot minimum de lancement en fabrication. En l'absence d'index, la valeur 1 est prise par défaut; une zone d'alerte repérée par un index rouge signalant à l'opérateur qu'il est urgent de réagir pour cette pièce. En l'absence d'index rouge la valeur 1 est prise par défaut comme seuil d'alerte.

### 1.6.5 Utilisation d'un TOP

#### 3) Analyse d'un TOP

Compte tenu du principe de la méthode, nous voyons que :

- un emplacement vide correspond à un container plein dans le système de production :
- un Kanban en place correspond à un container à renouveler (ce container est vide ou en cours d'utilisation);
- lorsque tous les emplacements pour une référence sont vides, le stock est maximum -exemple pièce référence 1 - (il est possible de conclure que le poste « client» n'est pas assez rapide) ;

- lorsque tous les kanbans pour une référence sont en place, il y a rupture de stocke - exemple pièce référence 3 - (il est possible de conclure que le poste << fournisseur>>n'est pas assez rapide).

Tableau d'Ordonnancement de la Production du poste de travail M					
Pièce Référence 1					
Pièce Référence 2					
Pièce Référence 3					
Pièce Référence n					

**Figure 7.34 Exemple de TOP.**

Remarque : Les deux dernières situations sont caractéristiques de problème ? antiflux .

b) Mode de lancement en fabrication

Lorsque le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail, l'opérateur dc-r. choisir la référence qu'il va fabriquer par analyse des kanbans positionnés dans le TOP Pour une référence :

- lorsque tous les kanbans sont en place, il y a urgence de fabrication de cette référence
- lorsque les kanbans accrochés au TOP ont dépassé, ou atteint, le seuil d'alerte, il faut envisager la fabrication de cette référence ;
- dans tous les autres cas, la méthode FIFO est la plus utilisée. Toutefois, on tiendra compte de la quantité minimum de lancement en fabrication signalée par l'index vert :
- lorsqu'il n'y a pas de kanban accroché au TOP, le poste doit s'arrêter de fabriquer.

**1.6.6 Résultats attendus avec Kanban**

a) Avantages

- Véritable maîtrise des flux par visualisation évidente avec un principe simple collant à la réalité physique.
- Permet le transfert de certaines tâches d'ordonnancement dans l'atelier entraînant une plus grande motivation du personnel.
- Permet de profiter au maximum de la flexibilité des moyens de production.
- Cette technique ne demande pas l'aide de l'informatique.
- Établit un lien direct entre les postes successifs favorisant la diminution des délais de transmission de l'information et de circulation des pièces.
- Diminution des stocks (à titre d'exemple, chez Toyota, les stocks sont passés d'un mois et demi à trois jours de production).
- Favorise une production plus proche de la demande sans stock diversifié entraînant un coût plus faible de production.

b) Contraintes

- Le système exige :

- un outil capable de passer rapidement d'une fabrication à une autre;
- une production avec des cycles les plus courts possibles;
- un outil de production sans défaillance avec des pièces sans défaut (contrôle de qualité à 100%);
- un système de pilotage maîtrisant l'écoulement des produits et les changements de fabrication.

- La mise en flux exige :

- le regroupement et l'affectation des machines à une production;
- la synchronisation des transferts de pièces (stock 0) ;
- des moyens de manutention adaptés.

- Il est indispensable de :

- mettre en place un contrôle qualité à 100 % (toute pièce défectueuse entraîne une rupture de flux) ;
- d'organiser l'outil de production par ligne de produit et non par atelier technologique;
- Ne mettre en place un système Kanban qu'après avoir amélioré l'outil de production.

c) Inconvénients

- Cette technique ne s'applique qu'à une production en flot continu se rapprochant d'une industrie de type process (les produits doivent s'écouler régulièrement).
- Le Kanban n'est pas une technique de stock 0 mais un système à stock mini (point de commande) et qui reconstitue les stocks simplement parce qu'il y aura eu consommation. Le stock se trouve dans la ligne de production à différents états de fabrication.
- L'entreprise est très fragilisée en cas de perturbation d'approvisionnement des matières premières ou composants de base.

d) Conséquences

- Rechercher à fabriquer au maximum par petits lots par diminution des temps de changement et de réglage de l'outil.
- Pour gagner du temps lors d'un changement de référence il ne faut pas écartier une préconception des produits.
- Le Kanban demande une grande discipline qui peut aller à rencontre des habitudes occidentales (ne pas produire au risque de sous-utilisations des machines).
- Dans ce système, la circulation des informations est aussi importante que la circulation des pièces. Il sera donc nécessaire de mettre en place un système efficace de transmission des kanbans (manuel, pneumatique, informatique...).
- Il faut également penser à la circulation des containers vides. Aucun manuel n'en parle et pourtant c'est un élément capital dans la bonne circulation des pièces.
- C'est un système à production tirée, c'est-à-dire que le processus aval se fournit directement au processus amont pour renouveler les pièces qu'il consomme.

### 1.6.7 Outil de diagnostic

Si le système fonctionne normalement (tous les plannings sont normalement remplis-aucun emplacement entièrement

---

rempli ou entièrement vide), le système de production: est améliorable : il y a trop de stock.

Pour diminuer le niveau du stock, on retire un kanban et un emplacement pour une référence sur le TOP. On attend le blocage d'un poste et on améliore l'environnement ; ce poste. On stoppe cette démarche de diminution du stock lorsqu'on enlevant \_kanban sur un TOP, tous les postes sont en rupture.

S'il ne reste qu'un kanban pour une pièce et que l'on souhaite diminuer le stock. : le remplace par plusieurs autres correspondants à des containers de taille plus pet: (exemple : on remplace 1 container de 100 pièces par 5 containers de 20 pièce> Ensuite, on renouvelle la démarche précédente.

# La fonction « stock »

## 2.1 LES « STOCKS »

### 2.1.1 Préliminaires

#### a) La fonction stock

Le rôle de la fonction stock est d'assurer la gestion des articles de l'entreprise dans le but de satisfaire, au moment opportun (dans une logique de Juste-À-Temps), la disponibilité et la délivrance de ceux-ci pour l'élaboration des produits.

#### b) Définitions

##### Article - Stock

Nous appellerons « ARTICLE », ou « PRODUIT », tout objet manufacturé clairement identifiable dans l'entreprise. Le « STOCK » est alors l'ensemble des articles détenus par l'entreprise.

##### Référence article

Chaque article est repéré par une référence qui le distingue de tous les autres et qui doit souffrir pour retrouver son identification et ses caractéristiques.

##### Disponibilité-Délivrance

La qualité principale d'une bonne gestion des stocks est de pouvoir satisfaire la demande d'un client, qu'il soit interne ou externe, dès l'expression de son besoin. Pour cela, il sera nécessaire d'approvisionner, au préalable, suffisamment de produits pour éviter toute rupture de stock au moment de la demande.

##### Rupture de stock

Définition. On dit qu'un produit est en rupture de stock lorsqu'il est impossible de satisfaire immédiatement une demande exprimée. La quantité en stock est alors

#### c) Remarques de l'auteur

Le stock est un mal nécessaire dans l'entreprise. S'il n'existe pas, celle-ci peut être conduite à des difficultés de production et s'il est trop important, il entraîne de lourdes contraintes financières.

De nombreux ouvrages prônent le « Zéro Stock ». Pour notre part, cela nous semble irréaliste. Par contre, trouver le stock optimum qui permet à l'entreprise d'avoir une pleine activité nous semble beaucoup plus judicieux.

### 2.1.2 Nécessité d'un stock

#### a) Échange commercial

La réponse à un échange commercial n'est jamais immédiate.

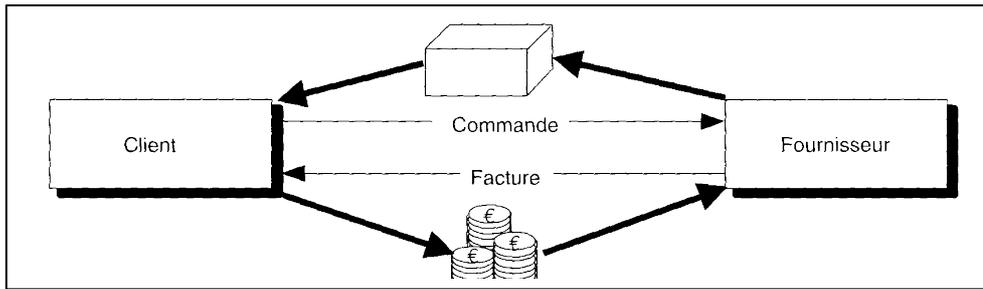


Figure 2.1 Différents flux d'un échange commercial.

De nombreux facteurs obligent l'entreprise à fonctionner avec du stock :

- le délai de mise à disposition des produits vis-à-vis d'un client est presque toujours inférieur au cycle de fabrication. Pour ne pas rater une commande, il est nécessaire d'avoir un stock de produits finis (ou presque finis en fonction du type de fabrication) ;
- la présentation de la facture est rarement simultanée, pour des problèmes d'organisation interne, à la livraison d'une commande;
- la législation comptable permet un règlement différé du montant des factures (règlement à 60 ou 90 jours fin de mois) ;
- de nombreuses matières premières ne sont disponibles qu'avec des délais de livraison très supérieurs aux cycles de fabrication, et encore plus par rapport aux délais de mise à disposition d'un client.

L'entreprise est donc perçue à travers deux stocks : un stock « produits » et un stock financier » (trésorerie). Ces deux stocks représentent l'actif circulant de l'entreprise.

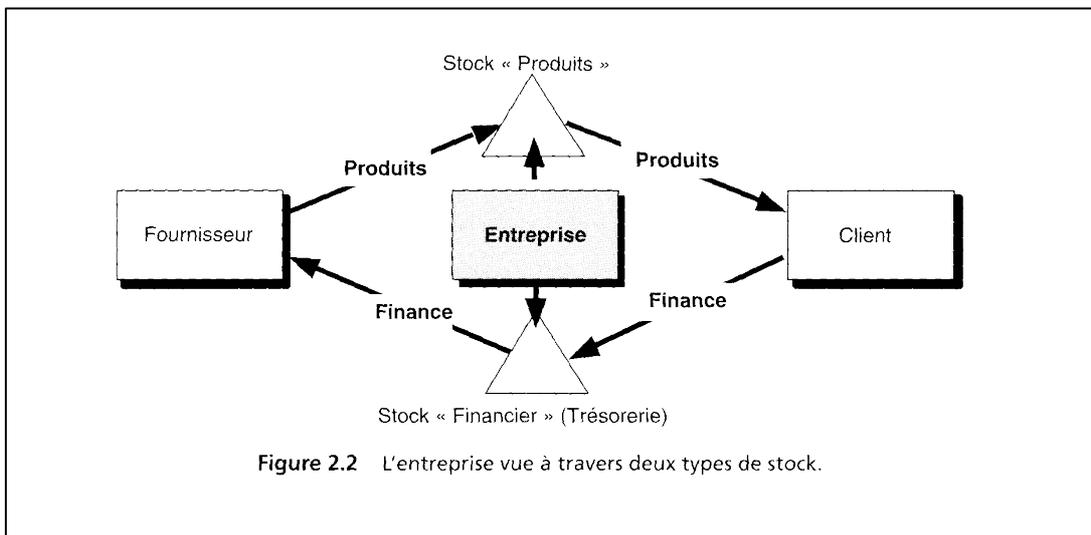
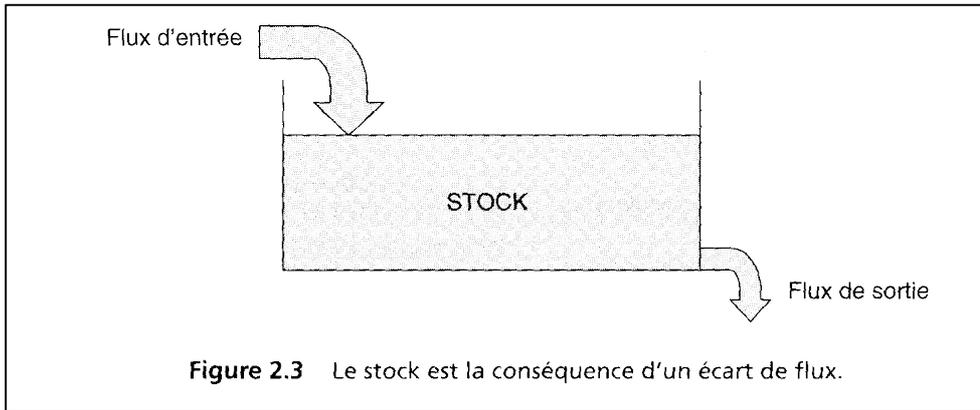


Figure 2.2 L'entreprise vue à travers deux types de stock.

b) À quoi sert le stock ?

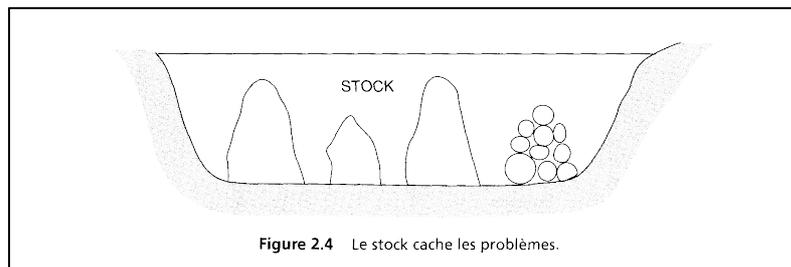
Comme nous venons de le voir, le stock est la conséquence d'un écart entre le flux (financier ou de produits) d'entrée et le flux de sortie sur une période de temps (dans la suite de ce chapitre, nous ne parlerons que des stocks de produits). Un stock joue donc un rôle nécessaire de régulation dans l'entreprise et lui permet d'assurer son activité principale.



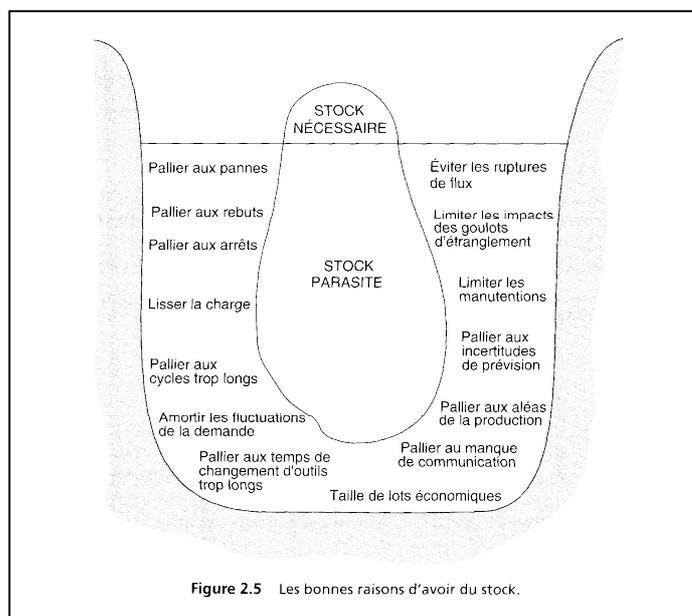
Malheureusement, le stock est également la traduction visible de beaucoup d'inefficacités. Ces inefficacités peuvent être la conséquence de problèmes indépendants ou d'une somme de petits problèmes qui s'accumulent (dans

cette vision, il est bien évident que c'est cette dernière conséquence la plus difficile à détecter).

Nous voyons maintenant qu'il est possible de justifier l'existence d'un stock. Toute fois, il faut chercher, comme nous l'avons dit précédemment, à déterminer le stock « juste nécessaire ». Or ce stock n'est que la face visible de l'iceberg, le reste du stock



(la face caché de l'iceberg) servant à cacher une multitude de problèmes liés à l'organisation et au fonctionnement de la production.



### 2.1.3 Types de stocks

Il existe plusieurs types de stocks en fonction de la nature ou de la destination des articles gérés.

#### a) Typologie en fonction de la nature > Stock de produits finis

Ce stock regroupe les produits immédiatement livrables à la clientèle. À ce stade, les produits peuvent, ou non, être emballés.

##### Stock de produits semi-finis

Ce stock regroupe les ensembles prêts au montage, les rechanges ou les accessoires fabriqués par l'entreprise pour la fabrication ou la clientèle.

##### Stock de matière première

Ce stock regroupe les matières premières, les ébauches, les composants achetés par l'entreprise aux fournisseurs.

##### Stock de maintenance

Ce stock regroupe les pièces de rechange pour les machines outils ou les postes de travail.

##### Stock d'outils-d'outillages

Ce stock regroupe les outils et outillages nécessaires à la fabrication. Dans une optique Juste-A-Temps et de 5 S, il est très important de gérer ce type de stock. S'il n'est pas nécessaire de définir ce qu'est un outil, il est bon de rappeler que les outillages regroupent tous les dispositifs de tenues des pièces sur les poste de travail et les différents gabarits nécessaires à la fabrication (perçage, cintrage...).

#### b) Typologie en fonction de la destination > Stock affecté (ou réservé)

La destination du matériel acheté pour le stock affecté, ou réservé, est connu dès son approvisionnement. Ce matériel est classé par activité ou par commande et ne peut être délivré qu'au titre de la commande ou activité concernée.

##### Stock commun

Le matériel n'a pas de destination prédéfinie et peut être délivré à n'importe quel utilisateur ou pour n'importe quelle commande.

##### Le risque de la différenciation

Il est possible de constater un besoin non satisfait de matériel du stock commun alors que celui-ci se trouve en stock affecté. Il est alors tentant de l'utiliser avec le risque de ne pas pouvoir satisfaire la commande réservataire concernée. C'est pour cela que cette procédure doit rester exceptionnelle et doit faire l'objet d'une demande particulière.

### 2.1.4 La codification

#### a) Définition

La codification est une technique qui permet de pouvoir passer du langage naturel à un

langage symbolique dont l'interprétation est plus aisée. Elle permet de représenter une

expression plus ou moins complexe par un groupe de caractères alphanumériques plus concis, appelé CODE.

#### b) Utilisation de la codification

Il est possible d'utiliser cette technique dès que les expressions que l'on veut manipuler nous paraissent trop longues. Elle est utilisée le plus souvent pour interpréter les caractéristiques des produits ou pour faciliter leur identification.

#### c) Qualités d'un système de codification

Les règles de codification doivent être claires et comprises de tous. Pour cela, un bon code doit être discriminant, stable et pratique.

#### Code discriminant

Il est très mauvais que le même code désigne des expressions ou des caractéristiques très voisines. Lors de la définition d'un code, il est donc nécessaire de rechercher l'article le plus fin à codifier.

#### Code stable

Il est nécessaire de prévoir un système de codification qui peut être utilisé de nombreuses années. En effet, à chaque changement de codification il apparaît de nombreux problèmes qui nuisent au bon fonctionnement de l'entreprise :

- ré-étiquetage de tous les produits ;
- problèmes liés à la gestion des en-cours :
  - quelle est la codification valable à un instant donné ?
  - nécessité de transcodification ;
  - risque d'erreur d'interprétation et de réécriture...

Il faut donc à tout prix éviter de changer une codification dans une entreprise. Si cela est toutefois nécessaire, il faudra veiller à le faire :

- dans le cas d'une impérative nécessité;
- pour une période de grande stabilité ;
- en choisissant une nouvelle structure vraiment différente de la précédente afin d'éviter toute confusion.

#### Code pratique

Un bon code doit être facile à manipuler et à retenir. Pour cela, il faudra veiller à :

- avoir un code qui ne soit pas trop long. Si ce n'est pas possible, il faudra chercher à le découper en zones homogènes (champs) séparées, ou non, par des espaces ;
- si le code ne contient que des chiffres, chercher à ce que sa longueur soit inférieure à 6 caractères. Sinon il faudra chercher à le découper en champs comme vu précédemment;
- éviter un mélange trop important de la nature des champs ;
- préférer les codes de longueur fixe aux codes de longueur variable.

#### d) Nature de code

##### Code arbitraire

C'est une numérotation de l'an qui évolue au fur et à mesure de l'affectation d'un code.

- Avantage :
  - localisation rapide des expressions qui ont disparu (on ne réutilise pas le code libéré);
  - mémorisation rapide d'un code structuré en Série/Sous série/Numéro;
- Inconvénient :
  - code inintelligible ;

- code peut être difficile à retenir s'il est trop long.

Code analytique

Le code est composé de plusieurs champs correspondants chacun à une caractéristique du produit.

**Exemple :** Pour un tuyau on pourrait avoir la référence article : TCu2023600

- Type de produit ex. : T (comme tuyau).
- Matière ex. : Cu (comme cuivre).
- Diamètre intérieur ex. : 20 (pour 20 mm).
- Diamètre extérieur ex. : 23 (pour 23 mm).
- Longueur ex. : 600 (pour 6 mètres).

• Avantage :

- code qui peut paraître clair et facile à retenir (au début).

• Inconvénients :

- code souvent long.

**Exemple :** Pour l'exemple précédent : TCu2023600, la longueur est déjà de 10 caractères !

• Il n'y a pas, ou peu, d'évolution possible. Il est difficile à faire évoluer le code en cas d'ajout de nouvelles caractéristiques ou de nouveaux articles.

Exemple : Pour l'exemple précédent : TCu2023600. Si on souhaite maintenant coder une tôle d'innox.

- Type de produit ex. : comment identifier une tôle ?
- Matière ex. : comment identifier l'innox sur 2 caractères
- Diamètre intérieur ex. : comment déterminer le diamètre d'une tôle ?
- Diamètre extérieur ex. : comment déterminer le diamètre d'une tôle ?
- Longueur ex. : est-ce la longueur ou la largeur de la tôle ?

Une des seules possibilités consiste à utiliser une codification combinée en construisant une matrice de correspondance :

- en ligne, on met les valeurs d'une caractéristique et en colonne, on met les valeurs de l'autre caractéristique;
- l'élément de la matrice correspond à la valeur du code à utiliser.

Code mixte

C'est un code constitué d'une partie arbitraire et d'une partie analytique. La partie arbitraire permet de référencer une famille de produits et la partie analytique permet d'identifier un produit particulier dans la famille. C'est un code souvent utilisé dans l'industrie de l'habillement ou du cuir.

## Partie arbitraire

## Partie analytique

Série	Sous-série	Numéro	Taille	Couleur
AB	123	758	42	R

Code de la profession

Ce sont des codes définis par des organisations professionnelles.

- Avantages :

- Facilite le dialogue Client-Fournisseur.
- Exploitation immédiate des bons de livraison (pas de recodification à la réception des produits).

- Facilite le dialogue entre les entreprises de la même profession.

- Inconvénients :

- Ce sont généralement des codes longs qui permettent de gérer beaucoup d'articles alors que l'on peut ne s'intéresser qu'à un petit nombre d'entre eux dans l'entreprise.
- Il est possible que deux produits différents aient le même code dans deux professions différentes.
- La codification peut ne couvrir qu'une partie des articles de l'entreprise l'obligeant à coder de façon différente l'autre partie. Cela peut entraîner une hétérogénéité des codes.
- L'entreprise subit les décisions concernant cette codification pouvant entraîner parfois des problèmes de mise à jour des fichiers et des programmes de traitement informatique.

### e) Définition d'un code

La définition d'un code se fait en plusieurs étapes :

Étape 1 : Dénombrement des éléments à coder

Avant de mettre en place une codification, il est indispensable de connaître les éléments à codifier. Au terme de cette étape, nous avons une information sur le nombre et la nature des éléments concernant l'étude.

Étape 2 : Classement des éléments par famille

Devant la diversité des éléments à codifier, il est souvent utile de les classer par famille et sous-famille.

Étape 3 : Réflexion sur l'évolution des éléments à codifier

La stabilité est une des qualités principales d'un code, pour cela il faut éviter de le remettre en cause rapidement. Il est donc indispensable d'étudier les évolutions possibles des éléments à codifier (en nombre total et en famille et sous-famille). Cette étape permet d'affiner les résultats obtenus lors de l'étape 1.

Étape 4 : Détermination de la structure du code

Un code doit être décrit en spécifiant ses caractéristiques :

- longueur totale du code (longueur fixe ou variable) ;

- nombre de champs constituant le code avec pour chacun d'entre eux :
  - sa longueur (fixe ou variable) ;
  - la nature des caractères utilisés (numérique, alphabétique ou alphanumérique) ;
  - la nature de la codification employée (arbitraire ou analytique) ;
  - les règles de remplissage grâce à des tables de valeur ou d'exception.

Il est bien évident que les choix qui sont opérés à cette étape doivent être en accord avec les qualités du système de codification. Compte tenu des remarques concernant la nature de la codification, il est préférable de privilégier les codes arbitraires au détriment des codes analytiques.

#### f) Identification des articles

Chaque article est repéré par une référence qui le distingue de tous les autres et qui doit suffire pour retrouver son identification et ses caractéristiques. Il existe donc une relation biunivoque :

ARTICLE  $\Leftrightarrow$  RÉFÉRENCE ARTICLE

Une référence article est représentée, la plupart du temps, par un code qui suit un certain nombre de lois qui sont détaillées dans le paragraphe précédent. Afin de ne pas être trop dépendant des évolutions de la technique, il faut s'interdire de mettre des caractéristiques technologiques dans une référence article : il est préférable de les considérer comme des informations de définition du produit. Cela revient, en fait, à privilégier au maximum les codes arbitraires au détriment des codes analytiques.

## 2.2 LA FONCTION STOCK DANS L'ENTREPRISE

### 2.2.1 Fonctions assurées

La fonction stock se compose de deux sous-fonctions :

- le suivi des stocks ;
- la gestion des stocks.

#### a) Le suivi des stocks

Cette fonction a pour objectif de connaître à tout moment les articles disponibles dans l'entreprise. Pour cela, elle doit assurer une comptabilité physique et financière des articles.

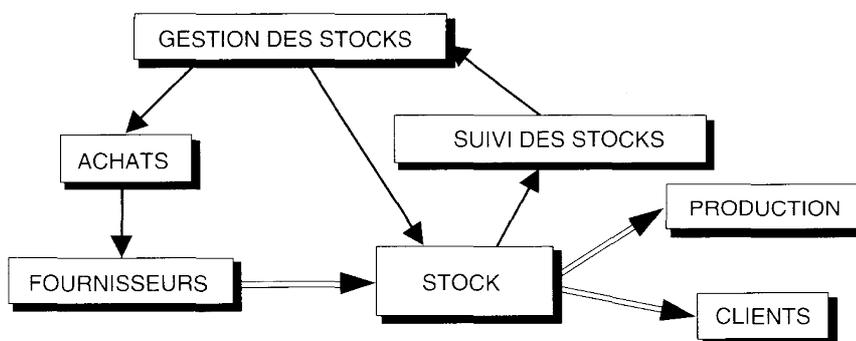


Figure 2.6 Environnement de la fonction Stock.

### Comptabilité physique

Elle doit prendre en compte les réceptions et les délivrances des articles (en nombre > pour pouvoir fournir, à tout moment, un état des stocks à jour.

### Comptabilité financière

Elle doit prendre en compte les entrées et les sorties du stock (en valeur) pour pouvoir fournir, à tout moment, la valeur de l'immobilisation financière.

#### b) La gestion des stocks

Cette fonction a pour rôle de définir :

- l'optimum d'articles différents à posséder dans l'entreprise en effectuant le plus souvent possible une épuration du stock (élimination des stocks morts ou inutiles) ;
- la politique de réapprovisionnement la mieux adaptée pour chaque article ;
- la politique de distribution (ou de consommation) la mieux adaptée pour chaque article.

### 2.2.2 Types de gestion des stocks

#### a) Gestion mono magasin

Tous les produits de l'entreprise, quelque soit leur nature, sont gérés de manière unique en un lieu unique avec une même structure de référence. La détermination du repérage des pièces peut conduire à une codification complexe permettant de gérer des produits de natures très différentes. Suivant le lieu de stockage, on parlera de :

##### Gestion mono magasin/mono site

Les produits sont stockés en un lieu unique. Ce magasin, véritable cœur de l'entreprise, doit être localisé le plus près des lieux d'utilisation des pièces. Dans ce cas, il est possible de noter un besoin important en manutention de pièces.

##### Gestion mono magasin/multi sites

Permet de minimiser les manutentions des pièces car les lieux de magasinage peuvent être répartis aux endroits les plus propices de l'entreprise. Une même pièce peut être stockée dans plusieurs endroits mais la quantité en stock est connue au lieu de gestion.

#### b) Gestion multi magasins

Les pièces de natures différentes sont gérées spécifiquement à différents lieux de l'entreprise avec des références de types différents. Ce type de gestion permet, à l'inverse de la gestion mono-magasin, d'utiliser une codification adaptée à chaque regroupement de natures de pièces. Ce type de gestion permet de gérer séparément des produits de nature différente. Suivant le lieu de stockage, on parlera de :

##### Gestion multi magasins/mono site

Les produits d'une même nature sont stockés en un lieu unique.

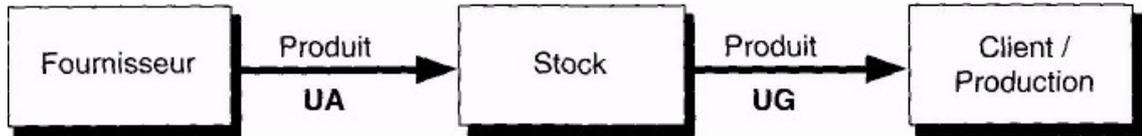
##### Gestion multi magasins/multi-sites

Les produits d'une même nature sont stockés dans des lieux de magasinage répartis aux endroits les plus propices de l'entreprise. Une même pièce peut être identifiée différemment dans plusieurs gestions différentes et la quantité en stock de cette pièce identifiée dans chaque nature n'est connue qu'au lieu spécifique de gestion, il est alors difficile d'avoir une vue globale du stock.

Très souvent les postes de travail se servent dans un magasin précis. Il est quelquefois possible de constater l'arrêt d'un poste pour manque de pièce, alors qu'il en existe dans l'usine identifiée sous une autre référence.

### 2.2.3 L'unité de gestion

Il est nécessaire de déterminer l'unité de délivrance des produits pour avoir une meilleure utilisation dans la fabrication. Cette unité de délivrance correspond à l'unité de gestion des produits en stock.



**Figure 2.7 Unités dans un échange commercial.**

Tous les produits ont une unité d'achat définie par le fournisseur. Cette unité peut plus ou moins bien convenir à une bonne utilisation en fabrication. Il est donc nécessaire de réfléchir sur la bonne unité de consommation du produit.

#### c) Le problème du choix de l'unité de gestion

Afin de comprendre, donnons un exemple : une menuiserie utilise des profilés d'aluminium qu'elle achète par barres de 6 mètres. Doit-elle gérer ces profilés par barres ou par mètre ?

- Si elle les gère par barre elle devra les consommer par barre et en cas d'utilisation d'un petit morceau l'entreprise devra faire payer la chute au client ou devra la gérer avec une unité incompatible.
- Si elle les gère par mètre, elle devra les consommer par mètre. Cette solution facilite la gestion des chutes mais il n'est pas possible de connaître le nombre de barres entières en stock.

Une solution consiste à gérer deux articles en stock pour le même profilé. Un peut gérer les barres entières et l'autre permettra de gérer les chutes. Cette solution pré l'inconvénient de doubler le nombre des références à gérer en stock.

#### d) Choix d'une unité de gestion (UG)

Unité de gestion égale à l'unité d'achat

Ce choix parle de lui-même : l'unité d'achat est compatible avec une bonne utilis dans la fabrication ( $UG = UA$ ).

- Unité de gestion différente à l'unité d'achat L'unité de gestion peut être obtenue par :
- regroupement d'articles ou utilisation d'une unité multiple de l'unité d'achat;
- éclatement de lots ou utilisation d'une unité sous-multiple de l'unité d'achat;
- utilisation d'une unité totalement différente de l'unité d'achat.

**Exemple :** achat au kilogramme, utilisation au mètre ;  
achat vis et écrou, utilisation de boulon.

Il faut, dans ce cas, déterminer le prix unitaire de l'unité de gestion. Celui-ci est à un pourcentage du prix unitaire de l'unité d'achat auquel on ajoute tous les coûts de transformation et/ou de création de nouveaux articles.

Problèmes liés à un mauvais choix d'Unité de Gestion Un mauvais choix d'unité de gestion peut conduire à :

- des difficultés de gestion des chutes et des restes ;

- augmenter le coût des reconditionnements ;
- créer des problèmes dans la détermination des coûts de revient;
- des risques de perte de produits périssables...

#### Magasin libre-service

Une analyse assez précise des coûts montre que la gestion des articles de faible v; coûte très cher pour l'entreprise comparée à leur prix unitaire. Pour ce genre d'artic existe des magasins en libre service et la fabrication se sert lorsque nécessaire. Régrement, ces magasins sont réapprovisionnés par le magasinier.

Ces magasins concernent les produits de faible valeur n'entrant pas directement le coût de revient du produit fini (le coût est fixé a priori). Cette technique est éj ment souvent utilisée pour les matières consommables (huiles, graisses...).

Les produits gérés suivant cette technique ne sont généralement pas classé analyse ABC et on leur affecte arbitrairement la classe D.

### 2.2.4 Suivi des stocks

#### a) Suivi physique des stocks > Réception des produits

Comme son nom l'indique, cette opération consiste à prendre en compte les entrées produits dans le magasin. Ces produits peuvent être :

Fabriqués : produits finis ou semi-finis.

Lorsqu'il existe un bon d'entrée, le magasinier est chargé de vérifier l'exactitude des quantités, sinon il se contente de dénombrer les articles qu'il réceptionne. Dans cette opération, il n'est jamais effectué de contrôle des produits.

- Achetés : matières premières, composants, ébauches...

Une première étape consiste à s'assurer de la conformité de la livraison par rapport à la commande. Ce contrôle est effectué tant du coté quantitatif que qualitatif. Si cette réception s'avère bonne, le magasinier rédige un bon d'admission qu'il envoie aux services administratifs et avertit, si nécessaire, les utilisateurs de l'arrivée des produits (produits affectés ou en rupture de stock).

En final de cette opération, le magasinier est chargé de réactualiser les quantités afférentes des produits concernés. À cette occasion, il sera peut être amené à effectuer un reconditionnement du produit (cf. choix de l'unité de gestion).

#### Délivrance des produits

Lors de la délivrance des produits, ceux-ci sont affectés à des commandes clients. Cette opération consiste donc à retirer du stock les produits demandés (directement par les clients ou par la production) conformément à une commande ou un bon de sortie.

Comme pour les entrées, le magasinier doit mettre à jour les quantités afférentes aux produits concernés.

#### État des stocks

À tout moment, le gestionnaire du stock doit être capable de fournir l'état des stocks de l'entreprise. Cet état doit faire apparaître, à un instant donné pris pour référence, la situation détaillée, en quantité et en emplacement, du stock.

Pour cela, le gestionnaire doit effectuer régulièrement l'inventaire de son stock : opération qui consiste à compter les articles dans les rayons du magasin et d'en vérifier l'exactitude avec la comptabilité administrative. En cas d'écart, il est nécessaire d'effectuer les régularisations comptables qui s'imposent. À cette occasion, il s'assurera de la bonne localisation des produits (le lieu de magasinage d'un produit s'appelle le « gisement »).

Il est possible de faire :

- **un inventaire intermittent** (Généralement annuel) : la législation oblige toute société à établir un inventaire au moins une fois par an, à la fin de l'exercice comptable. Cette technique entraîne une grosse charge de travail qui perturbe généralement l'activité de l'entreprise;
- **un inventaire permanent** : cette technique consiste à tenir à jour en permanence les quantités en stock de chaque article ;
- **un inventaire tournant** : cette méthode consiste à examiner le stock par groupes successifs d'articles et à vérifier l'exactitude des quantités de ces produits. Il est possible de définir des périodes d'inventaire différentes suivant l'importance des produits mais il faut, à tout moment, connaître la dernière date d'inventaire.

#### b) Suivi comptable des stocks > Entrée en stock

Cette opération consiste à prendre en compte dans les documents comptables une entrée en stock. La valorisation du mouvement d'entrée se fait au prix d'achat réalisé.

#### Sortie du stock

Cette opération consiste à prendre en compte dans les documents comptables une délivrance de produits. Elle consiste donc à valoriser le mouvement de sortie du magasin et à l'imputer au client destinataire. Celle-ci peut s'effectuer suivant la technique

- **FIFO** (First In - First Out) : la première unité entrée est celle qui sort du stock en priorité. Cette technique impose une gestion séparée des différents lots d'entrée en stock mais elle permet de sortir en premier les articles les plus anciens.
- **LIFO** (Last In - First Out) : la dernière unité entrée est celle qui sort du stock en priorité. Cette technique, comme la précédente, impose une gestion séparée des différents lots d'entrée en stock mais elle permet d'appliquer les prix les plus près du marché actuel.
- **CMUP** (Coût Moyen Unitaire Pondéré) : le comptable calcule, à chaque entrée en stock, le CMUP en divisant la nouvelle valeur du stock par la quantité totale. Ce calcul peut s'effectuer à chaque entrée ou par période de référence de stockage.

$$\text{CMUP} = \frac{\text{Valeur en stock avant l'entrée} + \text{Montant de l'entrée}}{\text{Quantité en stock avant l'entrée} + \text{Quantité de l'entrée}}$$

- **Prix standard** : prix fixé a priori en fonction de la connaissance des produits, des marchés, des possibilités d'approvisionnement. Cette technique impose de résoudre le problème des écarts et de réviser périodiquement les prix.

#### Valorisation des stocks

La valorisation d'un mouvement ou de tout le stock consiste à déterminer la valeur de ce mouvement ou de l'ensemble du stock, c'est-à-dire la valeur :

$$\text{Prix Unitaire} \times \text{Quantité}$$

Cette valeur sera utilisée dans la prise en compte d'un mouvement de stock ou dans la détermination des actifs de l'entreprise lors de l'établissement du bilan.

#### Exemple d'application

Une entreprise constate au 1er janvier 20xx la situation des stocks suivante :

Produit	PU au 1.1	Qtéau 1.1
2	7,00	79
4	18,00	9

La valeur du stock au 1er janvier est de :

Produit 2 :..... 7,00 x 79

Produit 4 :..... 18,00 x 9

Total : 1 084

Si cette entreprise constate les mouvements de stock suivants, durant ce mois de janvier :

Date	Produit	Mouvement	Quantité	Prix d'achat
3	2	Entrée	340	8,20
	4	Entrée	20	15,00
5	2	Sortie	120	
	4	Sortie	15	
12	2	Sortie	160	
16	4	Entrée	17	19,50
18	2	Sortie	110	
	4	Sortie	25	
21	2	Entrée	340	6,80
22	2	Sortie	190	
26	2	Sortie	117	

**Figure 2.8** Liste des mouvements de stock.

Détermination de l'évolution du stock :

- déterminons, pour chaque article, l'évolution de la quantité en stock;
- calculons son Coût Unitaire Moyen Pondéré à chaque entrée.

Produit	Qtéau 1.1	Mouvement	Prix d'achat	Stock	CMUP
2	79			79	7,00
		+ 340	8,20	419	7,97
		-120		299	7,97
		-160		139	7,97
		-110		29	7,97
		+ 340	6,80	369	6,89
		-190		179	6,89
		-117		62	6,89
4	9			9	18,00
		+ 20	15,00	29	15,93
		- 15		14	15,93
		+ 17	19,50	31	17,88
		-25		6	17,88

**Figure 2.9** Évolution du stock.

Exemple de calcul d'un CMUP : cas du produit 2.

À l'entrée de 340 pièces à 8,20 euros, nous obtenons :

$$\text{CMUP} = \frac{(7 \times 79) + (8,20 \times 340)}{(79 + 340)} = 7,97$$

La valeur du stock au 1er février est de :

Produit2 : ..... 6,89x 62

Produit 4 : ..... 17,88 x 6    Total : 940,96 euros

La valeur du mouvement du 18 janvier concernant le produit n° 2 est de 7,97 x 110 = 876,70 euros.

c) Ordonnancement et paiement des factures

Un des points de dysfonctionnement dans l'organisation de l'entreprise est dû à la répartition, entre trois fonctions, des tâches administratives concernant le stock :

- la fonction achat;
- la fonction magasin ;
- la direction financière.

L'ordonnancement et paiement des factures a pour but :

- de rapprocher les factures, bons de livraison, bulletins d'admission et bulletins de contrôle afférents à des commandes d'achat ou de sous-traitance;
- de constater leur conformité ;
- de procéder à l'envoi au créancier des instruments de paiement.

Cet ordonnancement peut s'expliquer avec le diagramme de circulation des documents ci-après :

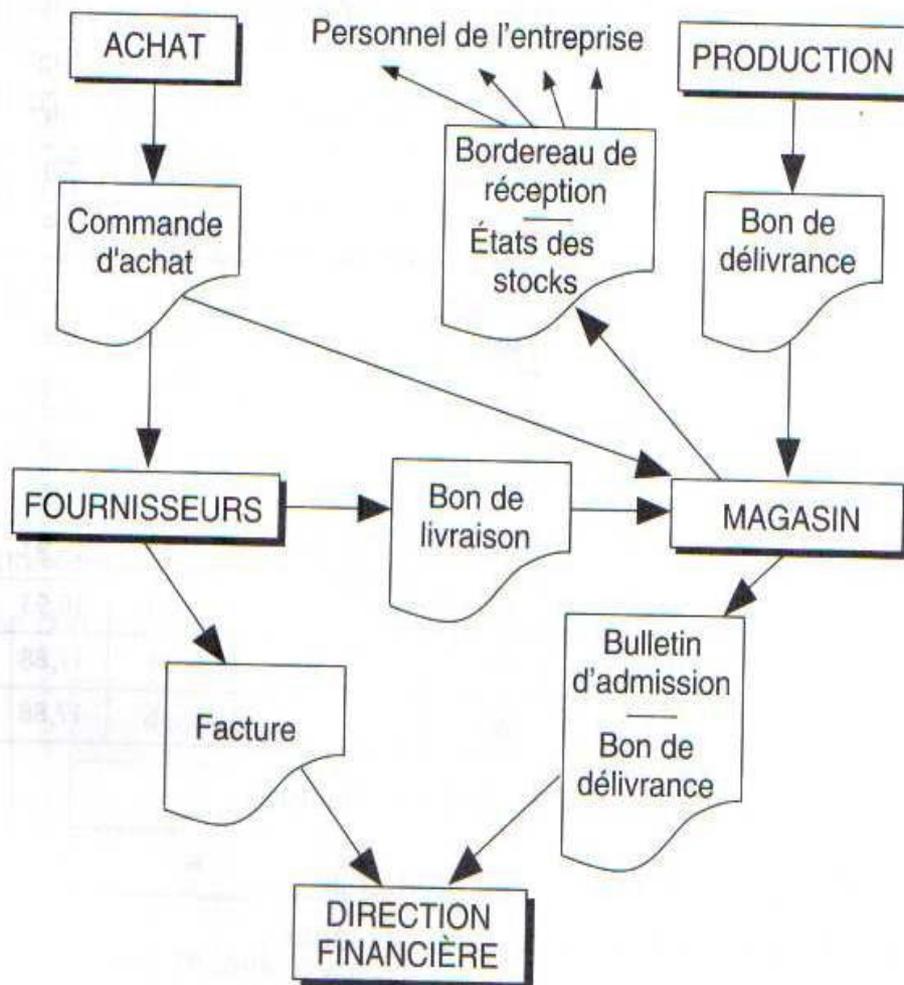


Figure 2.10 Ordonnancement et paiement des factures.

d) Éléments d'analyse du stock : les paramètres de gestion (cf. § 2.3.7 : La quantité économique)

Ces paramètres sont, malheureusement, mal maîtrisés dans les entreprises, faute bien souvent de chercher à les connaître.

Le coût de possession

Le taux couramment utilisé dans les entreprises se situe entre 15 et 35 % suivant le type des articles et la qualité de la gestion des stocks. Attention, il faut tout de même vérifier si celui-ci correspond aux besoins de l'entreprise : un taux de possession élevé n'implique pas obligatoirement une bonne gestion des stocks.

Le coût de lancement

De même, nous avons vu que ce coût dépend essentiellement de l'entreprise et qu'il peut être estimé, généralement, entre 15 et 80 euros.

### 2.2.5 Diminuer le niveau des stocks

Nous avons vu que le stock est la conséquence d'un écart entre un flux d'entrée et un flux de sortie sur une période de temps.

Il faut noter que les stocks peuvent représenter 20 à 60 % des actifs de l'entreprise; ils engendrent donc un besoin important d'investissement et immobilisent la trésorerie qui pourrait être consacrée au développement d'activités rentables de l'entreprise.

Uniquement à l'énoncé de ce constat, il n'est pas difficile de comprendre qu'il est impératif d'optimiser le niveau de stock de l'entreprise. Nous avons vu, également que le stock est le moyen de cacher les dysfonctionnements de l'entreprise. Il est donc évident que toute amélioration visant à éliminer ces points de dysfonctionnement permettront de diminuer l'immobilisation en stock. Ce chapitre pourrait se terminer là, mais nous allons tout de même aborder quelques méthodes et outils visant à diminuer le stock.

#### a) Épuration des articles en fin de vie

Un stock est inutile et coûteux à partir du moment où les raisons qui justifient son existence n'ont plus cours. Compte tenu de l'importance du poids des stocks dans l'entreprise, une des tâches importantes du gestionnaire consiste à « épurer le stock » c'est-à-dire qu'il doit chercher à retirer de sa gestion tous les produits inutiles afin :

- de dégager de l'argent;
- de libérer de la place ;
- d'éviter l'obsolescence de produits qui ne bougent pas.

Éléments permettant l'épuration du stock

Pour déterminer les produits qui « paraissent » ne plus servir il suffit d'analyser, à partir d'une date de référence :

- Par produit, la date de péremption. Sans énoncer une banalité, il faut bien sûr la connaître. Comme le suivi classique des stocks banalise le produit, si on souhaite

Principe de base

Afin de déterminer la classification des éléments d'un ensemble, la méthode ABC propose la démarche suivante :

- identification du problème à résoudre et identification de la classification désirée ;
- recherche du critère d'analyse correspondant à la classification désirée. Ce critère peut exister en tant que valeur connue, ou doit être calculé à partir de valeurs connues ;
- classification des articles par valeur décroissante du critère d'analyse;
- calcul des valeurs de classification (pourcentages cumulés du critère d'analyse) ;
- tracé de la courbe des pourcentages cumulés du critère d'analyse où :
  - les abscisses représentent les éléments à classer;
  - les ordonnées représentent les pourcentages cumulés du critère d'analyse ;
- interprétation de la courbe et détermination des classes d'importance.

Exemple d'analyse ABC

## Présentation de l'exemple

Étant données les informations suivantes concernant un ensemble de 10 éléments.

Éléments	Critère
1	3000
2	20000
3	5000
4	4000
5	500
6	15000
7	10000
8	1 500
9	8000
10	1 000

### Recherche du critère

Comme nous l'avons vu ci-dessus, il est très important de définir le critère d'analyse qui nous permettra de déterminer la classe de chaque élément. Pour cela, il faut :

tout d'abord connaître l'objectif visé par la classification : Quel est le problème à résoudre. Il est très important de souligner qu'un produit n'a pas une classe dans l'absolu, mais a une classe en fonction d'un problème bien précis.

Exemple : définition du système de gestion de chaque article en stock... ensuite, trouver les critères quantifiables permettant d'effectuer l'analyse.

Exemple d'analyse :

- Consommation physique des produits.
- Mouvements de trésorerie (Consommation X Prix unitaire).
- Valeur immobilisée en stock.
- Espace consommé.
- Manutentions (réorganisation d'un magasin)...

Dans notre exemple, nous analyserons l'ensemble de valeurs sur le critère qui nous est fourni.

Calculs préliminaires

Tri des produits par valeur décroissante du critère d'analyse ( $X_i$ ). Calcul du cumul des valeurs du critère d'analyse.

Calcul, pour les  $n$  produits, de  $\sum_{i=1}^n X_i$  (pour  $i = n$  nous trouvons  $X_{\text{total}}$ ).

Calcul du pourcentage d'importance : Pour chaque produit, on calcule :  $\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{X_{\text{total}}}$

Produit	Consommation	Cumul conso	Importance
2	20000	20000	29 %
6	15000	35000	51 %
7	10000	45000	66 %
9	8000	53000	78%
3	5000	58000	85%
4	4000	62000	91 %
1	3000	65000	96 %
8	1 500	66500	98%
10	1 000	67500	99 %
5	500	68000	100 %

#### Tracé de la courbe

Dans un système d'axes où :

- les abscisses représentent les éléments à classer;
- les ordonnées représentent les pourcentages cumulés du critère d'analyse.

On trace la courbe des pourcentages cumulés du critère d'analyse.

**Remarque :** Afin de faciliter la détermination des classes et d'habituer l'œil à différentes formes de courbes, il est préférable de choisir des échelles qui permettent de représenter les courbes dans un carré.

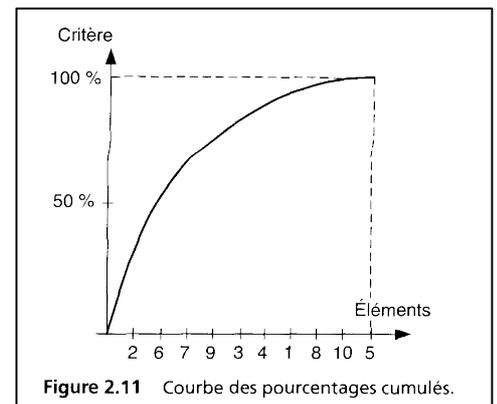


Figure 2.11 Courbe des pourcentages cumulés.

#### Interprétation de la courbe

Dans une répartition se représentant par la courbe théorique de Pareto :

- 20 % des articles correspondent à 80 % de la valeur du critère ;
- les 20 % suivants correspondent à 10 % supplémentaires;
- les 20 % suivants correspondent aux 10 % restants.

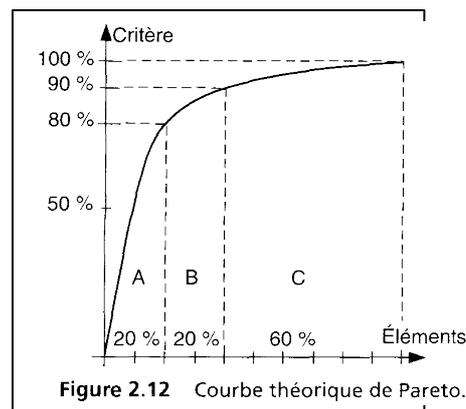


Figure 2.12 Courbe théorique de Pareto.

Toute courbe de répartition d'importance de notre population étudiée est à interpréter par rapport à trois courbes :

- la courbe théorique de Pareto ;
- la courbe extrême 1 ;
- la courbe extrême 2.

### Courbe extrême 1

- Un produit correspond à 100 % de la valeur du critère.

### Courbe extrême 2

- Tous les produits ont la même importance.

Afin de pouvoir déterminer les classes de répartition des produits, nous déterminons le ratio de discrimination :

$$R = \frac{\text{Longueur du segment CE}}{\text{Longueur du segment AB}} \quad (\text{qui correspond à la valeur lue pour le point d'intersection C sur l'axe des ordonnées})$$

Les bornes de définition des classes des éléments sont fixées de manière arbitraire.

Généralement, chaque tranche est un multiple de 10 et la somme est égale à 100. Les tranches de détermination des classes sont des triplets qui correspondent chacune à une zone définie par un faisceau de courbes :

Valeur du ratio de discrimination	Zone	A	B	C
$1 > RD > 0,90$	1	10	10	80
$0,90 > RD > 0,85$	2	10	20	70
$0,85 > RD > 0,75$	3	20	20	60
$0,75 > RD > 0,65$	4	20	30	50
$0,65 > RD$	5	Non interprétable		

Remarque : Nous pouvons constater que pour la courbe théorique de Pareto, la valeur du ratio de discrimination est égal à 0,8.

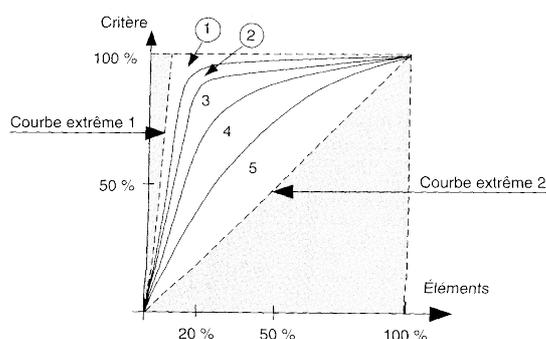
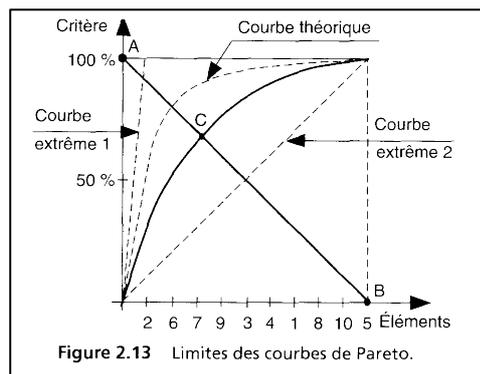


Figure 2.14 Zones de détermination des classes d'importance



Suivant la valeur du ratio de discrimination, on détermine le triplet de classification.

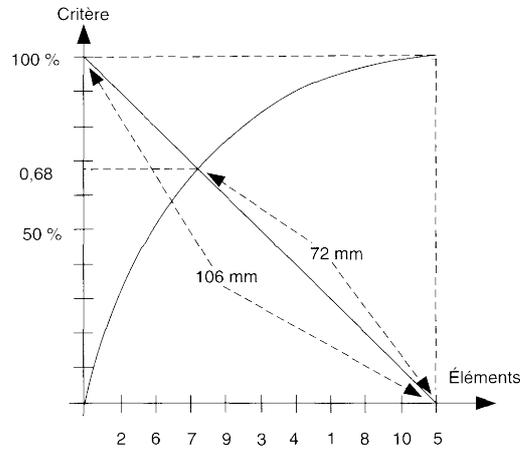


Figure 2.15 Détermination du ratio de discrimination.

Dans notre exemple, le ratio de discrimination est égal à :  $RD = \frac{48 \text{ mm}}{71 \text{ mm}} = 0,676$ .

La courbe se situe dans la zone 4, et correspond à une répartition 20, 30, 50 ce qui nous donne :

- classe A : éléments 2 et 6;
- classe B : éléments 7, 9 et 3 ;
- classe C : éléments 4, 1, 8, 10 et 5.

#### Cas d'une discrimination peu significative

Si l'analyse conduit à une classification peu significative, il est possible de la confirmer par une analyse complémentaire, qui en l'occurrence va nous permettre de traiter un autre problème ou de traiter le même problème avec un autre critère (d'une manière générale, on se limite à deux analyses simultanées).

Si la deuxième analyse est nettement plus discriminante que la première, alors on peut choisir de déterminer les classes d'importance grâce aux résultats de cette analyse.

Si, par contre, la deuxième analyse ne donne pas des résultats plus satisfaisant que la première, il est possible d'effectuer la détermination définitive des classes par interprétation relative de la position de chaque éléments dans chaque classification.

Dans ce cas, les classes se déterminent grâce à une matrice du type :

	Analyse 1		
	A	B	C
Analyse 2	A	A	B
	B	B	C
	C	C	C

Figure 2.16 Matrice de détermination des classes d'importance.

## 2.3 L'« APPROVISIONNEMENT »

### 2.3.1 Problématique

#### a) Présentation générale

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que le stock est le résultat d'une différence entre le flux d'approvisionnement et le flux de la demande.

#### Flux de la demande

Les prévisions de la demande s'extrapolent, après correction des variations saisonnières, de manière linéaire, logarithmique ou exponentielle suivant la tendance de cette demande. À moins de vouloir définir de manière mathématique très fine les paramètres d'approvisionnement, la plupart du temps la demande est modélisée par une droite dont la pente représente la demande moyenne journalière ( $C_{mj}$ ).

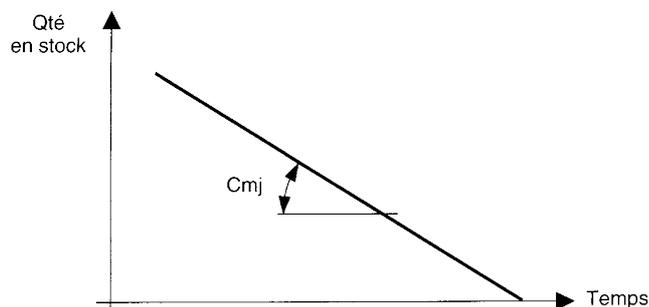


Figure 2.17 Modélisation de la demande.

#### Flux d'approvisionnement

Les flux d'approvisionnement correspondent aux livraisons de produits dans le stock. Ces livraisons peuvent être assurées par un fournisseur extérieur ou le système de production de l'entreprise.

Ces livraisons peuvent être effectuées en une seule fois ou progressivement au fur et à mesure de la production des pièces.

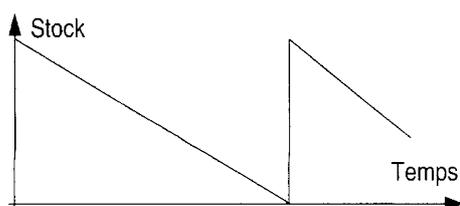


Figure 2.18 Livraison en une seule fois.

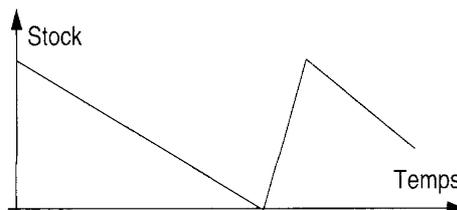


Figure 2.19 Livraison au fur et à mesure de la production.

#### b) Politique d'approvisionnement

Approvisionner, c'est assurer la programmation des besoins de livraison et des stocks dans le cadre de la planification générale de l'entreprise.

Définir une politique d'approvisionnement consiste essentiellement à répondre à trois questions :

- QUOI (quel produit) faut-il approvisionner ?

- QUAND faut-il l'approvisionner ?
- COMBIEN faut-il en approvisionner ?

Après avoir répondu au « quoi ? », nous pouvons répondre aux autres questions :

- Date ou quantité FIXE.
- Date ou quantité VARIABLE.

Il est donc possible de définir, suivant les combinaisons de ces réponses, 4 politiques d'approvisionnement du stock.

Quand ?	Date fixe	Date fixe	Date variable	Date variable
Combien ?	Quantité fixe	Quantité variable	Quantité fixe	Quantité variable
Nom de la méthode	Réapprovisionnement fixe périodique	Recomplètement périodique	Point de commande	

Il est bien évident que chaque politique est adaptée à un produit ou à une catégorie de produits. Cela conduit souvent les entreprises à utiliser ces 4 politiques simultanément. La difficulté consiste donc à choisir la meilleure politique adaptée à chaque produit qui permet d'éviter les ruptures de stock sans immobilisation financière importante.

Chaque politique d'approvisionnement a ses avantages et ses inconvénients. Par avantage on appréciera, plus particulièrement, la simplicité de la procédure alors que pour les inconvénients, on mettra en évidence les coûts des procédures et surtout les risques de rupture possible. Chaque méthode n'est donc pas idéale et il faudra alors rechercher à utiliser la méthode la plus simple en s'assurant que les inconvénients de cette méthode sont acceptables pour l'entreprise.

Il sera donc préférable d'attribuer une méthode d'approvisionnement la plus sûre possible, mais sans doute la plus onéreuse, aux produits les plus importants (de classe A) et une méthode simple et économique, même si elle ne nous préserve pas contre les risques de rupture, aux produits les moins importants (de classe C). Pour les produits de classe B, on les considérera comme des produits de classe A ou de classe C en fonction de la politique de service adoptée par l'entreprise.

### 2.3.2 Approvisionnement à Date variable/Quantité fixe : méthode du point de commande

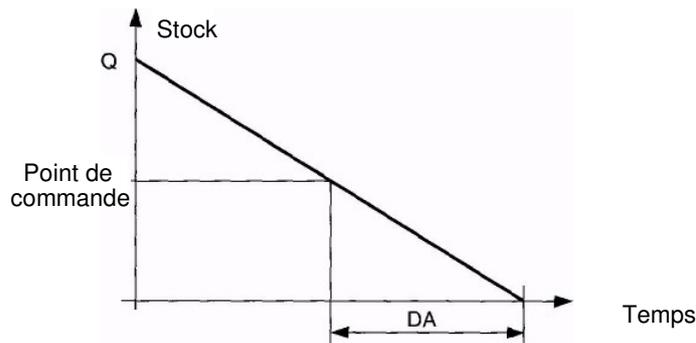
#### a) Présentation

Plus connue sous le nom de méthode du point de commande, celle-ci consiste à définir, dans un concept de Juste-À-Temps, le niveau de stock qui doit permettre de déclencher l'ordre d'achat de façon à être livré juste au moment de l'utilisation de la dernière pièce.

Ce niveau de stock doit permettre de satisfaire les besoins durant le délai allant de la date de connaissance de ce niveau à la date de livraison. Le point de commande s'appelle également seuil de commande ou seuil de réapprovisionnement.

Le point de commande est égal à :  $C_{mj} \times DA$  où :

- $C_{mj}$  = Consommation moyenne journalière ;
- $DA$  = Délai d'approvisionnement (exprimé en jours).



**Figure 2.20** Modélisation de la méthode du point de commande.

Valeur du délai d'approvisionnement « DA »

Trop souvent on ne prend pour DA que le délai de livraison fournisseur. Cette approche est fautive car celui-ci est, en fait, composé de plusieurs délais qui s'additionnent :

- le délai de connaissance du niveau des stocks;
- le délai administratif de décision et de passation d'une commande ;
- le délai fournisseur (Délai de livraison) ;
- le délai administratif de réception d'une commande;
- le délai de mise à jour du niveau des stocks.

- **Délai de connaissance du niveau de stock** : c'est le temps qui s'écoule entre le moment où le stock arrive à un niveau physique donné et le moment où les services fonctionnels sont au courant. Ce temps est estimé nul lorsque le traitement des stocks s'effectue en temps réel alors qu'il peut aller jusqu'à une semaine, ou plus, si le traitement des stocks est effectué en temps différé ou si la prise de décision est centralisée loin du magasin.
- **Délai administratif de passation de commande** : c'est le temps qui s'écoule entre la connaissance du niveau de stock et l'arrivée de la commande chez le fournisseur. Il comprend le temps administratif interne (à l'entreprise) et le temps administratif externe (envoi au fournisseur).
- **Délai fournisseur** : comme son nom l'indique, c'est le temps annoncé par le fournisseur pour la livraison de la marchandise après réception de la commande d'achat. Ce délai englobe le délai de transport du fournisseur à l'entreprise.
- **Délai administratif de réception de commande** : c'est le temps de contrôle des marchandises à la livraison et le temps administratif correspondant interne à l'entreprise.
- **Délai de mise à jour du niveau de stock** : c'est le temps qui s'écoule entre le moment la marchandise est acceptée et les quantités en stock sont à jour dans le système d'information. Ce temps, dépend du mode de traitement informatique du stock, comme pour la connaissance du niveau du stock vu précédemment.

b) Domaine d'application

Avantages

Cette méthode :

- permet d'éviter les ruptures de stocks ;
- est adaptée à une consommation partiellement irrégulière. Jusqu'au moment de passer la commande d'achat (on a atteint le point de commande), la consommation peut être tout à fait aléatoire. Par contre, après cette valeur du stock, il ne doit plus y avoir d'aléas (consommation régulière égale aux prévisions et respect des délais

d'approvisionnement).

Inconvénients Par contre :

- elle impose un suivi permanent des stocks pouvant entraîner des coûts administratifs importants
- et peut encourager à faire des stocks de sécurité.

En conclusion

Cette technique est utilisée essentiellement pour les articles de classe A car elle demande un suivi permanent des stocks entraînant un coût de gestion élevé. Le réapprovisionnement s'effectue, généralement, par quantité économique.

### 2.3.3 Approvisionnement à Date fixe/Quantité fixe : réapprovisionnement fixe périodique

a) Présentation

Dans cette méthode, on prévoit des livraisons de pièces à dates fixes. Les quantités livrées sont égales et peuvent se rapprocher de la quantité économique ou toute autre valeur.

b) Domaine d'application

Avantages

- C'est la méthode d'approvisionnement la plus simple.

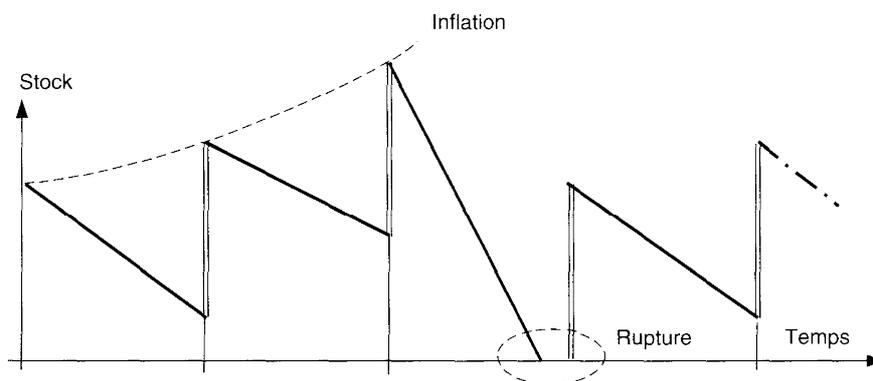


Figure 2.21 Modélisation du réapprovisionnement fixe périodique.

Inconvénients

Si la quantité de réapprovisionnement est mal calculée, ou si la consommation n'est pas régulière (comme indiqué sur la figure ci-dessus), il y a risque :

- d'inflation du stock;
- de rupture de stock.

En conclusion

Cette méthode est conseillée pour approvisionner des produits de classe C dont la consommation est régulière afin d'éviter les risques de rupture de stock, ou si elle se produit, son effet sera minimisé du fait de la classe d'importance de ces produits.

De plus, afin de minimiser le risque d'inflation du stock non maîtrisé, on privilégiera cette méthode pour des produits de faible valeur.

La manière la plus simple d'application de cette méthode est de passer un contrat annuel avec le fournisseur, ce contrat faisant l'objet d'une livraison partielle périodique.

### 2.3.4 Approvisionnement à Date fixe/Quantité variable : reapprovisionnement périodique

#### a) Présentation

Dans cette méthode, appelée également méthode de reapprovisionnement périodique, on définit pour chaque produit un niveau de stock optimum. À période fixe, le fournisseur analyse le stock de son client et reconstitue ce stock d'une quantité permettant de d'atteindre le niveau voulu.

Cette méthode, très couramment utilisée pour le réapprovisionnement des rayons des grandes surfaces, possède une variante dans les entreprises. Dans ce cas, à période fixe, le magasinier analyse le stock et passe une

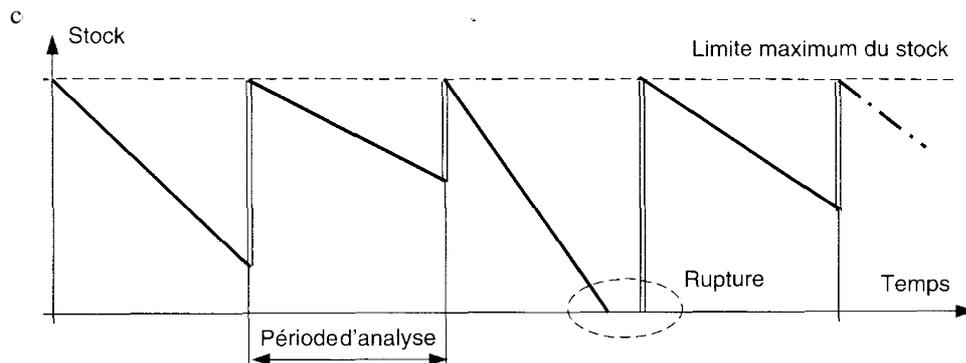


Figure 2.22 Modélisation du reapprovisionnement périodique (sans délai d'approvisionnement).

La valeur de reapprovisionnement est déterminée soit au moment de l'analyse du stock (cas de la figure ci-dessus), soit en tenant compte du délai d'approvisionnement de la commande (on ajoute à chaque quantité l'équivalent de la consommation moyenne pendant le délai d'approvisionnement).

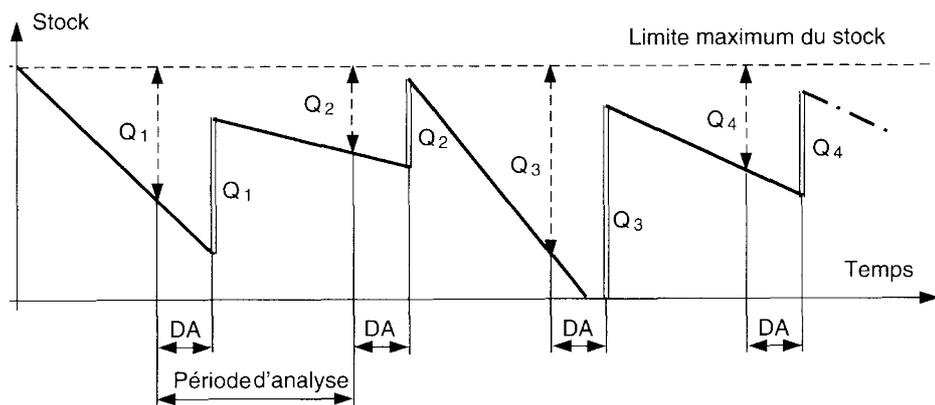


Figure 2.23 Modélisation du reapprovisionnement périodique (avec délai d'approvisionnement).

b) Domaine d'application

> Avantages

Cette méthode permet :

- une gestion des stocks simple ;
- une immobilisation financière faible ou maîtrisée.

>- Inconvénients

Mais elle n'empêche pas la possibilité d'une rupture de stock.

En conclusion

Cette méthode garde une partie de la simplicité de la méthode de réapprovisionnement fixe périodique en palliant à l'inconvénient du risque d'inflation du stock. En conséquence nous privilégierons cette méthode pour des produits dont la demande est régulière (pour éviter au maximum les risques de rupture) ou pour des produits peu importants (le risque de rupture ne perturbe pas le fonctionnement de l'entreprise).

Par contre, cette méthode est fortement conseillée pour des produits coûteux, périssables ou encombrants.

Il est possible de faire des périodes d'inventaire, ou d'analyse, différentes suivant les catégories de produits.

### 2.3.5 Approvisionnement en noria

Dans le cas d'un délai d'approvisionnement important, il est facile de constater que la valeur du point de commande est très importante. Pour éviter d'avoir des quantités de commande trop importantes il est préférable d'avoir des quantités d'approvisionnement proche de la quantité économique.

La durée de couverture des besoins (DC) avec la quantité approvisionnée sera alors de :

$$DC = \frac{\text{Quantité économique}}{\text{Consommation moyenne journalière}} = \frac{Q_e}{C_{mj}}$$

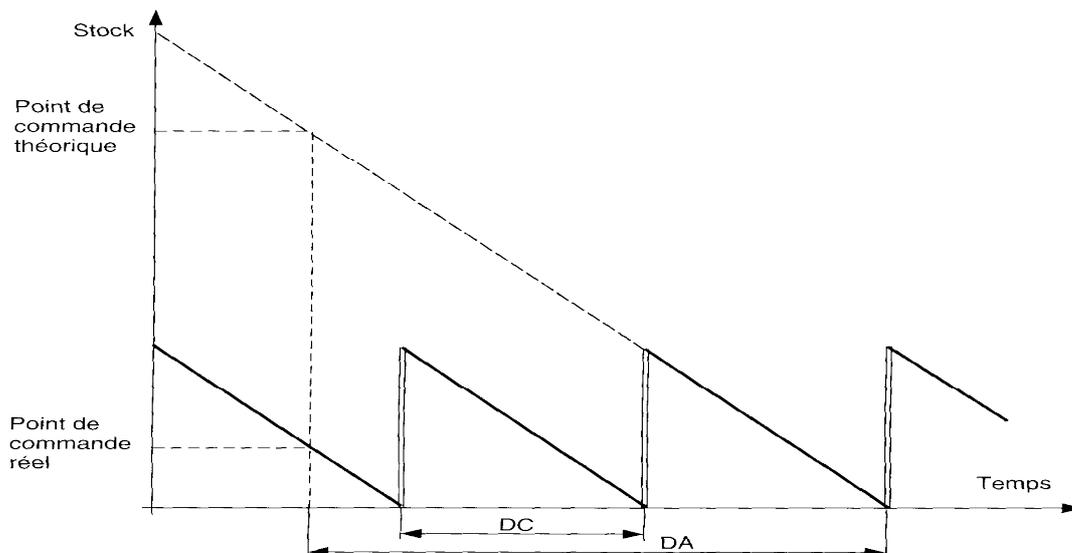


Figure 2.24 Modélisation de l'approvisionnement en noria.

Lorsque la quantité approvisionnée ne permet pas de couvrir la consommation correspondante au délai d'approvisionnement (DA), il faut raisonner sur plusieurs périodes de consommation.

Si DA est le délai d'approvisionnement, le délai à prendre en compte pour le calcul

du point de commande est donc de : 
$$\text{Délai} = DA - E \left[ \frac{DA}{DC} \right] \times DC$$

Le point de commande est donc de : 
$$C_{mj} \times \text{Délai} = C_{mj} \times \left( DA - E \left[ \frac{DA}{DC} \right] \times DC \right)$$

Il faut bien sûr remarquer que cette méthode ne marche qu'en régime établi. Il faut donc prévoir, en début de fabrication, le stock nécessaire à la couverture du premier délai d'approvisionnement. Il est bien évident, également, de préciser que cette méthode ne marche que si la consommation est TRÈS régulière; en cas de variation brusque de la demande, on ne peut espérer une livraison qu'après le délai d'approvisionnement.

### 2.3.6 Approvisionnement à Date variable/Quantité variable

a) Présentation

D'une manière plus triviale, cette méthode revient à acheter n'importe quoi, n'importe quand. Bien sûr, dans ce cas on ne cherche pas à minimiser l'effet du coût de passation d'une commande. Cette méthode est principalement utilisée pour deux catégories de produits :

- les articles dont les prix d'achat varient fortement ou dont la disponibilité n'est pas permanente ;
- les articles entrant dans la fabrication de produits unitaires fabriqués à la commande.

d) Produit à forte variation de prix d'achat

L'achat de ce type de produit (métaux précieux, bois exotiques...) se fait sur estimation =n fonction des opportunités du marché. Dans les estimations, il faudra prévoir les besoins pour les commandes spécifiques, les fabrications de l'entreprise, les aléas de fabrication...

Avantages

Cette méthode permet, éventuellement, de profiter de tarif très intéressant.

Inconvénients

Par contre :

- il faut faire un suivi permanent des coûts du marché pour effectuer les achats les plus intéressants;
- elle ne peut être utilisée que pour un nombre réduit d'article sinon l'entreprise risque de se fragiliser;
- elle peut favoriser la spéculation.

c) Produit pour fabrication unitaire à la commande

L'achat de ce type de produit ne se fait que lorsque la commande du client a été passée

Avantages

Cette méthode permet de ne pas avoir en stock des produits qui risquent de ne jamais être utilisés.

## Inconvénients

Par contre :

- il faut tenir compte des coûts de passation de commande dans le coût unitaire  $c_{\text{produit}}$ ;
- cette méthode ne permet pas de répondre à une demande aléatoire à délai rapide. Il faut tenir compte des délais d'approvisionnement.

### 2.3.7 La quantité économique

**But.** Commander ou fabriquer suffisamment de pièces pour que le total des coûts d'acquisition et de possession, sur une période. Soit minimal pour l'entreprise

Cette période est souvent l'année car les documents comptables nous permettant de connaître les coûts sont annuels, mais il est possible, voire conseillé dans certains cas. De raisonner par période (cas de production saisonnalisée).

Deux types de coûts sont engagés : le coût de lancement (frais fixe) et le coût de possession (frais variable).

#### a) Le coût de lancement

Chaque fois qu'on lance une commande d'achat ou un ordre de fabrication, cela coûte de l'argent à l'entreprise.

#### Application aux approvisionnements

Le coût d'une commande est obtenu en divisant le coût total de fonctionnement du service achat par le nombre de commandes passées annuellement. Il est possible d'affiner ce calcul en divisant par le nombre de lignes de commandes (correspondant dans une commande à un article).

#### Application aux lancements en fabrication

Le coût d'un lancement en fabrication est obtenu en divisant le coût total de fonctionnement du service ordonnancement, auquel il faut ajouter les coûts de réglage des machines et des préséries, par le nombre de lancements en fabrication.

#### Coût de passation d'une commande

$$CI = \frac{\sum (\text{Frais de gestion des commandes})}{\text{Nombre de commandes}}$$

Frais de gestion des commandes :

- salaire des acheteurs ;
- amortissement des bâtiments et du matériel ;
- frais de fonctionnement des bâtiments et du matériel;
- frais des documents et gestion interne;
- frais de Poste et Télécommunication...

#### Coût de lancement en fabrication

$$CI = \frac{\sum (\text{Frais de lancements en fabrication})}{\text{Nombre de lancements en fabrication}}$$

Frais de lancement en fabrication :

- salaire des régleurs et employés concernés par le lancement en fabrication;
- coût du matériel spécifique à la mise en fabrication ;
- coût des pièces de la présérie (déchets, rebuts)...

Ordre de grandeur

La valeur dépend essentiellement de l'entreprise et il est difficile de donner une fourchette de valeur, d'autant plus que bon nombre d'entreprises ne savent pas combien leur revient une commande ou un lancement en fabrication. À titre indicatif, sujet à caution, ^n peut trouver des valeurs comprises entre 10 et 100 euros.

b) Le coût de possession

Le taux de possession annuel « t % » est le coût de possession ramené à un Euro de matériel stocké. Il est obtenu en divisant le coût total des frais de possession par le stock moyen. Ces frais couvrent :

- l'Intérêt du capital immobilisé ;
- les coûts de magasinage (loyer et entretien des locaux, assurances, frais de personnel et de manutention) ;
- les détériorations du matériel;
- les risques d'obsolescence.

Le taux couramment utilisé dans les entreprises se situe entre 15 et 35 % suivant le type des articles et la qualité de la gestion des stocks.

> Calcul du taux de possession

Coût de gestion d'un Euro de stock

$$t = \frac{\sum(\text{Frais de gestion du stock})}{\text{Valeur du stock moyen}}$$

Frais de gestion du stock :

- salaire des magasiniers ;
- amortissement des bâtiments et du matériel ;
- frais de fonctionnement des bâtiments et du matériel ;
- coût d'assurance ;
- coût de détérioration et d'obsolescence ;
- coût usurier de l'argent...

Valeur du stock moyen (si la période est d'un an)

$$\text{Stock moyen} = \frac{(\text{Stock au bilan de l'année } N-1) + (\text{Stock au bilan de l'année } N)}{2}$$

c) Calcul de la quantité économique

Wilson a établi une formule basée sur un modèle mathématique simplificateur dans lequel on considère que la demande est stable sans tenir compte des évolutions de prix des risques de rupture et des variations dans le temps des coûts de commande et de lancement.

Cas d'un réapprovisionnement sans en-cours (livraison immédiate)

Données du calcul

- N : le nombre de pièces prévues d'être consommées sur la période (fabriquées ou achetées) ;
- Q : le nombre de pièces achetées, ou fabriquées, en une seule fois;
- Pu : le prix unitaire de la pièce ;
- Ss : le stock de sécurité envisagé pour cette pièce ;
- t : le taux de possession de l'entreprise exprimée en % pour la période;
- Cl : le coût d'approvisionnement ou de lancement en fabrication.

Calcul du coût annuel de lancement

- Le nombre de lancements pour la période =  $\frac{N}{Q}$
- Le coût total de lancement pour la période =  $\frac{N}{Q} \cdot Cl$

Calcul du coût de possession

- Le stock moyen dans l'entreprise =  $\frac{Q}{2} + Ss$
- Le coût total de possession pour la période =  $(\frac{Q}{2} + Ss) t Pu$

Calcul du total du coût annuel

$$\text{Coût total} = (N \cdot Pu) + (\frac{N}{Q} \cdot Cl) + (\frac{Q}{2} + Ss) \cdot t \cdot Pu$$

Le minimum est atteint lorsque la dérivée de ce coût total par rapport à Q = 0

$$\frac{\delta(Ct)}{\delta(Q)} = 0 - \frac{N \cdot Cl}{Q^2} + \frac{t \cdot Pu}{2} + 0 = 0$$

**Remarque** : Le stock de sécurité n'intervient pas dans cette formule.

## Calcul de la quantité économique

Il faut donc trouver  $Q$  tel que ce coût total soit minimum. Le minimum est atteint lorsque la dérivée de ce coût total par rapport à  $Q$  est nulle. La valeur de  $Q$  est alors égale à la quantité économique (notée  $Q_e$ ).

D'où la formule de Wilson 
$$Q_e = \sqrt{\frac{2 N C l}{t P u}}$$

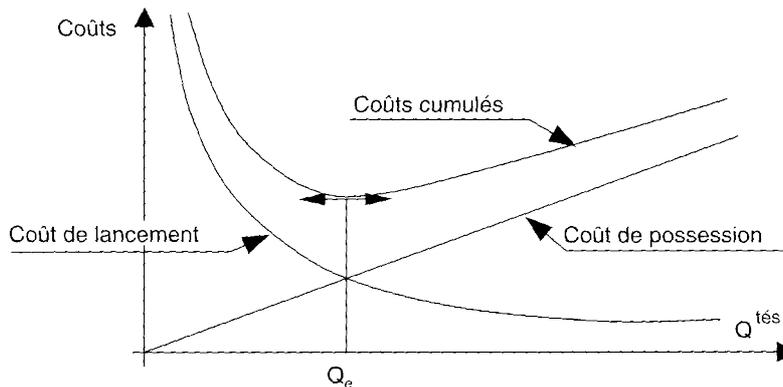


Figure 2.25 Courbe des coûts.

### Exemple d'application

Trouver la quantité économique qui correspond aux informations suivantes :

- période = année ;
- consommation mensuelle : 1 000 pièces;
- $P_u = 10$  euros;
- $S_s = 500$  pièces;
- $C_l = 80$  euros ;
- $t = 25\%$ .

L'application de la formule de Wilson implique d'utiliser la consommation annuelle,

Donc :  $N = 1\,000 \times 12 = 12\,000$  pièces.

Calcul de la quantité économique : 
$$Q_e = \sqrt{\frac{2 \times 12\,000 \times 80}{0,25 \times 10}} = 876 \text{ pièces.}$$

Cas où la consommation commence en cours de fabrication du lot

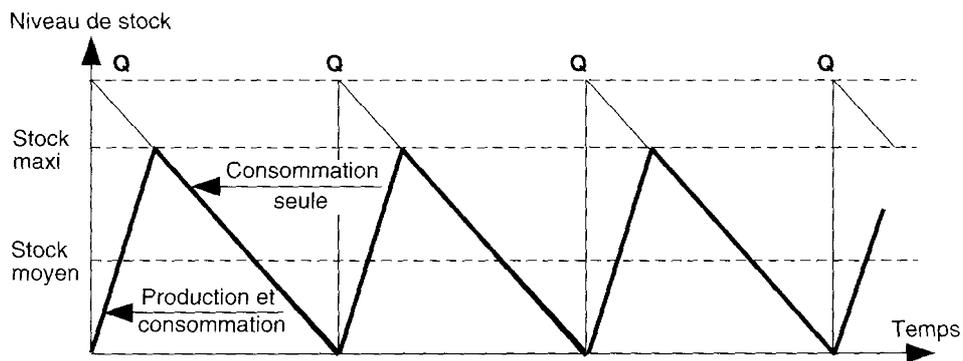


Figure 2.26 Modèle de réapprovisionnement en continu.

Pour le modèle de base, nous avons supposé que la livraison était effectuée en une seule fois. Or il arrive fréquemment que la livraison se cale sur le rythme de la production de façon à ce que le stock soit alimenté en continu par le processus de production. Cette situation peut se modéliser de la manière suivante : Soit:

- Q: la quantité approvisionnée;
- $C_u$  : le coût unitaire du produit;
- $C_{mj}$  : la demande moyenne journalière de l'article ;
- $P_{mj}$  : la cadence de livraison ou de production moyenne journalière ;
- N : la demande totale sur la période ;
- t : le taux de possession ;
- Cl : le coût de lancement en fabrication et d'approvisionnement.

Remarque : Il est évident que le taux de production ( $P_{mj}$ ) doit être supérieur au taux de consommation ( $C_{mj}$ ) sinon on se trouverait en rupture continue.

Le stock maximal est alors : 
$$S_{maxi} = Q - Q \cdot \frac{C_{mj}}{P_{mj}}$$

Le stock moyen est alors : 
$$S_{moy} = \frac{1}{2} \left( Q - Q \cdot \frac{C_{mj}}{P_{mj}} \right)$$

coût de possession : 
$$CP = \frac{1}{2} \left( Q - Q \cdot \frac{C_{mj}}{P_{mj}} \right) \cdot C_u \cdot t$$

Le coût de passation de commande ou de lanceme 
$$CL = \frac{N}{Q} \cdot Cl$$

Le coût de gestion des stocks s'exprime donc par la relation :

$$CG = \frac{N}{Q} \cdot Cl + \frac{1}{2} \left( Q - Q \cdot \frac{C_{mj}}{P_{mj}} \right) \cdot C_u \cdot t$$

La quantité économique devient :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 N C_l}{\left(1 - \frac{C_{mj}}{P_{mj}}\right) t C_u}}$$

### Exemple d'application

Une ligne de montage alimente le stock de produits finis et les livraisons aux clients

•ont quotidiennes. Cette ligne est utilisée au montage de plusieurs références. Pour une référence particulière, les données de gestion du stock sont les suivantes :

- la cadence de production  $P_{mj} = 50$  unités par jour ;
- la demande  $C_{mj} = 10$  unités par jour;
- le coût unitaire  $C_u = 100$  € ;
- le taux de possession annuel  $t = 25$  % ;
- le coût d'un lancement  $C_l = 50$  €.

Sachant qu'il y a 250 jours ouvrés par an, la quantité économique de lancement de ; ette référence sera alors de :

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 \times (250 \times 10) \times 50}{\left(1 - \frac{10}{50}\right) \times 100 \times 0,25}} \approx 123 \text{ unités.}$$

b) Calcul du coût réel d'un produit acheté

Lorsque l'on veut connaître le prix réel d'un produit il faut rajouter au prix d'achat (prix apparent) le surcoût dû aux coûts de lancement et de possession. En rajoutant aux conventions précédentes :

- $F_l$  : le surcoût dû au lancement;
- $F_p$  : le surcoût dû à la possession.

$$C_u = P_u + F_l + F_p$$

Calcul du prix de revient réel

$$C_u = \frac{(N \cdot P_u) + \left(\frac{N}{Q} \cdot C_l\right) + \left(\frac{Q}{2} + S_s\right) \cdot t \cdot P_u}{N} = P_u + \frac{C_l}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + S_s\right) \cdot t \cdot P_u}{N}$$

Remarque : Lorsque le produit est géré sans stock de sécurité et approvisionné par quantité économique, le coût dû au lancement est égal au coût dû à la possession.

$$C_u = P_u + 2 \left(\frac{C_l}{Q}\right)$$

Exemple d'application

Trouver le coût réel d'un produit approvisionné selon les informations suivantes :

- période = année ;
- consommation annuelle : 12 000 pièces;
- $P_u = 10$  euros ;
- $S_s = 500$  pièces ;
- $Cl = 80$  euros;
- $t = 25\%$ ;
- quantité d'approvisionnement = 1 000 pièces.

Avec les données précédentes :

$$C_u = 10 + \frac{80}{1\,000} + \frac{\left(\frac{1\,000}{2} + 500\right) \times 0,25 \times 10}{12\,000} = 10 + 0,08 + 0,208 = 10,288 \text{ €}$$

e) Limite d'application de la quantité économique

> Rappels élémentaires

Est-il nécessaire de rappeler, que les coûts de lancement et de possession sont ceux de l'entreprise et non des valeurs universelles ? L'expérience montre qu'il n'est peut être pas vain de le souligner.

Ces valeurs sont rarement connues dans l'entreprise. Si elle le sont, elles doivent être remises en cause régulièrement (évolution des coûts, des quantités nécessaires, de l'organisation de l'entreprise...).

> Domaine d'application

Compte tenu des hypothèses simplificatrices de la formule, celle-ci ne s'applique pas lorsque la consommation et/ou les prix sont fortement instables. Toutefois, si le résultat n'est pas exact dans ce cas, il peut servir d'indicateur d'ordre de grandeur.

> Utilisation de la quantité exacte

Une idiotie serait de commander exactement la quantité obtenue par la formule. En effet celle-ci ne donnera jamais un résultat compatible avec les unités d'achat imposées par le fournisseur.

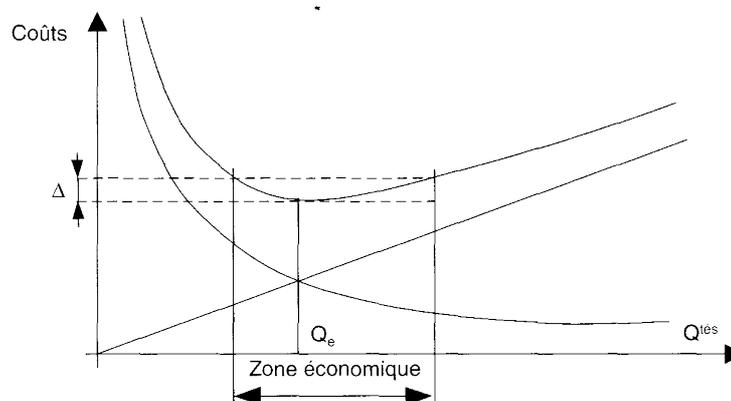


Figure 2.27 Zone économique.

Il est possible de constater qu'au voisinage de l'optimum, le coût varie très peu. Il est donc tout à fait possible de choisir une quantité proche de  $Q_e$  plus en accord avec les contraintes économiques.

$$C_u = P_u + \frac{Cl}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + S_s\right) \cdot t \cdot P_u}{N} = V \text{ (valeur acceptable par l'entreprise)}$$

On en tire l'équation du second degré :

$$\frac{t \cdot P_u}{2} Q^2 + (N \cdot P_u + S_s \cdot t \cdot P_u - N \cdot V) Q + N \cdot Cl = 0$$

### Exemple d'application

Trouver la zone économique qui correspond aux informations suivantes :

- période = année ;
- consommation annuelle : 12 000 pièces ;
- $P_u = 10$  euros;
- $S_s = 500$  pièces;
- $Cl = 80$  euros;
- $t = 25\%$ ;
- coût réel unitaire maximum = 10,30 euros.

L'équation devient :

$$\frac{10 \times 0,25}{2} Q^2 + [(12\,000 \times 10) + (500 \times 0,25 \times 10) - (12\,000 \times 10,30)]Q + (12\,000 \times 80) = 0$$

$$1,25 Q^2 - 2\,350 Q + 960\,000 = 0$$

$$\sqrt{\Delta} = \sqrt{b^2 - 4ac} = \sqrt{(2\,350)^2 - 4 \times 1,25 \times 960\,000} = 850$$

ce qui nous donne les deux valeurs :

$$Q_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} = 600 \text{ pièces} \quad Q_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} = 1\,280 \text{ pièces}$$

En supposant que le fournisseur conditionne cette pièce par 250, il est possible d'approvisionner 750, 1 000 ou 1 250 pièces par commande en respectant le coût réel unitaire maximum.

f) Problème des remises

Lors d'un approvisionnement, il est possible qu'un fournisseur propose une remise pour un achat en grande quantité.

Attention : Dans une entreprise, un achat en plus grande quantité augmente considérablement les coûts de possession, rendant peut-être caduque la remise financière. Il faut donc accepter une remise lorsque le coût total baisse et non lorsque le coût apparent (prix unitaire) baisse.

Cas d'une simple remise

Dans notre exemple, trouvons le taux de remise minimum acceptable pour une proposition de livraison de 5 000 pièces. Il ne faut accepter une remise :

- que lorsque le coût total baisse ;
- et non lorsque le coût apparent (prix unitaire) baisse..

**Attention** : Une remise correspond à un achat en grande quantité, ce qui augmente les coûts de possession, rendant peut-être caduque la remise financière.

Si R est la remise, le prix proposé est égal à :  $P_u (1 - R)$

$$\text{Il faut alors que : } P_u (1 - R) + \frac{C_i}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + S_s\right) \cdot t \cdot P_u (1 - R)}{N} \leq C_u Q_e$$

$$\text{On tire alors : } R \geq \frac{P_u \left( N + \left(\frac{Q}{2} + S_s\right) t \right) + \frac{N C_i}{Q} - N C_u Q_e}{P_u \left( N + \left(\frac{Q}{2} + S_s\right) t \right)}$$

Si R est la remise, le prix proposé est égal à :  $P_u (1 - R)$ , il faut alors que :

$$P_u (1 - R) + \frac{C_i}{Q} + \frac{\left(\frac{Q}{2} + S_s\right) \cdot t \cdot P_u (1 - R)}{N} \leq 10,30$$

Avec les valeurs numériques, cela donne :

$$10 (1 - R) + \frac{80}{5\,000} + \frac{\left(\frac{5\,000}{2} + 500\right) \times 0,25 \times 10 (1 - R)}{12\,000} \leq 10,3$$

$$10 - 10R + 0,016 + \left(\frac{3\,000 \times 0,25 \times 10}{12\,000}\right) - \left(\frac{3\,000 \times 0,25 \times 10}{12\,000}\right) R \leq 10,30$$

$$10,641 - 10,625 R \leq 10,30 \rightarrow R \geq 0,032$$

Nous en déduisons qu'il ne faudra pas accepter une remise inférieure à 3,5 % pour une commande de 5 000 pièces compte tenu des coûts internes à l'entreprise.

#### Cas d'une remise progressive

Si un fournisseur consent des remises par tranches applicables à la totalité de la commande, il est possible de se trouver dans la situation suivante.

Soit, pour un produit P au prix unitaire de 20 €. Suivant la quantité commandée, le fournisseur propose les remises suivantes.

si $0 < Q < 1\ 000$	Aucune remise
$1\ 000 < Q < 3\ 000$	Remise de 2 %
$3\ 000 < Q < 6\ 000$	Remise de 3 %
$6\ 000 < Q$	Remise de 4 %

La courbe du coût total d'approvisionnement est formée de plusieurs branches correspondant, chacune, à la zone de validité des remises. Il s'agit de trouver le point minimum de cet ensemble de courbes.

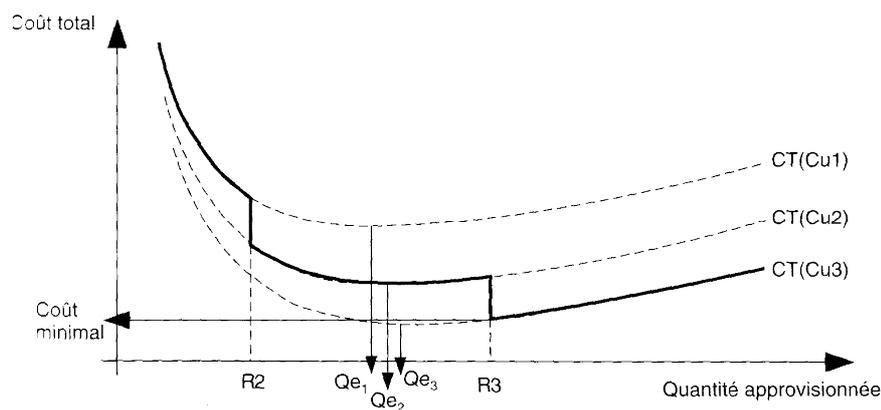


Figure 2.28 Courbe des coûts avec remises.

La courbe de coût total d'approvisionnement est formée de plusieurs branches correspondant, chacune, à une zone de validité de la remise. Il s'agit de trouver le point minimum de cet ensemble de courbes.

En général, les quantités correspondant à la série économique se trouvera dans la zone de validité d'une remise. Les comparaisons sont donc à faire avec des points qui ne sont pas des valeurs de série économique.

Seule, la quantité économique  $Q_e$  se trouve dans la zone de validité de la remise qui lui est applicable.

#### 2.3.8 Stock de sécurité

Quelle que soit la méthode utilisée, tous les calculs s'effectuent sur des moyennes (consommation, délai d'approvisionnement...). Sauf être dans un monde idéal, cela ne se passe jamais comme on l'a prévu et il faut tenir compte de deux types d'aléas qui peuvent nous conduire à une rupture de stock :

- une augmentation de la consommation ;
- une augmentation du délai d'approvisionnement.

Le stock de sécurité est alors une quantité en stock qui doit permettre de pallier à ces aléas. Le calcul de ce stock de sécurité peut se déterminer de manière déterministe (on se fixe des valeurs moyennes d'aléas) ou de manière probabiliste (on se fixe un taux de service à atteindre). Ce taux de service étant défini comme :

$T_s = \frac{\text{Nombre de demandes satisfaites dans la totalité et dans les temps}}{\text{Nombre total de demandes}}$

Nombre total de demandes

a) Stock de sécurité (modèle déterministe)

Si on souhaite pallier à ces aléas, il est possible d'envisager un stock de sécurité qui permettra de réagir face à une augmentation de la consommation ou du délai fournisseur. Le stock de sécurité est à prendre en compte en supplément dans le calcul du point de commande.

>• Augmentation de la consommation

Si cette augmentation revient à une consommation de  $C_{mj}'$  pièces par unité de temps alors que le point de commande a été calculé avec une consommation de  $C_{mj}$  pièces par unité de temps, le stock de sécurité sera égal à :  $(C_{mj}' - C_{mj}) \times DA$ .

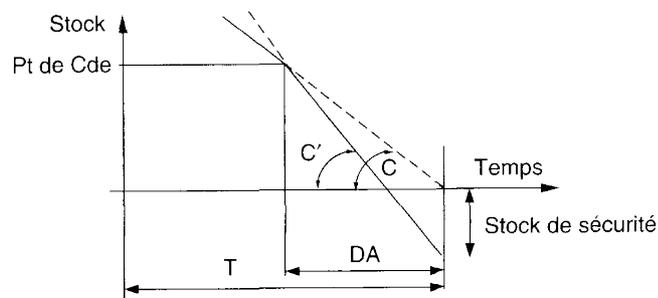


Figure 2.29 Stock de sécurité déterministe (augmentation de la consommation).

Augmentation du délai de livraison

Le stock de sécurité est égal à :  $C_{mj} \cdot ADA$  où  $ADA$  est le dépassement prévisible du délai de livraison.

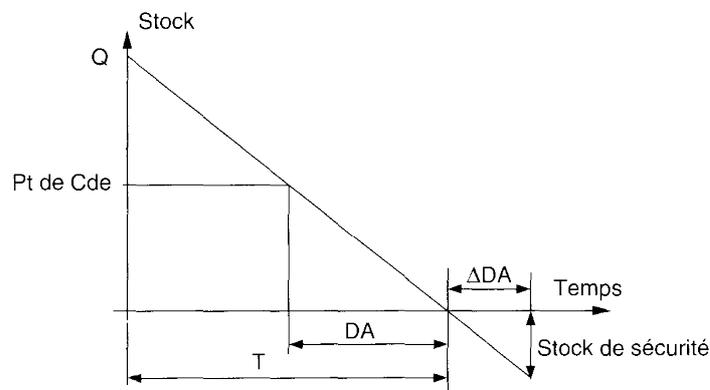


Figure 2.30 Stock de sécurité (augmentation du délai d'approvisionnement).

**Remarque de l'auteur :** Dans le cas d'une recherche de sécurité maximum, il faudrait étudier le cas de l'existence des deux aléas simultanément. Cela nous conduirait à un stock de sécurité de  $(C_{mj}' - C_{mj}) \times (DA + ADA)$ . On arrive très vite à des valeurs importantes qui peuvent être préjudiciables pour l'entreprise. Aussi nous conseillons de prendre en compte le stock de sécurité qui couvre l'aléa le plus contraignant.

b) Stock de sécurité (modèle probabiliste)

Nous avons vu dans le modèle déterministe que le calcul du stock de sécurité se calcule avec des valeurs moyennes de la consommation et du délai d'approfondissement et des écarts déterministes de ces valeurs. D'une manière générale, on caractérise la consommation et le délai par une loi normale.

Afin de mieux comprendre les calculs, les exemples ci-dessous ne concernent que les produits approvisionnés par la méthode du point de commande. Dans ce cas, le délai de protection se limite au délai d'approvisionnement.

Augmentation de la consommation

La recherche du stock de sécurité revient à rechercher la valeur limite  $t$  qui nous assure une probabilité  $\mathcal{P}$  % (taux de service) que la variable  $X$  (demande moyenne :  $C_{mj}$ ) soit inférieure ou égale à cette limite.

$$\mathcal{P}(X \leq t) = \mathcal{P}\left(\frac{X - \bar{x}}{\sigma} \leq \frac{t - \bar{x}}{\sigma}\right) = \Pi \text{ (valeur du tableau correspondant à } \mathcal{P} \text{ \%)}$$

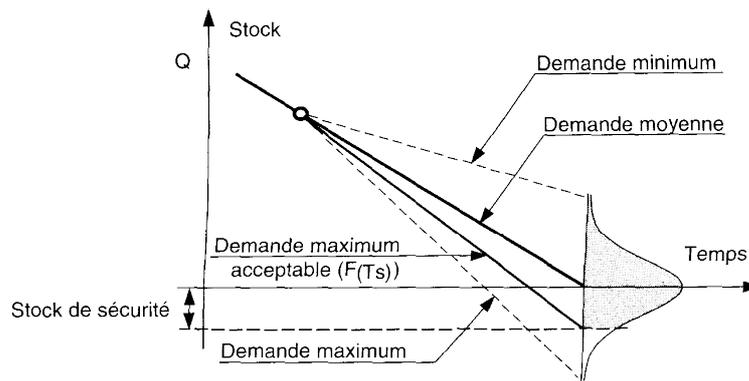


Figure 2.31 Stock de sécurité probabiliste (augmentation de la consommation).

**Exemple d'application**

Étant donnée une pièce dont la consommation journalière  $C_{mj}$  suit la loi normale  $c(20; 2,5)$ , quel est le stock de sécurité qui nous assure un taux de service de 95 % avec un délai d'approvisionnement de 8 jours ouvrés.

Une probabilité de 95 % correspond à  $H(1,645)$

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633

$$\mathcal{P}(C_{mj} \leq t) = \mathcal{P}\left(\frac{C_{mj} - \overline{C_{mj}}}{\sigma} \leq \frac{t - 20}{2,5}\right) = \Pi(1,645)$$

$$\Delta C_{mj} \leq 1,645 \times 2,5 = 4,1125 \quad \text{donc } S_{sec} = 4,1125 \times 8 = 32,9 \text{ soit } 33 \text{ pièces.}$$

Le point de commande, sans stock de sécurité, étant de 160 pièces (20 x 8) devient, avec stock de sécurité 193 pièces (160 + 33).

#### Augmentation du délai de livraison

Dans ce cas, le raisonnement est similaire au précédent conformément à la figure ci-dessous.

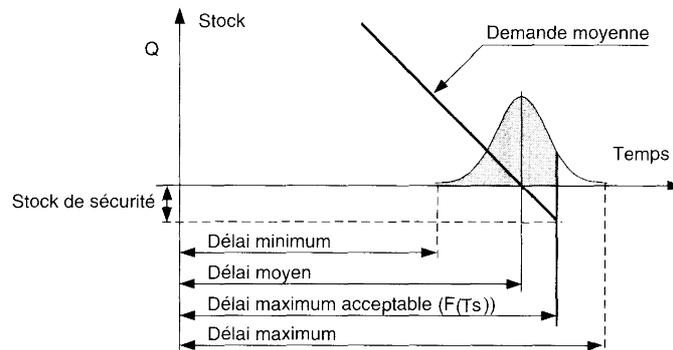


Figure 2.32 Stock de sécurité probabiliste (augmentation du délai d'approvisionnement).

#### Exemple d'application

Étant donnée une pièce dont la consommation journalière  $C_{mj}$  est de 20 pièces, quel est le stock de sécurité qui nous assure un taux de service de 95 % avec un délai d'approvisionnement en jours ouvrés qui suit la loi normale  $D(8; 2)$  ? Une probabilité de 95 % correspond à FI (1,645).

	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633

$$\mathcal{P}(DA \leq t) = \mathcal{P}\left(\frac{DA - \overline{DA}}{\sigma} \leq \frac{t - 8}{2}\right) = \Pi(1,645)$$

$$\Delta DA \leq 1,645 \times 2 = 3,29 \text{ donc } S_{\text{sec}} = 3,29 \times 20 = 65,8 \text{ soit } 66 \text{ pièces}$$

Le point de commande, sans stock de sécurité, étant de 160 pièces (20 x 8) devient, avec stock de sécurité 226 pièces (160 + 66).

Augmentation de la consommation et du délai de livraison

### Exemple d'application

Etant donnée une pièce dont la consommation journalière  $C_{mj}$  suit la loi normale  $f(20; 2,5)$ ,  $_{-}el$  est le stock de sécurité qui nous assure un taux de service de 95 % avec un délai d'approvisionnement en jours ouvrés qui suit la loi normale  $(8; 2)$  ?

Tout d'abord, en considérant le délai moyen et la variation de la consommation, la demande totale, sur la période du délai d'approvisionnement suit donc une loi normale

$$c_{\mathcal{T}_C}((20 \times 8); (2,5 \sqrt{8})) \text{ c'est-à-dire la loi } c_{\mathcal{D}_C}(160; 7,07).$$

De même, en considérant la consommation moyenne et la variation du délai, la demande totale suit également la loi normale liée au délai  $c^I_D(160; 20 \times 2)$ , c'est-à-dire la loi  $c^I_D(160; 40)$ .

Les variations de la consommation et du délai étant indépendantes, on peut appliquer la propriété de l'additivité des variances du théorème de la limite centrale.

$$\text{L'écart type de l'ensemble est égal à } \sigma = \sqrt{\sigma_{c_{\mathcal{T}_C}}^2 + \sigma_{c^I_D}^2} = \sqrt{7,07^2 + 40^2} = 40,62$$

On peut donc maintenant considérer que la demande suit la loi normale  $D(160; 40,62)$ . Le stock de sécurité sera alors de :  $S_{\text{sec}} = 1,645 \times 40,62 = 67$  pièces.

Le point de commande, sans stock de sécurité, étant de 160 pièces (20 x 8) devient, avec stock de sécurité 227 pièces (160 + 67).

**Remarque :** Au regard des données de l'entreprise et des résultats obtenus, on peut noter que ce sont les variations de la consommation liées au délai qui sont les plus critiques.

### 2.3.9 MRPO - Material Requirement Planning

La méthode MRP, à son origine, signifiait Material Requirement Planning et ne concernait que le calcul des besoins en composants et pouvait être considérée comme une autre méthode de réapprovisionnement du stock. Depuis, cette technique s'est développée et la partie calcul des besoins est plus connue aujourd'hui sous le nom de MRPO ou MRP de Classe C.

Les méthodes de réapprovisionnement que nous avons vu jusqu'ici étaient basées sur des prévisions indépendantes des produits entre eux. Or, il est facile de démontrer que plus le nombre de produits est important dans la réalisation d'un produit fini plus la probabilité de réaliser ce produit fini sans rupture de stock est faible. En effet, si chaque composant d'un produit fini a une disponibilité de 0,9 la probabilité d'avoir le produit fini est pratiquement nulle.

Nombre de composants	1	2	3	4	...	...	n
Taux de disponibilité	0,9	(0,9) <sup>2</sup>	(0,9) <sup>3</sup>	(0,9) <sup>4</sup>			(0,9) <sup>n</sup>
	0,9	0,81	0,73	0,65			= 0

Joseph Orlicky, le créateur de cette méthode, a démontré qu'il était possible de prévoir le calendrier de réapprovisionnement des produits du stock à partir de données techniques et de données commerciales. Il n'était plus alors indispensable de définir des approvisionnements sur des statistiques de consommations précédente et de prévoir des stocks de sécurité imprtants.

## Ordonnancement

### Exercice 1.1 (Capacités-Charges)

Mots clés : Capacités. Charges.

a) Énoncé

Une TPE (Très Petite Entreprise) de sous-traitance possède 1 tour et 1 fraiseuse. Spécialisée dans la mécanique de précision, elle exécute des pièces qui passent successivement sur le tour et la fraiseuse.

L'horaire hebdomadaire de travail est de 39 heures réparties en 4 jours de 8 h et 1 jour de 7 heures.

Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un nettoyage régulier qui représente 12 mn pour le tour et 15 mn pour la fraiseuse. Il faut également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour pour différentes causes et le frais assure des fonctions d'encadrement qui représentent environ 30 % de l'horaire de travail.

Cette entreprise vient de recevoir une commande de 200 pièces P1 et 100 pièces P2 ; réaliser dans une semaine.

Soit les gammes de fabrication suivantes :

Pièce P1	Phase	Moyen	Tps Régis	Tps Opér
	10	Tour	1 h	8ch
	20	Frais	2h	6ch
Pièce P2	Phase	Moyen	Tps Régis	Tps Opér
	10	Tour	1 h	6ch
	20	Frais	2h	7ch

b) Travail demandé

1. Calculer les capacités et charges de chaque poste ainsi que de l'ensemble de l'entreprise.
2. Calculer les taux caractéristiques (taux de charge, taux d'utilisation, taux de disponibilité) de chaque poste et de l'ensemble de l'entreprise.

En supposant que le tourneur soit nouvellement embauché et que son savoir-faire ne lui permet pas d'effectuer les pièces dans les temps indiqués par le bureau des méthodes. Que deviennent les résultats précédents si on considère qu'il est plus lent (20 % de plus que la normale) ?

## Corrigé de l'exercice 1.1 (Capacités-Charges)

### 1. Caractéristiques de chaque poste

> Capacité par poste

L'analyse des temps peut se représenter suivant le tableau suivant :

	Tour	Fraiseuse
Capacité théorique	39 h	39 h
Encadrement		$39 \times 0,30 = 11,7$ h
Arrêts	$0,5 \times 5 = 2,5$ h	$0,5 \times 5 = 2,5$ h
Nettoyage	$12/60 \times 5 = 0,2 \times 5 = 1$ h 60	$15/60 \times 5 = 0,25 \times 5 = 1,25$ h 60
Capacité réelle	35,5 h	23,55 h

	Tour	Fraiseuse
Pièces P1	$1 + (200 \times 0,08) = 17$ h	$1 + (200 \times 0,06) = 14$ h
Pièces P2	$1 + (100 \times 0,06) = 7$ h	$1 + (200 \times 0,07) = 14$ h
Charge par poste	24 h	23 h

Récapitulatif pour l'entreprise

ils résultats correspondant à l'ensemble des moyennes de l'ensemble des résultats de chaque poste élémentaire.

If		Tour	Fraiseuse	Entreprise
Capacité (h)	Capacité théorique	39,00	39,00	78,00
	Encadrement			11,70
	Arrêts	2,50	2,50	5,00
	Nettoyage	1,00	1,00	2,25
	Capacité réelle	35,50	25,50	59,05
Charge (h)	Pièces P1	17,00	14,00	31,00
	Pièces P2	7,00	9,00	16,00
	Charge par poste	24,00	23,00	47,00

## 2 Calcul des différents taux

Rappel du calcul des 3 taux caractéristiques d'un moyen de production :

$$\text{Taux de charge : } T_c = \frac{\text{Cumul des charges}}{\text{Capacité réelle}} \quad \text{Taux d'utilisation} \quad T_u = \frac{\text{Capacité des charges}}{\text{Capacité théorique}}$$

$$\text{Taux de disponibilité d'un moyen : } T_d = \frac{\text{Capacité réelle}}{\text{Capacité théorique}}$$

Ces trois taux s'enchaînent de la manière suivante :  $T_u = T_c \times T_d$ .

If		Tour	Fraiseuse	Entreprise
Capacité (h)	Capacité théorique	39,00	39.00	78.00
	Capacité réelle	35.00	23.55	59.05
Charge (h)	Charge par poste	24.00	23.00	47.00
Charge (h)	Taux de charge	67.00	97.66	79.59
	Taux d'utilisation	61.54	58.97	60.25
	Taux de disponibilité	91.02	60.38	75.70

**Remarque :** Attention de ne pas déduire, comme cela est fait très souvent, des conclusions trop hâtives du taux d'utilisation de l'entreprise pouvant conduire à des difficultés de gestion. En effet, une analyse par poste nous a montré que le poste de fraiseuse est en limite de saturation.

### 3. Cas du tourneur débutant

Les temps « gamme » sont calculés pour un opérateur moyen. La prise en compte d'un moins rapide va conduire à une augmentation de ces temps. Lorsque l'on établit la gamme, on ne sait pas par quel opérateur celle-ci sera exécutée, il est donc plus facile de diminuer simplement la capacité réelle du poste pour tenir compte de la compétence de l'opérateur. Le raisonnement est identique pour la prise en compte d'un opérateur plus rapide, on augmentera la capacité réelle du poste.

le tourneur débutant allant 20 % plus lentement que la normale, cela revient donc à diminuer la capacité réelle du poste en conséquence.

**Attention :** Il faut diviser la capacité réelle par 1,20 et non la multiplier par 1,20. En effet, en raisonnant sur une charge de travail ( $Ch_{max}$ ) qui conduit le poste à un taux de charge de 100 %, il est possible d'écrire l'équation suivante :

$$\frac{Ch_{\max} \times 1,20}{\text{Capacité réelle } 35,50 \text{ h}} = \frac{Ch_{\max}}{\text{Capacité réelle fictive}} \rightarrow \text{Capacité réelle fictive} = \frac{\text{Capacité réelle}}{1,20}$$

Cela nous donne alors une capacité de  $\frac{35,50 \text{ h}}{1,20} = 29,58 \text{ h}$ . Pour une même charge de travail,

Le taux d'utilisation du poste devient alors de  $\frac{24}{29,58} = 81,14\%$ .

### Exercice 1.2 (Algorithme de Johnson)

Mots clés : Algorithme de Johnson.

a) Énoncé

Les produits  $P_i$  sont des armoires électriques qui sont réalisées dans deux ateliers (un atelier de tôlerie et un atelier d'électricité) conformément aux OF suivants (les temps) sont exprimés en heures) :

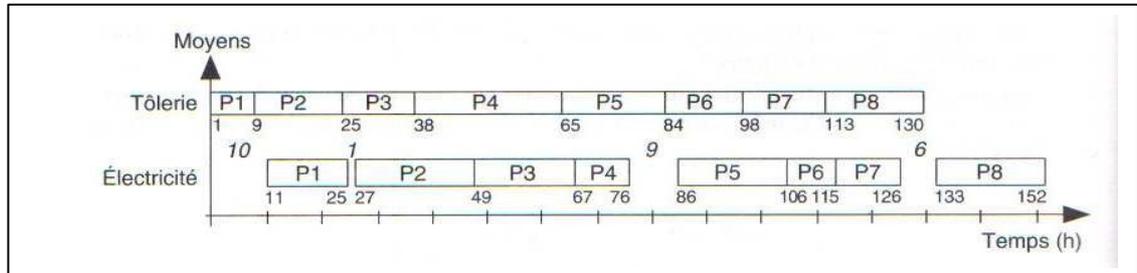
P1			P2			P3			P4		ni
Phase	Moyen	Temps	Phase	Moyen	Temps	Phase	Moyen	Temps	Phase	Moyen	
10	Tôlerie	8	10	Tôleri	16	10	Tôlerie	13	10	Tôleri	27
20	Elect	15	20	Eléct	22	20	Elect	18	20	Eléct	10
PS			P6			P7			PS		
Phase	Moyen	Temps	Phase	Moyen	Temps	Phase	Moyen	Temps	Phase	Moyen	Temp
10	Tôlerie	19	10	Tôleri	14	10	Tôlerie	15	10	Tôleri	<sup>s</sup> 18
20	Elect	20	20	Eléct	9	20	Elect	12	20	Eléct	20

b) Travail demandé

1. Calculer la durée de fabrication des ces 8 OF si on les lubrique uu plus tôt dans l'ordre des numéros d'OF. Quel est le temps d'inactivité de l'atelier d'électricité ?
2. Calculer la durée île de fabrication de ces 8 OF si on les fabrique au plus tôt dans l'ordre déterminé par l'algorithme de Johnson. Quel est le temps d'inactivité de l'atelier d'électricité ? Quel gain obtient-on en appliquant cet algorithme ?

## Corrigé de l'exercice 1.2 (Algorithme de Johnson)

### 1. Placement dans l'ordre des numéros d'OF



En traçant le diagramme GANTT d'utilisation des ateliers de Tôlerie et d'Électricité correspondant à un placement au plus tôt des commandes dans l'ordre des numéros d'OF, nous trouvons une durée totale de fabrication de 152 heures. Le temps d'inactivité de l'atelier d'électricité (chiffres en italiques) est de :

$$10 + 1 + 9 + 6 = 26 \text{ heures}$$

### 2. Placement dans l'ordre de l'algorithme de Johnson

Les ateliers de Tôlerie et d'Électricité étant toujours utilisés en séquence, il est préférable de fabriquer les OF suivant l'ordre donné par l'algorithme de Johnson. En appliquant cet algorithme :

Tant qu'il y a une fabrication

- recherche du temps le plus faible de passage sur les deux machines;
- si le temps concerne la première phase nous commençons par elle;
- si le temps concerne la deuxième phase nous terminons par elle.

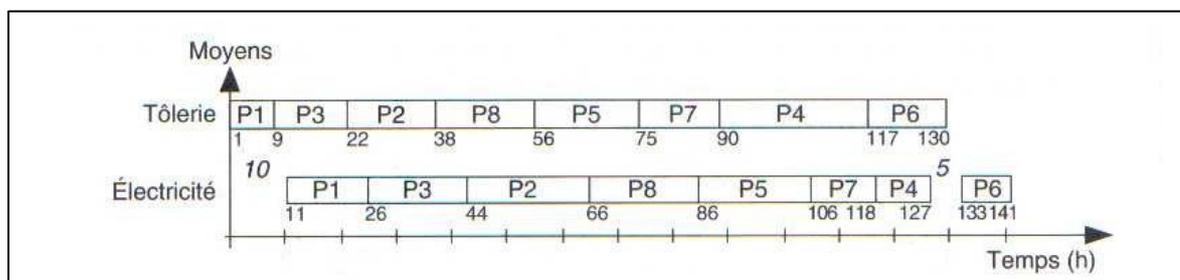
En appliquant cet algorithme, nous trouvons l'ordre : P1, P3, P2, P8, P5, P7, P4, P6. Nous trouvons le même résultat en raisonnant suivant la procédure :

Ensemble E1 des pièces dont  $T_{m1} < T_{m2}$  : P1, P2, P3, P5, P8

Ensemble E2 des pièces dont  $T_{m1} > T_{m2}$  : P4, P6, P7

E1 trié dans l'ordre croissant de  $T_{m1}$  : P1, P3, P2, P8, P5

E2 trié dans l'ordre décroissant de  $T_{m2}$  : P7, P4, P6



---

En traçant le diagramme GANTT d'utilisation des ateliers de Tôlerie et d'Électricité correspondant à un placement au plus tôt des commandes dans l'ordre fourni par l'algorithme de Johnson, nous trouvons une durée totale de fabrication de 151 heures.

Le temps d'inactivité de l'atelier d'électricité (chiffres en italiques) est de :  $10 + 5 = 15$  h. Nous constatons que nous avons gagné globalement  $152 - 141 = 11$  heures qui est le résultat d'une meilleure utilisation de l'atelier d'électricité ( $26 - 15 = 11$  heures).

### Exercice 1.3 (Algorithme de Johnson généralisé)

#### .1) Énoncé

Le responsable d'une section atelier doit fabriquer les produits A à E suivant les ordres de fabrication (OF) suivants (les temps sont exprimés en heures) :

OFA		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	10
20	P2	8
30	P3	10
40	P5	5
50	P6	3

OFB		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	3
20	P2	12
30	P3	7
40	P4	8
50	P5	4
60	P6	7

OFC		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	7
20	P2	5
30	P3	2
40	P4	4
50	P5	8
60	P6	3

OFD		
Phase	Moyen	Temps
10	P3	6
20	P5	4

OFE		
Phase	Moyen	Temps
10	P1	2
20	P2	13
30	P3	8
40	P4	3
50	P5	7
60	P6	7

**Remarque :** Nous négligerons, dans cet exercice, les différents travaux manutentionnaires et de nettoyage, ainsi que les pauses autorisées dans l'atelier et les ateliers inter-opérateurs.

#### b) Travail demandé ?

1. Quelle technique d'ordonnement devez-vous utiliser pour planifier cette section d'atelier ?
2. Compte tenu de la technique que vous venez de préconiser, déterminer l'ordre de fabrication que vous devez prendre en compte ces OF lors de l'élaboration du plan.
3. Représenter graphiquement l'ordre de ces fabrications dans le temps :
  - 3.1. Les moyens en ordonnées, le temps en abscisses.
  - 3.2. Les produits en ordonnées, le temps en abscisses.
4. Déterminer le temps total de fabrication de ces 5 produits (on suppose qu'il n'y a pas d'en-cours de fabrication).

## Corrigé de l'exercice 1.3 (Algorithme de Johnson généralisé)

### 1. Technique d'ordonnement à utiliser

Nous pouvons constater que chaque fabrication passe successivement d'un poste à l'autre suivant la même chronologie. C'est donc le domaine idéal pour utiliser l'algorithme de Johnson Généralisé.

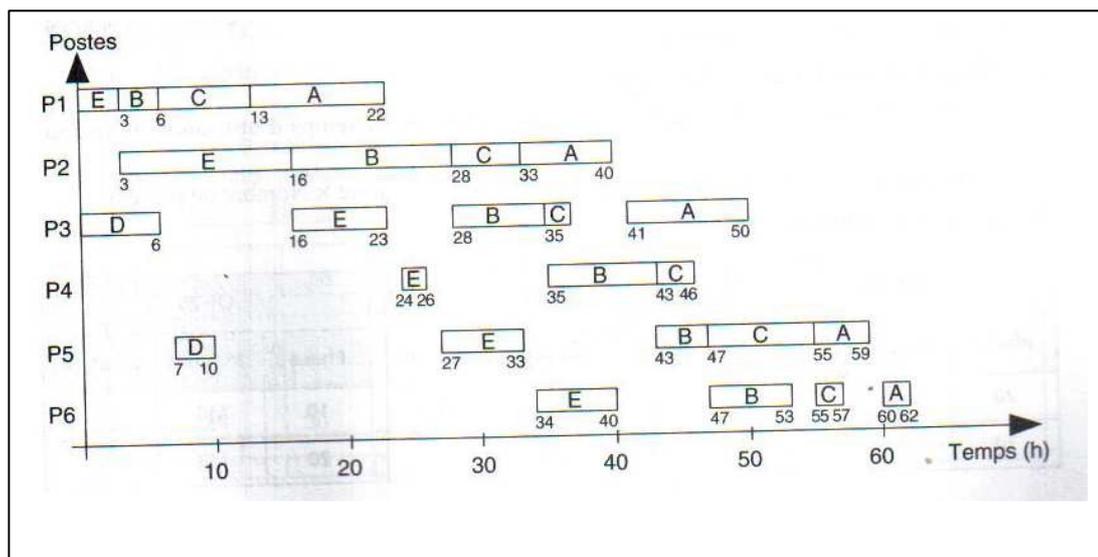
### 2. Ordre de prise en compte des OF lors de l'élaboration du planning

En appliquant la technique de l'algorithme de Johnson généralisé, nous pouvons établir le tableau suivant :

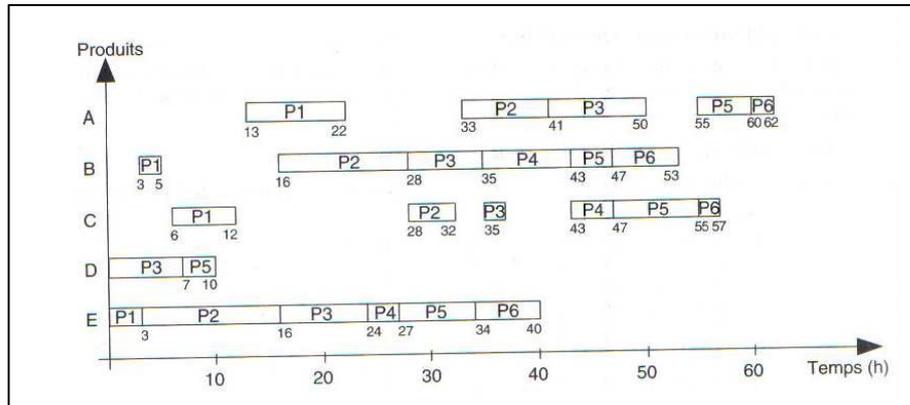
	A	B	C	D	E
Poste 1	10	3	7		II
Poste 2	8	12	S		13
Poste 3	10	7	2	6	8
Poste 5		4	8	4	7
Poste 6	3	7	3		7
Total	36	41	29	10	40
X	33	34	26	6	33
Y	26	38	22	4	38
X/Y	1,27	0,89	1,18	1,5	0,87

Nous en déduisons qu'il faut prendre les OF dans l'ordre : E, B, C, A, D.

3. Représentation graphique de la fabrication des 5 produits 3.1. Les moyens en ordonnées, les temps en abscisses



### 3.2. Les produits en ordonnées, le temps en abscisses



### 3.3. Commentaire sur ces représentations

Ces deux représentations sont indispensables dans l'entreprise. La première permet au responsable d'atelier de connaître rapidement l'utilisation des moyens tandis que la seconde permet au responsable commercial de connaître rapidement les dates de réalisation des produits.

De manière générale, on construit d'abord la première représentation (utilisation des moyens en fonction du temps) et on en déduit la seconde (réalisation des produits en fonction du temps).

### 4. Temps total de fabrication de ces 5 produits

À la lecture du graphe GANTT, nous en déduisons que durée totale de réalisation des 5 produits est de 62 heures.

### Exercice 1.4 (Ordonnancement job shop)

a) Énoncé

Une entreprise de sous-traitance mécanique doit réaliser les ordres de fabrication (OF) suivants durant les semaines  $i$  et  $i+1$  à venir :

Numéro d'OF	Numéro de produit	Quantité	Date de mise à disposition		
			Semaine	Jour	Heure
23	P5	40	$i$	Mardi	12h
24	P3	70	$i$	Mardi	12 h
25	P1	60	$i$	Lundi	18 h
26	P3	70	$i$	Vendredi	8 h
27	P1	80	$i$	Mercredi	8 h
28	P2	60	$i$	Jeudi	18h
29	P7	30	$i+1$	Vendredi	12h
30	P6	100	$i+1$	Jeudi	12 h
31	P2	40	$i+1$	Mardi	12h
32	P8	50	$i+1$	Jeudi	8h
33	P4	60	$i+1$	Vendredi	8h

qui concernent les produits suivants :

Produit P1			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (en)
10	M4	0,2	6
20	M3	0	5

Produit P2			
Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)
10	M2	1	15
20	M3	1	20

Produit P3			
Phase	Moyen	loin Prep (h)	Opér (c h)
10	M1	0,5	
20	M3	0,5	
30	M2	0,6	12
40	M4	0,1	7

Produit P4			
Phase 10	Moyen	Prep (h)	Opér (ch)
		1	
	M3		5
20	M2	0	5
30	M1	0,4	6
40	M3	1	10

Produit P5				Produit P6			
Phase	Moyen	Temps		Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)			Prep (h)	Opér (ch)
10	M1	0	10	10	M4	1	13
20	M3	0,2	17	20	M1	2	16
30	M1	0,4	14	30	M4	1	14

Produit P7				Produit PS			
Phase	Moyen	Temps		Phase	Moyen	Temps	
		Prep (h)	Opér (ch)			Prep (h)	Opér (ch)
10	M1	0	30	10	M1	0,5	13
20	M2	0,6	18	20	M3	0	10
30	M4	0,5	15	30	M4	0,5	23
40	M2	0,6	28	40	M2	0	14
50	M3	1	30				
60	M2	0,5	25				

L'entreprise travaille 39 heures par semaine :

- 8 heures les lundi, mardi, mercredi et jeudi (8 h-12 h et 13 h-17 h);
- 7 heures le vendredi (8 h-12 h et 13 h-16 h).

**Remarque** : Nous négligerons, dans cet exercice, les différents travaux administratifs et de nettoyage, ainsi que les pauses autorisées dans l'atelier.

Les OF 23, 24 et 25 étant en cours de fabrication, ils sont positionnés comme l'indique le planning ci-joint et il est impossible de les déplacer.

le lancement et le suivi de fabrication se font à l'OF

Les contraintes d'implantation et le mode de communication dans l'atelier nous conduisent à prévoir un temps interopérateur dans l'atelier de 3 heures.

b) Travail demandé

1. Déterminer la capacité hebdomadaire de chaque poste de charge.

2. Déterminer, pour chaque phase d'OF, le temps d'utilisation du moyen concerné.

3. Établir, pour chaque cas d'ordonnement, le planning de fabrication des semaines i et i+1. En déduire le taux de charge hebdomadaire de chaque moyen et le taux de service.

3.1. Chargement au plus tôt en prenant les OF dans l'ordre croissant de leur ordre d'arrivée (numéro d'OF).

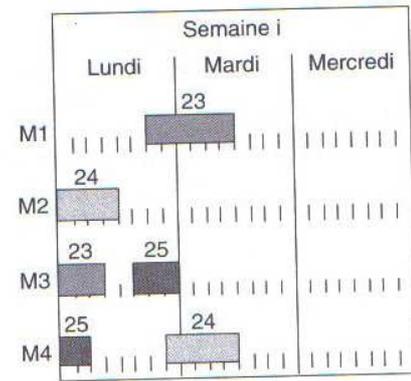
3.2. Chargement au plus tard en prenant les OF dans l'ordre croissant de leur ordre d'arrivée (numéro d'OF).

3.3. Chargement au plus tôt en prenant les OF dans l'ordre croissant du ratio critique. Le ratio critique est défini, ici, par le rapport :

$$RC = \frac{\text{Date livraison} - \text{Date du jour} - \sum (\text{Temps opératoire} + \text{Temps interopérateur})}{\text{Date de livraison} - \text{Date du jour}}$$

3.4. Chargement au plus tôt avec priorité aux OF dont la date de livraison est la plus proche.

3.5. Chargement au plus tôt dans l'ordre décroissant des durées de l'ensemble des opérations de fabrication restantes.



## Corrigé de l'exercice 2.6 (Ordonnement job shop)

### 1. Capacité hebdomadaire de chaque poste de charge

N'ayant aucun arrêt à prendre en compte, la capacité réelle de chaque poste est égale à la capacité théorique, c'est-à-dire 39 heures.

### 2. Temps d'utilisation des moyens des OF

Afin de se faciliter la tâche, nous calculons, pour chaque OF, le temps d'utilisation de chaque moyen.

$$\text{Durée d'utilisation} = \text{Temps préparation} + (\text{Temps opératoire} \times \text{Nombre de pièces})$$

#### OF en cours de fabrication

OF23			OF24			OF25		
Phase	Moyen	Durée (h)	Phase	Moyen	Durée (h)	Phase	Moyen	Durée (h)
20	M3	3	30	M2	4	10	M4	2
30	M1	6	40	M4	5	20	M3	3

OF 26		
Phase	Moyen	Durée (h)
10	M1	4
20	M3	4
30	M2	9
40	M4	5

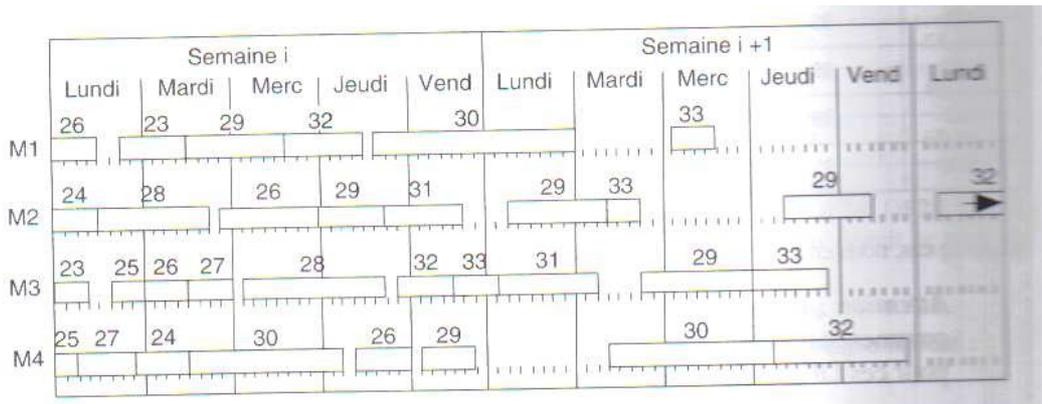
OF27			OF28		
Phase	Moyen	Durée (h)	Phase	Moyen	Durée (h)
10	M4	5	10	M2	10
20	M3	4	20	M3	13

OF29		
Phase	Moyen	Durée (h)
10	M1	9
20	M2	6
30	M4	5
40	M2	9
50	M3	10
60	M2	8

OF30		
Phase	Moyen	Durée (h)
10	M4	14
20	M1	18
30	M4	15

OF31		
Phase	Moyen	Durée (h)
10	M2	7
20	M3	9

OF32			OF33		
Phase	Moyen	Durée (h)	Phase	Moyen	Durée (h)
10	M1	7	10	M3	4
20	M3	5	20	M2	3
30	M4	12	30	M1	4
40	M2	7	40	M3	7

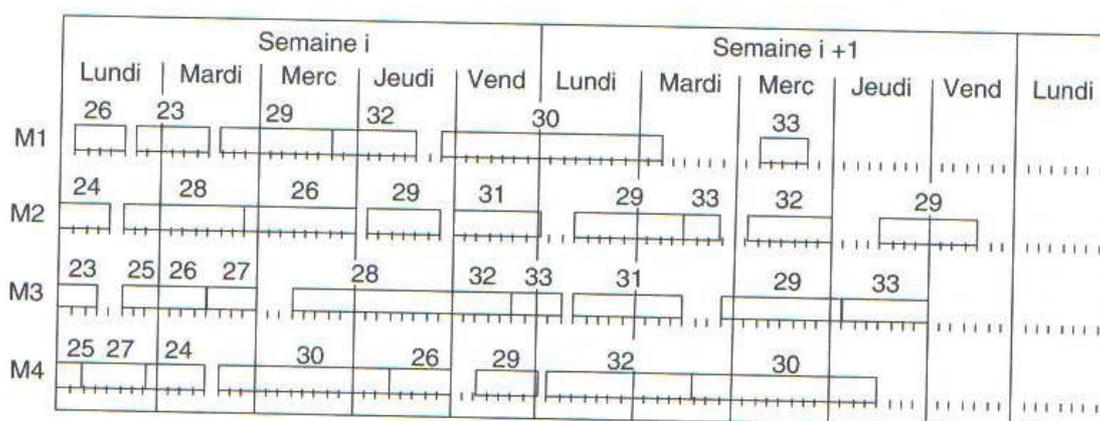


On en déduit le taux de charge hebdomadaire de chaque moyen :

Moyen	Semaine i			Semaine i + 1		
	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)
M1	39	36	92,30	39	12	30,77
M2	39	36	92,30	39	20	51,28
M3	39	35	89,74	39	27	69,23
M4	39	36	92,30	39	27	69,23

Sur les 11 OF à livrer, nous en livrons 10 dans les délais prévus (OF23, OF24, OF25, OF26, OF27, OF28, OF29, OF30, OF31, OF33) et 1 hors délai (OF32). On en déduit le taux de service:  $10/11 = 90,9\%$ .

### 3.2. Chargement au plus tard, ordre croissant des numéros d'OF



On en déduit le taux de charge hebdomadaire de chaque moyen :

Moyen	Semaine i			Semaine i +1		
	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)
M1	39	34	87,18	39	14	35,90
M2	39	36	92,30	39	27	69,23
M3	39	33	84,61	39	28	71,79
M4	39	35	89,74	39	27	69,23

Dans ce cas, nous en livrons les 11 OF dans les délais prévus. Le taux de service est donc de 100 %.

**Attention** : Dans ce type de placement il est possible que des OF auraient dû être commencés avant la date du jour. Si c'est le cas nous sommes souvent contraint, pour ces OF, de les replanifier au plus tôt.

### 3.3. Chargement au plus tôt, ordre croissant du ration critique

Le ratio critique étant donné par la formule :

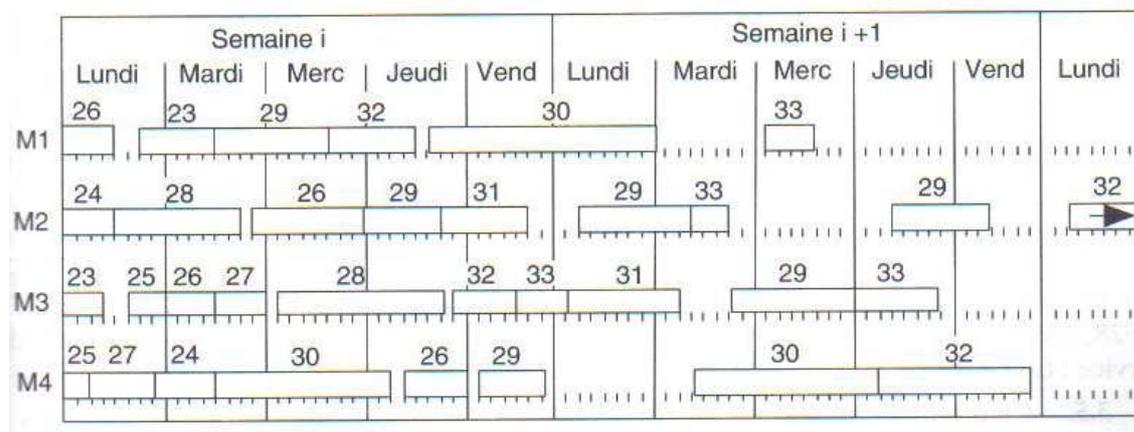
$$RC = \frac{\text{Date livraison} - \text{Date du jour} - \sum (\text{Temps opératoire} + \text{Temps interopératoire})}{\text{Date de livraison} - \text{Date du jour}}$$

Il faut calculer ce ratio pour chaque OF à placer.

	OF26	OF27	OF28	OF29	OF30	OF31	OF32	OF33
Délai	32	16	32	75	67	51	63	71
Charge	31	12	26	62	53	19	40	27
RC	0,0312	0,25	0,1875	0,1733	0,2089	0,6274	0,3651	0,6197

Nous en déduisons l'ordre de prise en compte suivant :

OF26, OF29, OF28, OF30, OF27, OF32, OF33, OF3



On en déduit le taux de charge hebdomadaire de chaque moyen :

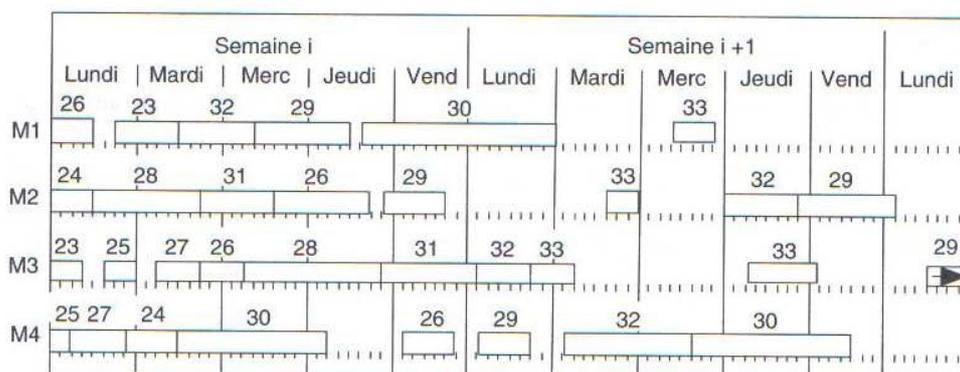
I Moyen	Semaine i			Semaine i +1		
	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)
M1	39	36	92,30	39	12	30,77
M2	39	36	92,30	39	20	51,28
M3	39	35	89,74	39	27	69,23
M4	39	36	92,30	39	27	69,23

Sur les 11 OF à livrer, nous en livrons 10 dans les délais prévus (OF23, OF24, OF25, OF26, OF27, OF28, OF29, OF30, OF31, OF33) et 1 hors délai (OF32). On en déduit le taux de service :  $10/11 = 90,9\%$ .

### 3.4. Chargement au plus tôt, ordre croissant des dates de livraison.

L'analyse des dates de livraison nous permet de définir l'ordre de prise en compte suivant :

OF27, OF26, OF28, OF31, OF32, OF30, OF33, OF29



On en déduit le taux de charge hebdomadaire de chaque moyen :

Moyen	Semaine i			Semaine i +1		
	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)
M1	39	36	92,30	39	12	30,77
M2	39	36	92,30	39	18	46,15
M3	39	35	89,74	39	17	43,59
M4	39	31	79,49	39	32	82,05

Sur les 11 OF à livrer, nous en livrons 6 dans les délais prévus (OF23, OF24, OF25, OF27, OF28, OF31) et 5 hors délai (OF26, OF29, OF30, OF32, OF33). On en déduit le taux de service :  $6/11 = 54,54\%$ .

### 3.5. Chargement au plus tôt, ordre décroissant des durées des opérations restantes

Il faut calculer les durées des phases restant à réaliser (c'est-à-dire la somme des temps opératoires) pour chaque OF à placer.

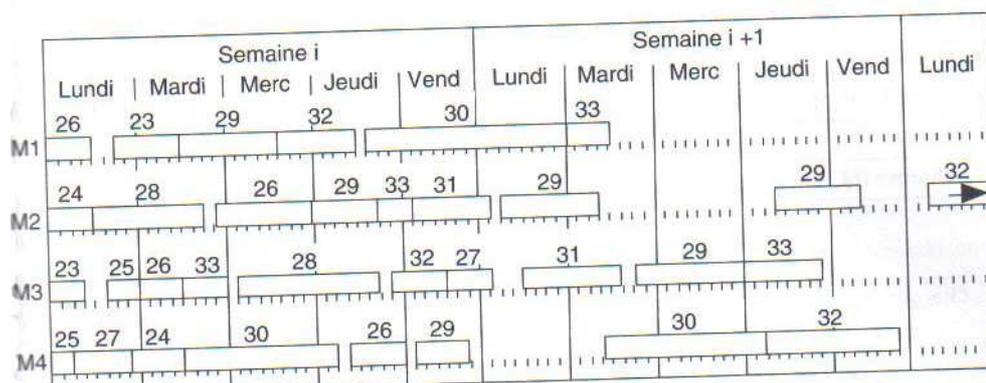
	OF26	OF27	OF28	OF29	OF30	OF31	OF32	OF33
Durée	22	9	23	47	47	16	31	18

Nous en déduisons l'ordre de prise en compte suivant :

OF 29, OF 30, OF 32, OF 28, OF 26, OF 33, OF 31, OF27

On en déduit le taux de charge hebdomadaire de chaque moyen (voir graphe ci-après) :

Moyen	Semaine i			Semaine i + 1		
	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)	Capacité (h)	Charge (h)	Taux (%)
M1	39	36	92,30	39	12	30,77
M2	39	38	97,43	39	18	46,15
M3	39	35	89,74	39	27	69,23
M4	39	36	92,30	39	27	69,23



Sur les 11 OF à livrer, nous en livrons 8 dans les délais prévus (OF23, OF24, OF25, OF26, OF28, OF29, OF30, OF33) et 3 hors délai (OF27, OF31, OF32). On en déduit le taux de service:  $8/11=72,72\%$ .

### Exercice 1.5 (Lissage des charges)

a) Énoncé

Lors de l'établissement de son planning d'atelier, le responsable de l'ordonnancement d'une entreprise de mécanique constate le vendredi soir de la semaine 2000-39, pour un des postes de charge indépendant d'une de ses sections d'atelier, la répartition des charges suivante :

Semaine	2000-40		2000-41		2000-42		2000-43		2000-44		2000-45	
Charges prévues (h)-	OF10	6,00	OF1	12,0	OF1	8,00	OF17	4,00	OF1	8,00	OF21	9,00
	OF15	10,0	OF0	9,00	OF1	7,00	OF22	11,0	OF21	10,00	OF26	5,00
	OF12	8,00	OF1	11,0	OF2	9,00	OF27	7,00	OF2	9,00	OF28	7,00
	OF14	4,00			OF2	6,00	OF30	9,00			OF29	10,00
	OF32	9,00					OF31	9,00			OF33	9,00

Compte tenu de l'organisation mise en place dans cette entreprise, ces charges concernent des fabrications qui ont été planifiées au plus tard. Octobre 2000

S40								S 41							S 42							S 43							S44	
D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Novembre 2000

9

S44					S 45							S 46							S 47							S 48			
M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

L'horaire hebdomadaire de travail de l'entreprise est de 39 heures réparties en 4 jours de 8 heures et 1 jour (le vendredi) de 7 heures.

Chaque opérateur est responsable de sa machine et, de ce fait, assure un entretien hebdomadaire qui représente 30 mn pour chaque poste. Le nettoyage journalier ainsi que les différents arrêts divers représentent également un arrêt d'environ 1/2 heure par jour. En qualité d'adjoint à ce responsable de l'ordonnancement, vous êtes chargé, plus particulièrement, du bon fonctionnement de ce poste de charge. En cas de surcharge, il vous est nécessaire de proposer des solutions d'équilibrage qui vous permettent d'effectuer la charge de travail prévue. Il n'existe malheureusement pas de sous-traitant apte à vous décharger du travail, par contre, le chef d'entreprise accepte d'autoriser des heures supplémentaires si elles sont correctement justifiées. Si vous souhaitez déplacer un OF pour effectuer un équilibrage des charges, la nature même du travail, ainsi que l'organisation du travail vous oblige à déplacer la totalité d'un OF sur une semaine (il n'est pas possible de réaliser un OF sur 2 semaines consécutives).

b) Travail demandé

Pour la période d'étude allant de la semaine 2000-40 à la semaine 2000-45 et une unité de planification correspondant à une semaine :

- Déterminer les capacités de ce poste de charge sur la période d'étude. En faire une représentation sous forme d'histogramme.

2. Calculer les taux de chargement, d'utilisation et de disponibilité de ce poste pour chaque période de l'horizon d'étude. En déduire les périodes de surcharge et de souscharge de ce poste.
3. Vérifier la faisabilité d'un lissage de charge par décalage d'OF.
4. Dans quel sens doit-on effectuer les décalages d'OF pour effectuer un lissage de charge lorsque celui-ci est possible. Pourquoi ?
5. Prendre les décisions qui s'imposent pour réaliser ces prévisions de charge (donner par semaine la liste des OF à réaliser ainsi que les heures supplémentaires justifiées que vous demandez de faire).

## Corrigé de l'exercice 1.5 (Lissage de charges)

### 1. Capacité du poste

#### Capacité théorique

Pour les semaines 2000-40 à 2000-45, sauf la semaine 2000-44, nous avons donc une capacité théorique de :  $(8 \text{ h} \times 4 \text{ jours}) + 7 \text{ h} = 39 \text{ heures}$ .

Pour la semaine 2000-44, nous avons un jour férié (le 1er novembre), ce qui nous donne une capacité théorique de :  $(8 \text{ h} \times 3 \text{ jours}) + 7 \text{ h} = 31 \text{ heures}$ .

#### Capacité réelle

La capacité réelle de fabrication des lundi, mardi, mercredi et jeudi est de :

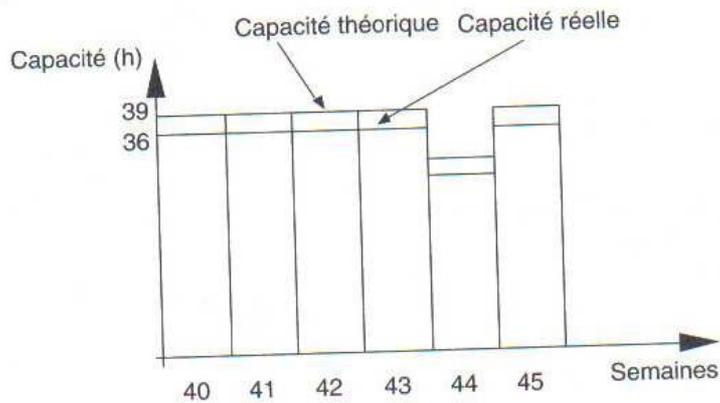
$8 \text{ h} - 0,5 \text{ h}$  (arrêts divers) = 7,5 heures Pour le vendredi, la capacité réelle de fabrication est de :

$7 \text{ h} - 0,5 \text{ h}$  (arrêts divers) - 0,5 h (entretien hebdomadaire) = 6 heures :

Pour les semaines 2000-40 à 2000-45, sauf la semaine 2000-44, nous avons donc une capacité réelle de :  $(7,5 \text{ h} \times 4 \text{ jours}) + 6 \text{ h} = 36 \text{ heures}$ .

Pour la semaine 2000-44, nous avons un jour férié (le 1er novembre), ce qui nous donne une capacité réelle de :  $(7,5 \text{ h} \times 3 \text{ jours}) + 6 \text{ h} = 28,5 \text{ heures}$ .

#### Représentation sous forme d'histogramme



## 2. Taux de chargement de ce poste

Semaine	2000-40	2000-41	2000-42	2000-43	2000-44	2000-45
Capa théorique (h)	39	39	39	39	31	39
Capa réelle (h)	36	36	36	36	28,5	36
S Charges (h)	37	32	30	40	27	40
Charges (h)	OF1 6,00	OF1 12,0	OF1 8,00	OF1 4,00	OF1 8,00	OF2 9,00
	OF1 10,0	OF0 9,00	OF1 7,00	OF2 11,0	OF2 10,0	OF2 5,00
	OF1 8,00	OF1 11,0	OF2 9,00	OF2 7,00	OF2 9,00	OF2 7,00
	OF1 4,00		OF2 6,00	OF3 9,00		OF2 10,0
	OF3 9,00			OF3 9,00		OF3 9,00
Taux chargement	102,78 %	88,89 %	83,33 %	111,11 %	94,74 %	111,11 %
Taux utilisation	94,87 %	82,05 %	76,92 %	102,56 %	87,10%	102,56 %
Taux disponibilité	92,30 %	92,30 %	92,30 %	92,30 %	91,93 %	92,30 %

Périodes de surcharges et de sous-charge de chaque poste

On en déduit les périodes de surcharge de ce poste (taux de charge > 100 %) : ces zones sont en grisé sur le tableau précédent. Toutes les autres périodes sont en sous-charge.

Périodes de surcharge : Semaines 2000-40, 2000-43 et 2000-45

Périodes de sous-charge : Semaines 2000-41, 2000-42 et 2000-44

## 3. Faisabilité d'un lissage de charge par décalage d'OF

La vérification de la faisabilité de lissage par décalage consiste à comparer les courbes cumulées des capacités réelles et des charges sur la période.

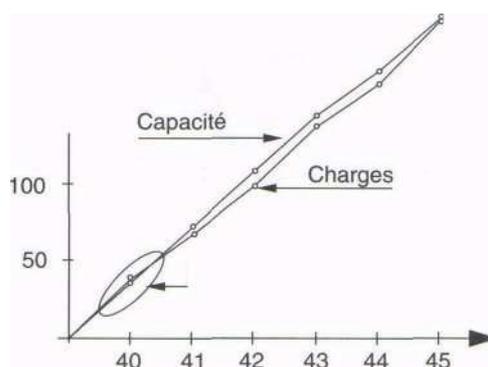
	2000-40	2000-41	2000-42	2000-43	2000-44	2000-45
Capacité	36,00	36,00	36,00	36,00	28,50	36,00
Capacités cumulées	36,00	72,00	108,00	144,00	172,50	208,50
Charges	37,00	32,00	30,00	40,00	27,00	40,00
Charges cumulées	37,00	69,00	99,00	139,00	166,00	206,00

D'après le graphique des charges et des capacités cumulées, nous constatons que toute surcharge ponctuelle est lissable car le cumul des charges est toujours inférieur au cumul des capacités.

Il reste tout de même une surcharge impossible à décaler. Il faudra donc trouver une solution d'équilibrage.

## 4. Sens des décalages d'OF pour effectuer un lissage de charge

Si nous souhaitons décaler des OF pour effectuer un lissage, il faut le faire par l'amont car les OF ont été planifiés au plus tard. Cela revient à anticiper les besoins.



## 5. Planning des fabrications

Le lissage des charges consiste à prendre toute décision sur les lancements d'OF qui conduit à éliminer toute surcharge de poste et cherche à diminuer la sous-charge des postes. Il faut d'abord chercher à décaler les fabrications (ne conduit qu'à une augmentation des en-cours) avant d'envisager d'autres solutions (sous-traitance, heures supplémentaires,...).

Nous proposons d'avancer l'OF 17 de la semaine 2000-43 à la semaine 2000-41 et

l'OF 26 de la semaine 2000-45 à la semaine 2000-42.

La courbe des charges cumulées et le résultat du décalage des OF nous démontre que nous avons une surcharge non décalable d'une heure en semaine 2000-40. Il faut donc prévoir une heure supplémentaire cette semaine là.

Semaine	2000-40		2000-41		2000-42		2000-43		2000-44		2000-45	
Capacité (h)	36		36		36		36		28,5		36	
Charges (h)	OF1	6,00	OF0	9,00	OF1	8,00	OF2	11,0	OF1	8,00	OF2	9,00
	0	OF1	8,00	0	OF1	11,0	1	OF1	7,00	2	OF2	9,00
	2	OF1	4,00	3	OF1	12,0	8	OF2	9,00	7	OF3	9,00
	4	OF1	10,0	6	OF1	4,00	0	OF2	6,00	0	OF3	9,00
	5	OF3	9,00	7		4	OF2	5,00	1			3
Z Charges (h)	37,00		36,00		35,00		36,00		27,00		35,00	
Heures supp	1											

### Exercice 1.6 (PERT-Coût).

#### Énoncé

travail de construction nécessite 5 opérations A, B, C, D, E liées par les contraintes i sbt. antes :

Semaines					
Opération	A	B	C	D	E
Nécessite la fin de	-	-	A	B, C	A

Le responsable de cette construction fait établir des devis de réalisation de chaque opération auprès de différents fournisseurs en demandant de préciser la durée de réalisation prévisionnelle et le coût correspondant. Le responsable de cette construction établit le tableau comparatif des devis suivant :

Opération A	A1 : 20 j/30 k€	A2: 10j/45k€	
Opération B	B1 :60j/70k€	B2 : 50 j/85 k€	B3 :40j/106k€
Opération C	C1 : 50 j/34 k€	C2 : 30 j/48 k€	C3 : 20 j/88 k€
Opération D	D1 : 16j/12k€	D2: 8j/16k€	
Opération E	E1 :60j/40k€	E2 : 45 j/50 k€	E3 : 30 j/65 k€

#### b) Travail demandé

1. Calculer, selon la solution la moins onéreuse, le délai en jours et le coût en kilo-euros de cette construction.
2. Rechercher la solution la plus courte en temps. Déterminer son coût et le surcoût par rapport à la solution la moins onéreuse.
3. Pour chaque tâche, calculer le surcoût par jour gagné par rapport à la solution la moins onéreuse.
4. Le client, Monsieur Pressé, désire obtenir ce travail en 70 jours maximum. Quelle solution lui proposeriez-vous ? Déterminer, pour cette solution, le surcoût total.

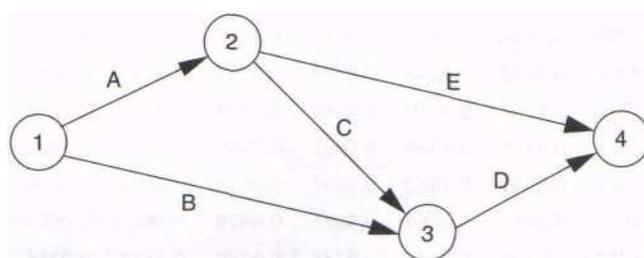
## Corrigé de l'exercice 1.6 (PERT-Coût)

### 1. Recherche de la solution la moins onéreuse

Détermination du graphe de la construction Détermination du rang des opérations

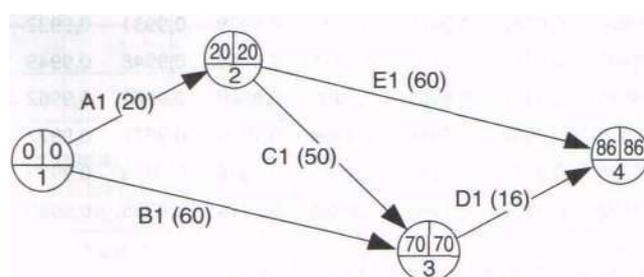
Nécessite	A	B	C	D	E
A			×		×
B				×	
C				×	
D					
E					
	1	1	2	3	2

Ce qui nous donne le graphe suivant :



Solution la moins onéreuse

Pour trouver cette solution, il faut choisir les devis les moins chers (A1, B1, C1, D1, E1). Le calcul des marges, nous indique que le chemin critique A1, C1, D1 (flèches plus épaisses) nous conduit à une réalisation en 86 jours.

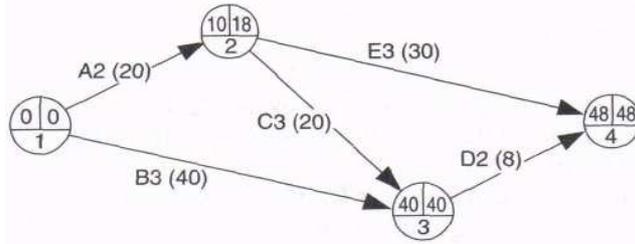


Cette solution correspond à un coût de :  $30 + 70 + 34 + 12 + 40 = 186$  k€.

### 2. Recherche de la solution la plus rapide

Pour trouver cette solution, il faut choisir les devis les plus rapides (A2, B3, C3, D2, E3). Le calcul des marges, nous indique que le chemin critique B3, D2 (flèches plus épaisses) nous conduit à une réalisation en 48 jours.

La recherche du chemin critique étant faite, on s'aperçoit que si nous avions choisi C2 au lieu de C3, nous aurions obtenu le même temps. Toutefois, nous aurions eu un deuxième chemin critique A2, C2, D2.



Cette solution correspond à un coût de :  $45 + 106 + 88 + 16 + 65 = 320$  k€.

### 3. Coût de chaque jour gagné

Le surcoût d'une tâche Xi par rapport à la tâche XI par jour =  $\frac{\text{Coût de Xi} - \text{Coût de XI}}{\text{Délai de XI} - \text{Délai de Xi}}$

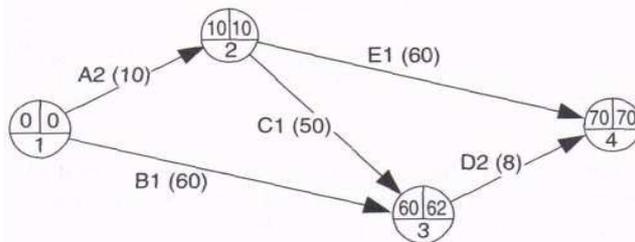
Pour chaque tâche, nous trouvons alors :

Tâche	A2	B2	B3	C2	C3	D2	E2	E3
Rapport de surcoût	1,5	1,5	1,8	0,7	1,8	0,5	0,67	0,83

### 4. Recherche d'une durée inférieure à 70 jours

Pour trouver une durée de fabrication en moins de 70 jours, il faut tout d'abord partir de la solution la moins onéreuse puis diminuer la durée d'une opération du chemin critique (celle qui augmente le moins le coût total de la fabrication).

Partant de la solution la moins onéreuse (chemin critique = A1, C1, D1), nous choisissons le devis D2. Le chemin critique change et devient A1, E1. Nous choisissons alors le devis A2. Le chemin critique final devient A2, E1 et correspond bien à une durée de 70 jours.



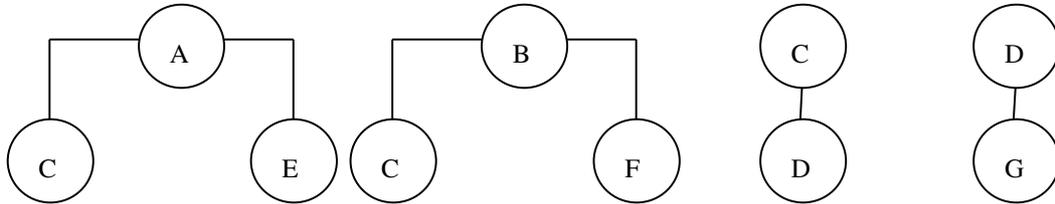
Cette solution correspond à un coût de :  $45 + 70 + 34 + 16 + 40 = 205$  k€.

Le surcoût total, pour cette solution est de :  $205 - 186 = 19$  k€.

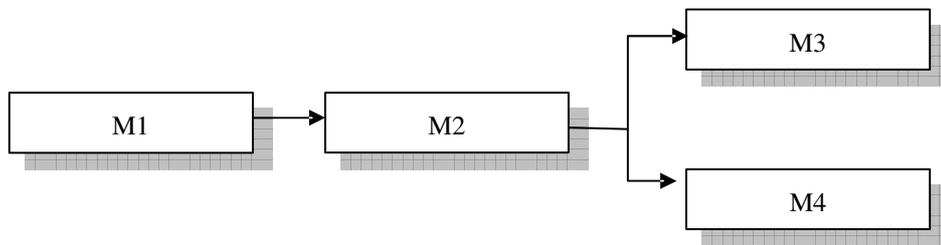
### Exercice 1.7 (Kanban).

a) Énoncé

Une entreprise fabrique de façon régulière les produits A, B, C et D à partir des produit\* achetés E, F et G :



Cette entreprise, souhaitant fabriquer ces produits sur une ligne de production pilotée par KANBAN, organise ses machines de la façon suivante :



L'entreprise, devant produire 20 A et 30 B par jour, souhaite ne pas définir au hasard le nombre de Kanbans et la taille des containers à mettre en place pour piloter la production entre le poste M1 et M2. Elle fait appel à vous pour l'aider. Dans votre phase d'analyse, vous relevez les informations suivantes :

- la durée journalière de travail est de 8 heures ;
- le poste M1 fabrique les pièces D, X et Y;
- le poste M2 fabrique la pièce C ;
- le poste M3 assemble la pièce A;
- le poste M4 assemble la pièce B ;
- la fabrication des pièces D nécessite 0,5 heure de réglage du poste et 0,08 heure de fabrication unitaire ;
- les pièces D, pesant chacune 4,5 kg, sont transportées dans des containers pesant 3 kg et ne pouvant pas supporter plus de 50 kg de charge ;
- le transfert d'un Kanban peut se faire entre M2 et M1 en 5 minutes ;
- le temps de transport des containers (temps de transport et d'attente) effectué par un chariot automoteur entre les postes M1 et M2 peut être estimé à 10 minutes;
- le poste M1 est destiné à fabriquer 2 autres pièces (X et Y) nécessitant des réglages différents de la pièce D. La fabrication des 2 autres pièces, également gérée par Kanban et répartie régulièrement sur toute la journée, est estimée à 2,25 heures et nécessite 3 Kanbans pour X et 4 pour Y.

## Corrigé de l'exercice 1.7 (Kanban)

### 1. Flux journalier de D

Un éclatement des nomenclatures permet de dire que la fabrication de :

20 A nécessitent 20 C ;

30 B nécessitent 30 C.

Ce qui fait au total 50 C, et pour fabriquer ces 50 C il est nécessaire de produire 50 D par jour.

### 2. Nombre de séries de D

Capacité du poste affectable à la fabrication de D : 8 heures - 2,25 heures = 5,75 heures.

Temps de fabrication de 50 D : 0,08 heure x 50 = 4 heures.

Temps disponible pour les réglages : 5,75 heures - 4 heures = 1,75 heures.

1 On peut en déduire le nombre de réglages =  $E \left[ \frac{1.75}{0.5} \right] = 3$  réglages

### 3. Taille du container

Un container ne peut pas supporter plus de 50 kg. Sachant qu'une pièce D pèse 4,5 kg, on en déduit qu'un container ne peut pas transporter plus de :

$$E \left[ \frac{50}{4.5} \right] = 11 \text{ pieces}$$

Analyse des tailles possibles des containers pour le transport des 50 pièces D par jour entre M1 et M2.

'Nombre de containers	Taille du container	Temps fab. d'un container (h)
1	50	4
2	25	2
5	10	0.8
10	5	0.4
25	2	0.16
50	1	0.08

Puisqu'il faut que le container contienne moins de 12 pièces et que son temps de fabrication soit au moins égal à 0,5 heure, on en déduit que celui-ci doit contenir 10 pièces.

### 4. Structure du TOP de M1

Pour définir le TOP de M1, nous savons qu'il faut :

- 5 Kanbans pour D ;
- 3 Kanbans pour X;
- 4 Kanbans pour Y.

De plus, nous savons que nous ne pouvons pas effectuer plus de 3 réglages pour la fabrication de

D, il faudra donc attendre qu'il y ait E  $\left[ \frac{5}{3} \right]$  kanbans en place avant de se lancer dans la fabrication de

D (Positionnement d'un index vert). Ce qui nous donne le TOP suivant :

	D10	X	Y
Index vert →			

# EXERCICE 1

## INSTRUCTIONS

### POUR LE FORMATEUR :

## TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

**Exercice 1 :** ROULEAU DE JARDIN

Schéma de l'ensemble

24	Axe de rotation	1	A 33	2 - 8	Commande N°
23	Axe de rotation	1	A 33	2 - 8	Commande N°
22	Fond	2	E 24 Table 20/40	2 - 4	
21	Corps	1	E 24 20/40	2 - 3	
16	Boulon	2	HM 6 - 50 T		Commande N°
15	Boulon	2	HM 6 - 30 T		Commande N°
14	Raclette	1	L 30 x 30	7	
13	Paire de fixation	2	Table TC 20/40	7	
12	Bague	2	A 33	8	Commande N°
11	Bras de manœuvre	2	Tube NFA 45-45 Ø 24 x 2	5 - 6	
Rep	Désignation	Nb	Matière	N° Plan	Observations
L.T.E.J Kerichen BREST					
17 - 09 - 83					
dessiné par : <i>LL</i>					
<b>ROULEAU de jardin</b>					
_NOMENCLATURE					

E n	L.T.E.J KERICHEN BREST	15-09-83
Dessiné par		<i>J.P. Hiti</i>
<b>ROULEAU de jardin</b>		N° 1

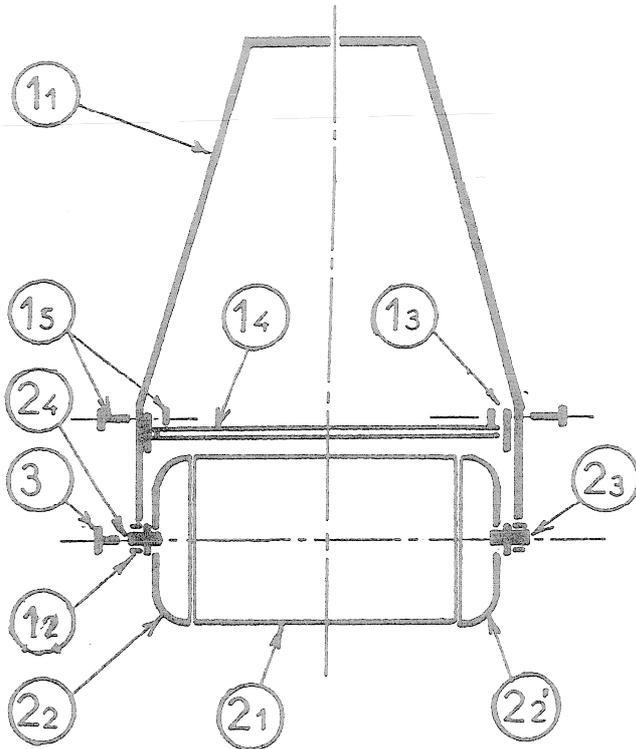
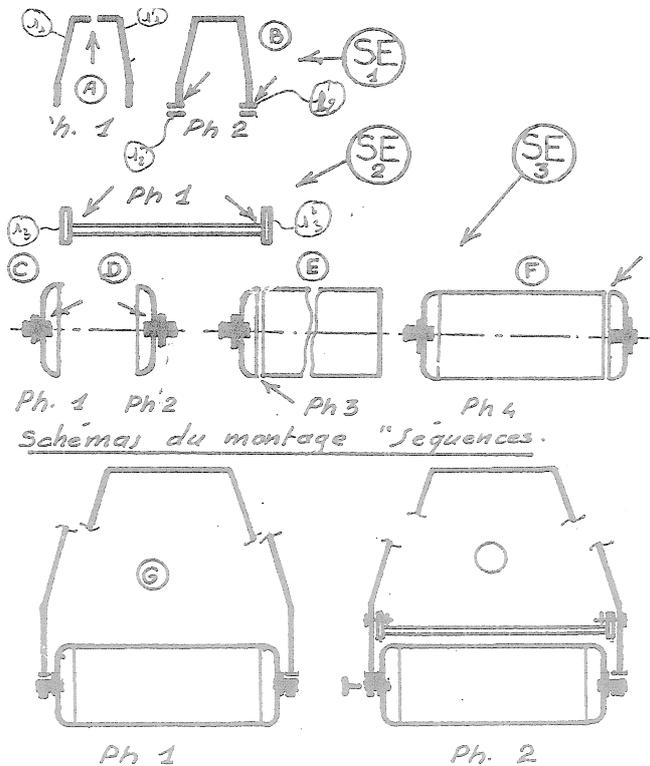


Schéma des différents sous ensembles



## 1 Etude de la commande

Nombre à fabriquer : 10 série renouvelable

Utilisation : roulage de la terre après semi

Destination : vente aux particuliers

Etat de livraison : peinture, corps

2. Analyse des différents sous ensembles et éléments de l'ensemble

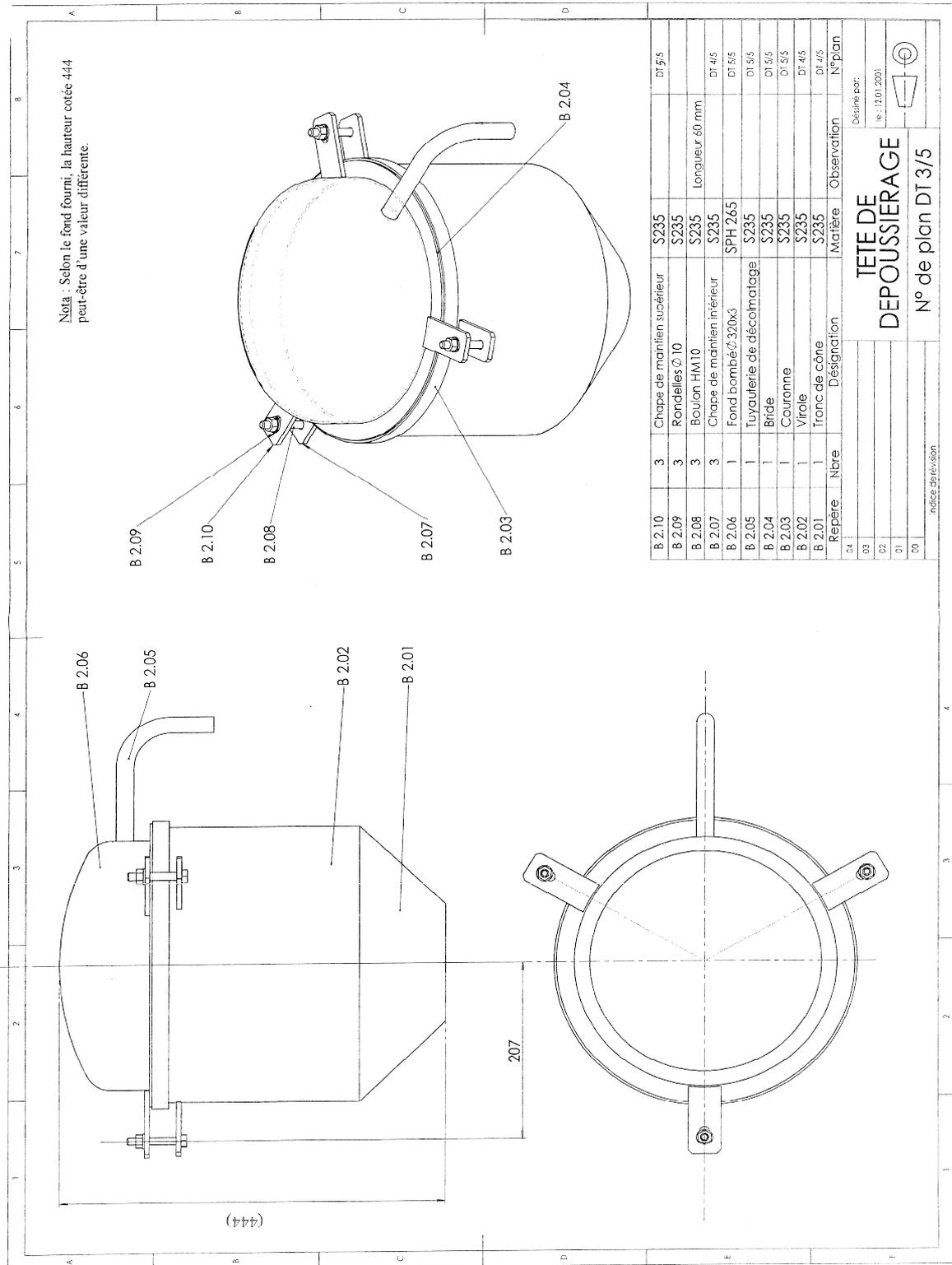
	X	3	1	Bouchon moleté
SE3	X	24	1	Axe de rotation
	X	23	1	Axe de rotation
	5	22	2	Fonds
	4	21	1	Corps « virole »
	X	15	2	Boulons
SE2	3	14	1	Raclette
	2	13	2	Pattes de fixation
	X	12	2	Bagues
SE1	1	11	2	Bras de manœuvre
	Gamme	Rep	Nombre	Désignation

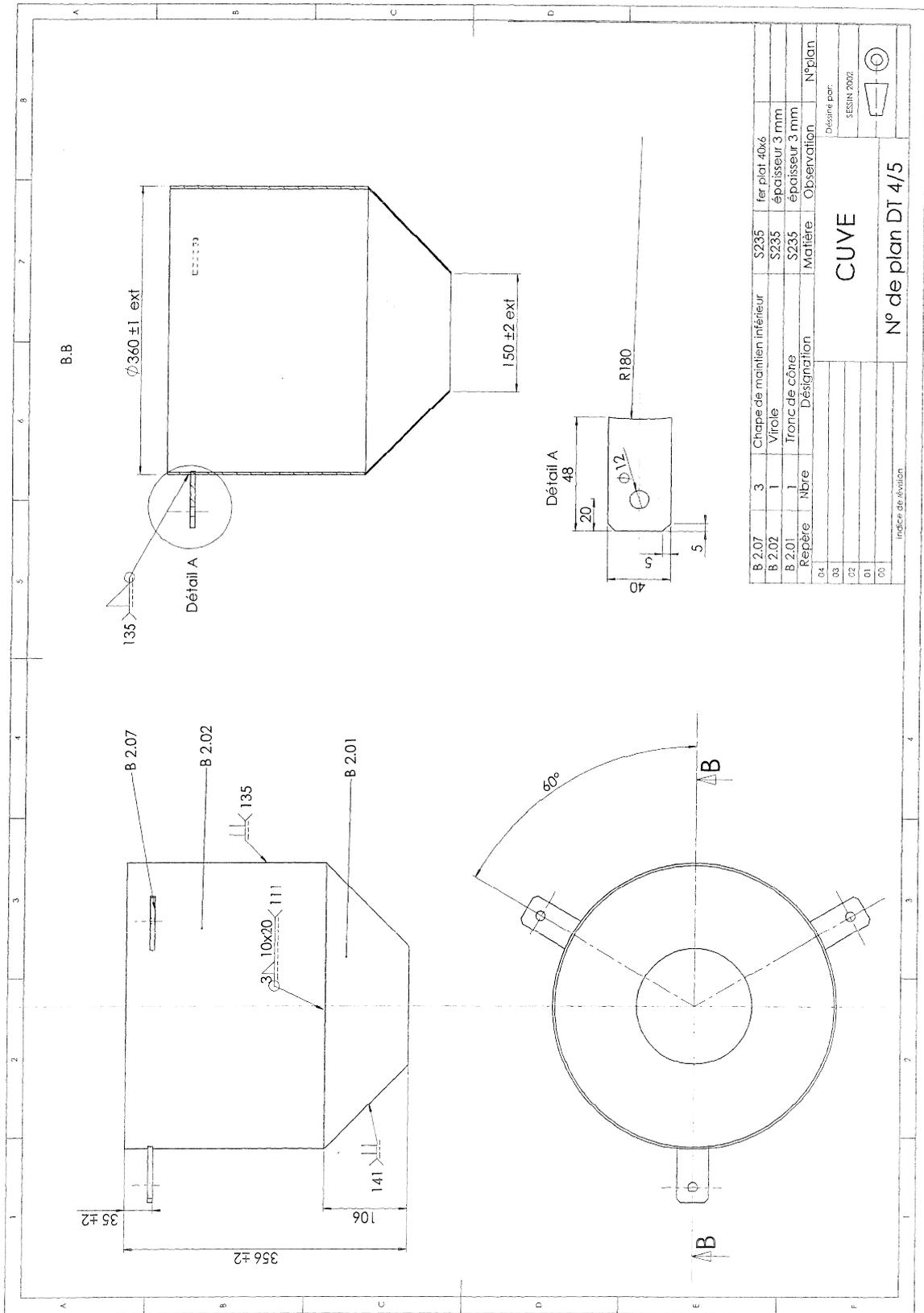
## 3.Synthèse

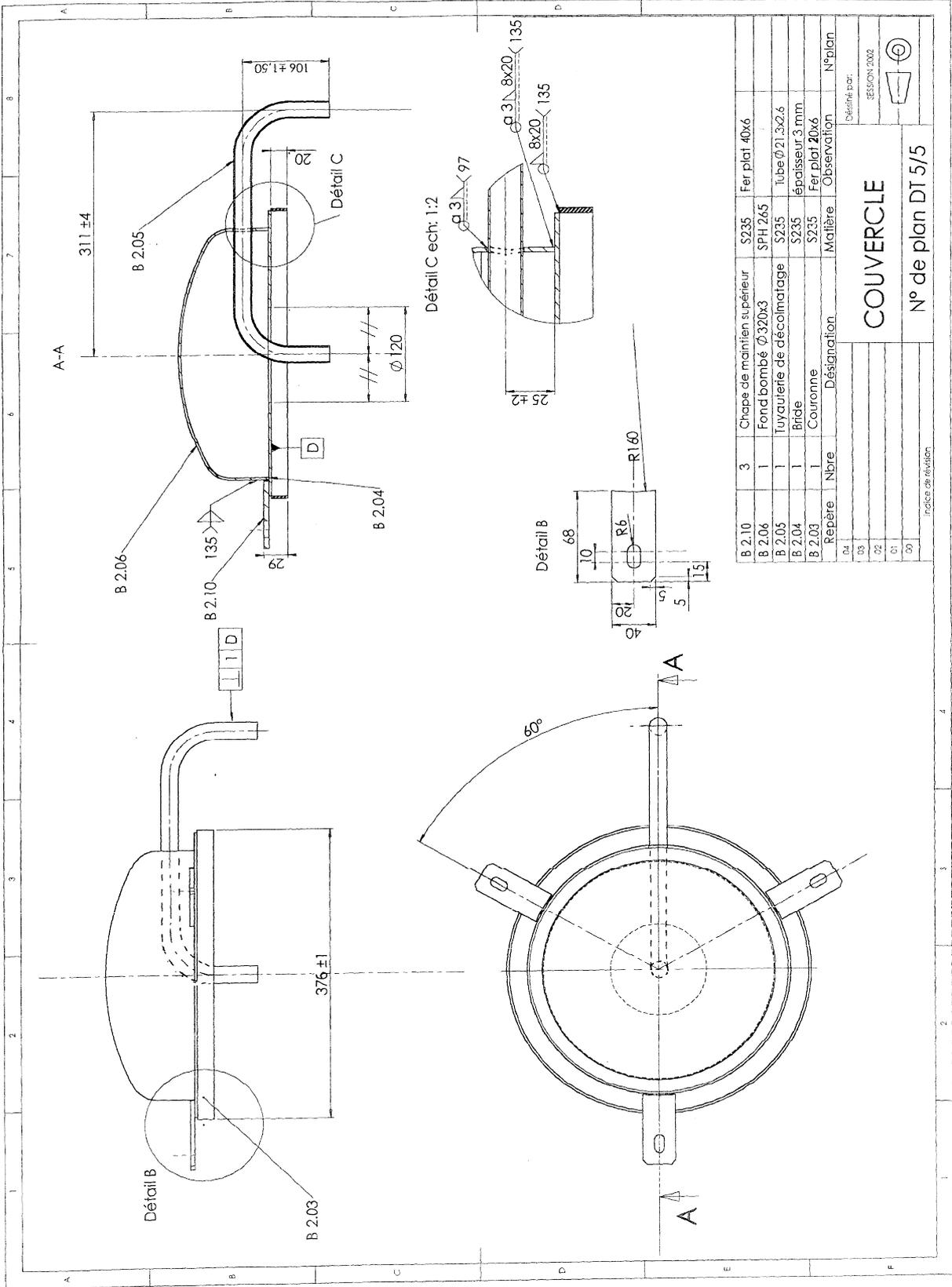
N° gammes		
		SE1 : 11+11'+12+12'
3.1	6	1 <sup>e</sup> : 11+11' → A
		2 <sup>e</sup> : A+12+12' → B
32	7	SE2 : 14+13+13'
33	8	SE3 : 21+22'+23+22+24
		1 <sup>e</sup> : 22+24 → C
		2 <sup>e</sup> : 22'+23 → D
		3 <sup>e</sup> : C+21 → E
		4 <sup>e</sup> : E+D → F
34	Montage	
9	1 <sup>e</sup> : B+F → G	
	2 <sup>e</sup> : G+SE2+15+3	



## Exercice 2 : Tête de dépoussiérage









## EXERCICE 2

### INSTRUCTIONS

#### POUR LE FORMATEUR :

### TRAVAIL DEMANDE AUX STAGIAIRES

Opération	Barème de temps de cisailage									
	<5	5 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 70	70 à 90	90 à 100	100 à 120	120 à 150
1	0,40	0,61	0,74	0,87	1,07	1,33	1,55	1,71	1,91	2,08
2	0,43	0,58	0,65	0,78	0,99	1,07	1,18	1,32	1,42	1,54
3	0,12	0,12	0,15	0,15	0,15	0,18	0,18	0,2	0,2	0,2
4	0,30	0,55	0,68	0,86	1,04	1,28	1,48	1,71	1,88	2,02
5	0,19	0,34	0,47	0,61	0,87	1,22	1,70	2,26	2,29	2,7
Poids en kg	<5	5 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 70	70 à 90	90 à 100	100 à 120	120 à 150

Nota :

Tenir compte des indications pour les opérations 1 2 3 4 5.

1) Alimenter la machine

C'est le temps de mise en place d'une tôle, par exemple sur la table à billes ; à ne compter qu'une fois par format.

2) Mise en butée

Temps à compter chaque fois qu'on s'appuie sur un guide.

3) Temps machine

Temps nécessaire pour une coupe.

4) Evacuer la pièce

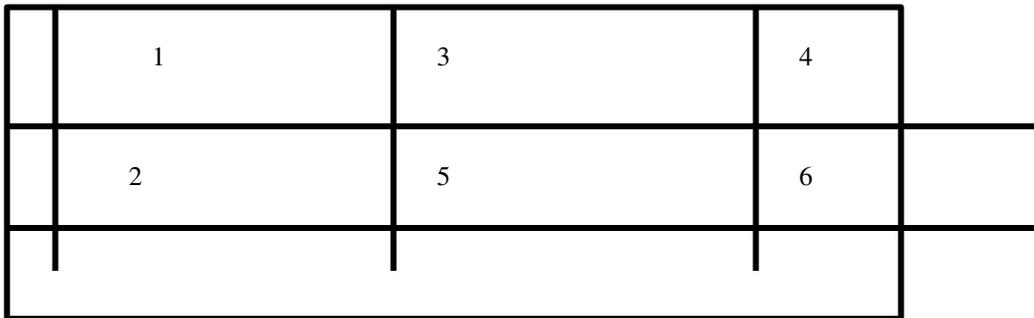
Temps à ne compter qu'une fois même si elle a subi plusieurs coupes.

5) Stockage

Temps à ne compter qu'une fois par pièce (idem qu'en 4).

## Exemple d'application

Couper 4 pièces rectangulaires de 35 kg dans une tôle de 150 kg suivant le schéma

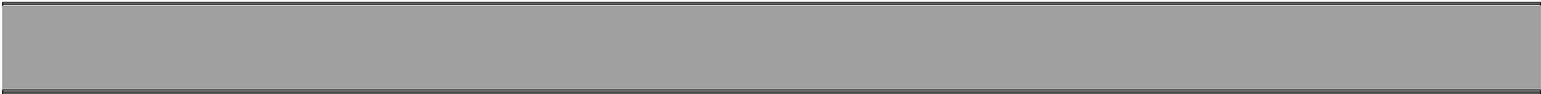


Opération	Barème de temps de pliage									
	< 5	5 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 70	70 à 90	90 à 100	100 à 120	120 à 150
1	0,45	0,68	0,79	0,94	1,19	1,48	1,72	1,89	2,12	2,32
2	0,48	0,65	0,73	0,87	1,10	1,19	1,32	1,47	1,58	1,71
3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
4	0,28	0,33	0,45	0,56	0,72	0,86	1,02	1,16	1,28	1,37
5	0,34	0,61	0,76	0,96	1,16	1,43	1,65	1,91	2,09	2,25
6	0,22	0,38	0,52	0,68	0,97	1,36	1,89	2,52	2,55	3,00
Poids en kg	< 5	5 à 20	20 à 30	30 à 40	40 à 50	50 à 70	70 à 90	90 à 100	100 à 120	120 à 150

Nota :

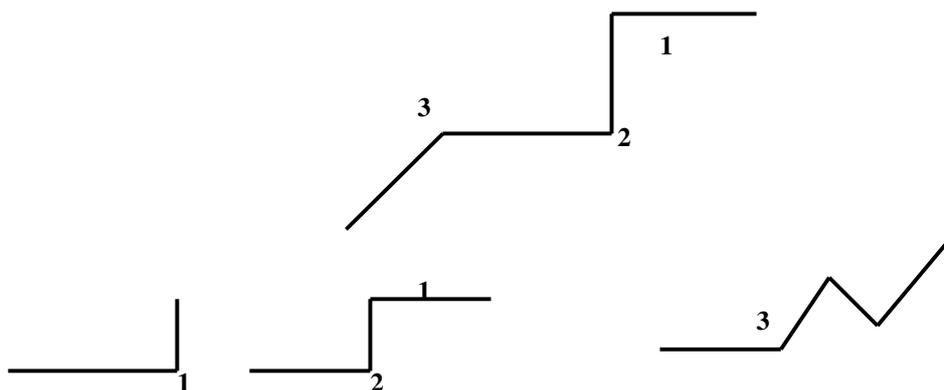
Les temps indiqués sont des temps de travail en série, sur une presse plieuse non programmée ; ils sont donnés pour un opérateur ; la mise en activité du poste est incorporée dans le temps global.

- 1) Alimenter la machine
- 2) Mise en butée du flan
- 3) Temps machine
- 4) Dégager le flan
- 5) Evacuation du flan
- 6) Stockage du flan

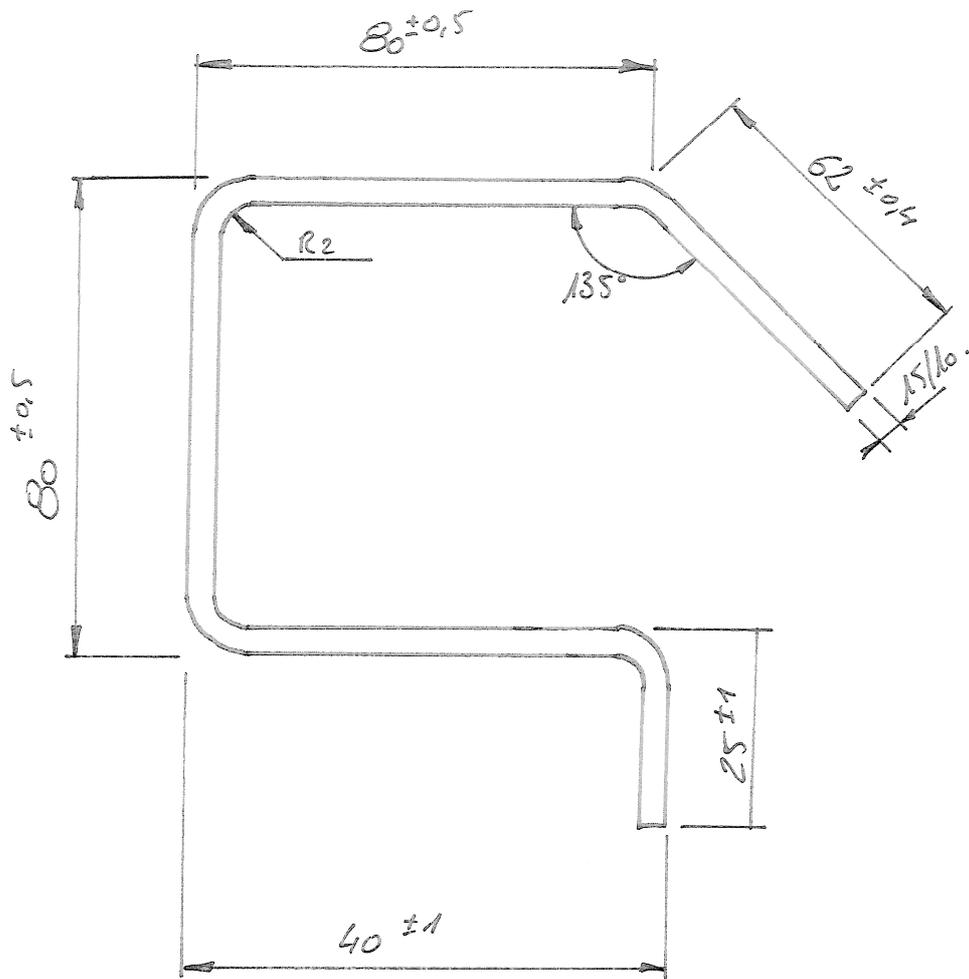


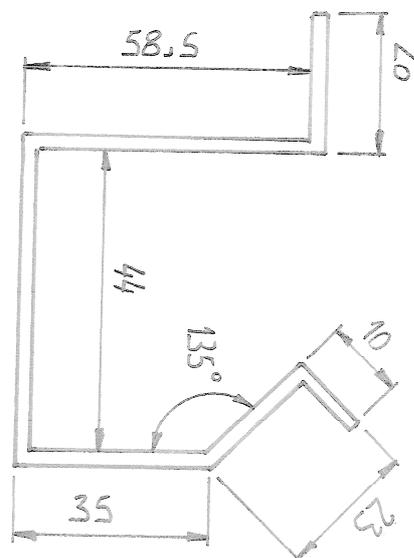
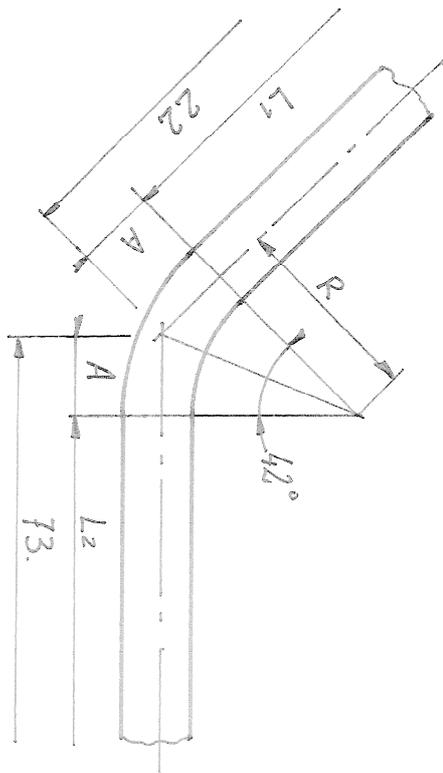
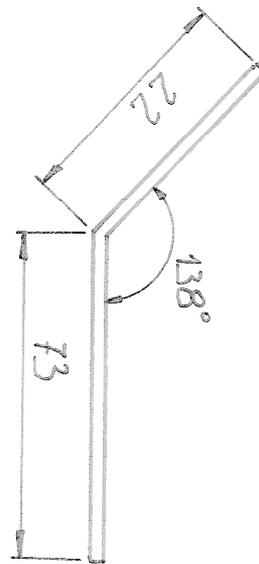
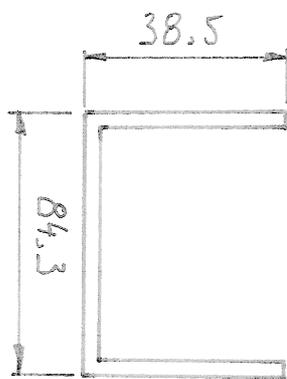
**Exemple d'application :**

Soit à plier la pièce de profil suivant : POIDS 53 kg ordre de pliage 1 2 3.



Opérations effectuées





**NOTA:** Documents à caractères pédagogiques.

Ces documents ne peuvent pas servir à une fabrication industrielle.

Les normes industrielles évoluant constamment, il appartient au formateur de faire les modifications avec ses apprenants lors des séances de formation.